

<b>RESUM</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA APLICACIÓN DE LA TESIS .....	1
1.2 LA TECNOLOGÍA CIM .....	3
1.2.1 <i>Arquitectura de CIM</i> .....	7
1.2.2 <i>División de CIM para el estudio</i> .....	11
1.3 EL FACTOR HUMANO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE CIM .....	15
1.4 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD) .....	17
1.5 ORGANIZACIÓN CURRICULAR .....	22
1.5.1 <i>Ejes del diseño curricular</i> .....	22
1.5.2 <i>Fases del diseño curricular</i> .....	23
1.5.3 <i>Pasos para el diseño curricular</i> .....	23
1.5.4 <i>Elementos del currículo</i> .....	24
1.5.5 <i>Estructura del currículo tecnológico</i> .....	25
1.6 MÉTODO TRADICIONAL DE DISEÑO CURRICULAR .....	26
1.6.1 <i>Énfasis educacionales del Diseño Curricular</i> .....	28
1.7 DISEÑO CURRICULAR: ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE TECNOLOGÍA .....	29
1.7.1 <i>Fundamentos del Diseño Curricular Básico para la enseñanza de Tecnología en estudios universitarios</i> .....	32
1.7.2 <i>Características, fines y objetivos de la Enseñanza de Tecnología en Estudios Universitarios</i> .....	34
1.7.3 <i>Diseños curriculares tradicionales para la enseñanza de tecnología</i> .....	36
1.7.4 <i>Características básicas del Currículo para la enseñanza de tecnología en estudios universitarios</i> .....	38
1.8 METODOLOGÍA DACUM: LA MÁS EMPLEADA PARA DISEÑO CURRICULAR DE CARRERAS TECNOLÓGICAS .....	40
1.9 MOTIVACIÓN DE LA TESIS .....	42
1.10 OBJETIVOS .....	43
1.11 PLAN DE DESARROLLO .....	44
1.12 MEDIOS UTILIZADOS .....	44
1.13 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS .....	45
<b>2 ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>46</b>
2.1 CONTEXTO MUNDIAL PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO CURRICULAR .....	46
2.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE DISEÑO CURRICULAR EN ESPAÑA .....	48
2.2.1 <i>Década de los Años 70</i> .....	48
2.2.2 <i>Década de los Años 80: Transición</i> .....	49
2.2.3 <i>Los primeros de la década de los años 90</i> .....	49
2.2.4 <i>Finales de la década de los años 90</i> .....	50
2.3 EL DISEÑO CURRICULAR ACTUAL A LA LUZ DEL PROCESO DE BOLONIA .....	52
2.3.1 <i>Titulaciones de grado de la rama de Ingeniería Industrial</i> .....	55
2.3.2 <i>Tendencias en Educación Superior en el ámbito Industrial en Europa</i> .....	56
2.3.3 <i>Propuesta española de titulaciones elaborada por la ANECA</i> .....	57
2.4 QFD Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO CURRICULAR .....	58
2.4.1 <i>QFD como Herramienta de mejora y ajuste a los contenidos</i> .....	59

2.4.2	<i>Aplicación de QFD en casos de diseño de contenidos curriculares tecnológicos.</i>	59
2.5	CIM EN LA ACTUALIDAD	73
2.5.1	<i>Perspectiva del futuro de CIM.</i>	76
2.6	CIM COMO TECNOLOGÍA DE DISEÑO Y PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA ACTUAL	77
2.6.1	<i>Evaluación de la tecnología CIM en España realizada por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial.</i>	80
2.6.2	<i>CIM en la Industria Textil.</i>	84
2.6.3	<i>CIM en la Industria del Calzado.</i>	87
2.6.4	<i>CIM en la Industria de Defensa.</i>	88
2.6.5	<i>CIM en la Industria de Plásticos.</i>	89
2.6.6	<i>CIM en la Industria Farmacéutica.</i>	90
2.6.7	<i>CIM en la Industria de Circuitos Electrónicos e Integrados.</i>	90
2.6.8	<i>CIM en la Industria del Automóvil.</i>	91
2.6.9	<i>CIM en la Industria Pesada.</i>	92
2.6.10	<i>CIM en la Industria Alimentaria.</i>	92
2.7	CONTENIDOS CIM EN ESTUDIOS DE LA ACTUAL INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ESPAÑA	94
2.7.1	<i>Enseñanza de tecnología CIM en la actual Ingeniería Industrial de España.</i>	95
2.7.2	<i>Planes de Estudio de Ingeniería Industrial de Universidades de España.</i>	97
2.7.3	<i>Caso de Estudio: Ingeniería Industrial en el IQS.</i>	101
<b>3</b>	<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA DEL DISEÑO DE METODOLOGÍA</b>	<b>109</b>
3.1	INTRODUCCIÓN	109
3.2	CONSIDERACIONES PREVIAS	109
3.3	ESTABLECIMIENTO DEL PROBLEMA	111
3.4	HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PROPUESTA DE DISEÑO DE METODOLOGÍA	112
3.4.1	<i>Encuestas.</i>	112
3.4.2	<i>Función de Despliegue de la Calidad (QFD).</i>	113
	Estructura del QFD	115
3.4.3	<i>Método Delphi.</i>	121
3.4.4	<i>Método Delphi Rotatorio.</i>	125
3.4.5	<i>Diagrama de Afinidad.</i>	126
3.4.6	<i>Tabla de Segmentos de Clientes (TSC).</i>	128
3.4.7	<i>Diagrama de Árbol.</i>	129
3.4.8	<i>Blitz.</i>	130
3.4.9	<i>Proceso Analítico de Jerarquía (AHP).</i>	132
3.5	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	139
3.6	DISEÑO PRELIMINAR DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	157
<b>4</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA</b>	<b>160</b>
4.1	CONSIDERACIONES PREVIAS A LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN EL CASO DE ESTUDIO	160
4.1.1	<i>Sector de las Empresas Industriales usuarias de CIM.</i>	161
4.1.2	<i>Empresas industriales de España que reconocen el uso de tecnología CIM.</i>	162
4.1.3	<i>Descripción de la fuente de información que representa al Sector Industrial en esta investigación doctoral.</i>	166
4.1.4	<i>Descripción de la fuente de información que representa al Sector Académico en esta investigación doctoral.</i>	170
4.2	FASE I – ETAPA I: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO	172

4.2.1	<i>Selección del producto: Currículo que incluya contenidos cuyo aprendizaje contribuyan a la colocación laboral del estudiante.....</i>	<i>173</i>
4.2.2	<i>Caracterización del Cliente: Industria usuaria de CIM que demanda la incorporación de Ingenieros .....</i>	<i>173</i>
4.3	<b>FASE I – ETAPA II: ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DE LA INDUSTRIA USUARIA DE CIM.</b>	<b>177</b>
4.3.1	<i>Escuchar la voz del cliente: Estudios anteriores sobre necesidades de formación de la industria .....</i>	<i>177</i>
4.3.2	<i>Blitz® para definir las necesidades del cliente (industria CIM).....</i>	<i>179</i>
4.3.3	<i>Identificar las necesidades específicas del sector industrial CIM.....</i>	<i>191</i>
4.3.4	<i>Selección y organización de las necesidades específicas de cualificación de los recursos humanos en la industria CIM .....</i>	<i>193</i>
4.4	<b>FASE I – ETAPA III: VALIDACIÓN DEL DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>195</b>
4.4.1	<i>Correlación entre necesidades deducidas y necesidades reales encuestadas.....</i>	<i>195</i>
4.4.2	<i>Determinación del nivel actual de conocimientos en CIM de los futuros graduados.....</i>	<i>199</i>
4.4.3	<i>Valoración de contenidos CIM en la formación académica de la carrera de Ingeniería Industrial desde el punto de vista de los docentes.....</i>	<i>201</i>
4.4.4	<i>Priorización concertada entre industriales, docentes y estudiantes, de contenidos CIM.....</i>	<i>202</i>
4.4.5	<i>Determinación de necesidades de formación en tecnología CIM en base a estimaciones e información real.....</i>	<i>206</i>
4.5	<b>FASE II – ETAPA ÚNICA: INFORMACIÓN CURRICULAR REFERIDA A LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE CIM.....</b>	<b>207</b>
4.5.1	<i>Perfil del Ingeniero Industrial orientado a la especialización en tecnologías de fabricación y sistemas de gestión.....</i>	<i>207</i>
4.5.2	<i>Pautas para la Organización de contenidos curriculares según criterio del sector académico .....</i>	<i>211</i>
4.5.3	<i>Organización de contenidos curriculares según características de estructura (temporalidad, duración, oportunidad, ubicación, didáctica, etc.).....</i>	<i>215</i>
4.6	<b>FASE III – ETAPA I: CORRELACIÓN .....</b>	<b>219</b>
4.6.1	<i>Primera Matriz QFD: Correlación entre la valoración del perfil profesional y las temáticas estudiadas en CIM.....</i>	<i>221</i>
4.6.2	<i>Segunda Matriz QFD: Correlación entre temáticas para el estudio de CIM y las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial.....</i>	<i>239</i>
4.6.3	<i>Tercera Matriz QFD: Correlación entre metas de aprendizaje y asignaturas para la enseñanza de CIM.....</i>	<i>255</i>
4.6.4	<i>Cuarta Matriz QFD: Correlación entre asignaturas para la enseñanza de CIM y la didáctica con que se imparten .....</i>	<i>272</i>
4.6.5	<i>Quinta Matriz QFD: Correlación entre Didáctica y los cursos para la enseñanza de CIM .....</i>	<i>289</i>
4.6.6	<i>Sexta Matriz QFD: Correlación entre cursos y contenidos para la enseñanza de CIM .....</i>	<i>305</i>
4.6.7	<i>Séptima Matriz QFD: Correlación entre contenidos para la enseñanza de CIM y su concentración, temporalidad y requisitos de estudio en el currículo.....</i>	<i>322</i>
4.7	<b>RESUMEN DE RESULTADOS FINALES .....</b>	<b>339</b>
4.7.1	<i>Resumen de resultados por matrices .....</i>	<i>339</i>
4.7.2	<i>Resumen general de los resultados de la aplicación de la Metodología Diseñada.....</i>	<i>342</i>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>344</b>

5.1	CONSIDERACIONES PREVIAS A LAS CONCLUSIONES .....	344
5.1.1	<i>Beneficios del Despliegue de Función de Calidad (QFD) como herramienta de la metodología .....</i>	<i>344</i>
5.1.2	<i>Beneficios del Método Delphi rotatorio modificado como herramienta de la metodología propuesta.....</i>	<i>345</i>
5.1.3	<i>Tecnología CIM, Industria y Universidad .....</i>	<i>345</i>
5.2	CONCLUSIONES.....	346
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>349</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>354</b>
	<i>Anexo 2-1: Tecnologías utilizadas en los procesos de fabricación.....</i>	<i>354</i>
	<i>Anexo 4-1: Cuadro de verbalizaciones necesarias para completar un proceso Blitz®.....</i>	<i>356</i>
	<i>Anexo 4-2: Respuestas a cuestionarios para la calificación comparada de AHP.....</i>	<i>360</i>
	<i>Anexo 4-3: Cuestionarios sobre Estrategias, Enfoques, Liderazgo y Eficiencia.....</i>	<i>361</i>
	<i>Anexo 4-4: Encuesta a Industrias usuarias de CIM.....</i>	<i>362</i>
	<i>Anexo 4-5: Calificación de prioridad de contenidos curriculares dedicados al estudio de CIM.....</i>	<i>364</i>
	<i>Anexo 4-6: Encuesta a estudiantes de carreras tecnológicas sobre conocimientos en CIM, Encuesta a profesores del IQS sobre valoración de la enseñanza de CIM.....</i>	<i>365</i>
	<i>Anexo 4-7: Gráficos de valores modales de la calificación de correlaciones necesarias para el tratado de información en QFD.....</i>	<i>369</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 1 .....</i>	<i>369</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 2.....</i>	<i>378</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 3.....</i>	<i>388</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 4.....</i>	<i>397</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 5.....</i>	<i>407</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 6.....</i>	<i>416</i>
	<i>Correlaciones de la Matriz 7.....</i>	<i>426</i>





## TITOL

Disseny d'una metodologia per a l'actualització de continguts curriculars dedicats a l'estudi de la tecnologia CIM en carreres universitàries tecnològiques.

## RESUM

La tecnologia CIM (de l'anglès Computer Integrated Manufacturing) sorgeix a la dècada dels 80 com una resposta a les necessitats de transformació tecnològica. La seva implantació permet millorar els processos de planificació, programació i control de la producció sota l'objectiu de progressar en el desenvolupament de nous sistemes tecnològicament més flexibles i avançats en la gestió empresarial.

La implementació d'una tecnologia tan complexa requereix la qualificació de recursos humans que la puguin gestionar. En aquest context, els enginyers industrials són els més indicats per assolir metes d'aprenentatge dedicades a la formació en tecnologia CIM. Aquesta qualificació ha de contemplar la integració de coneixements, habilitats i característiques personals; en un perfil professional que permeti als futurs professionals ser solvents davant de problemes o situacions reals en la indústria usuària de CIM.

Es va a considerar oportú estudiar l'actualització del currículum de l'Enginyer Industrial, de tal forma que els seus continguts s'ajustin a les demandes de qualificació de la indústria usuària de CIM en el seu rol de potencial mercat laboral dels futurs enginyers industrials.

Aquesta situació és el punt de partida per motivar la present tesi doctoral, per a la qual cosa es va realitzar una revisió bibliogràfica. El resultat de la revisió ha palesat que no hi ha una estandardització de continguts que assegurin la solvència en la tecnologia CIM, ni tampoc la metodologia que permeti seleccionar i configurar aquests continguts en el context d'un currículum universitari.

La metodologia dissenyada a la tesi proposa un enfocament per maximitzar l'eficiència, basat en la identificació de quatre pilars: a) Client, b) Recursos Humans, c) Innovació Tecnològica i d) Tecnologies d'Informació i Comunicació; pilars que convergeixen en el desenvolupament i implementació de la tecnologia CIM. Per a això dissenya una metodologia que combina dues metodologies fonamentals: la Funció de Desplegament de la Qualitat (de l'anglès Quality Function Deployment: QFD) i la metodologia Delphi. Addicionalment, aquestes dues metodologies es complementen amb altres eines i mètodes secundaris: el Procés Analític de Jerarquia (AHP: de l'anglès Analytic Hierarchy Process), Diagrames d'Afinat, Taules de segmentació del client, Diagrames de Jerarquia, Enquestes, etc.

La fortalesa de la metodologia rau en la gran capacitat per traduir demandes qualitatives (poc concretes) en especificacions quantitatives objectives i precises respecte de: continguts, assignatures, cursos, didàctica, durada, etc.; considerant els principis del Procés de Bolònia i les normatives que regeixen el sistema educatiu a la Unió Europea.

Com a fase final de la tesi, la metodologia dissenyada s'aplica en un cas d'estudi concret referit a: l'actualització de continguts curriculars, dedicats a l'estudi de CIM, a la carrera d'Enginyeria Industrial de l'IQS.

## **PARAULES CLAU**

Disseny d'una metodologia, Computer Integrated Manufacturing (CIM), Disseny de currículum, Quality Function Deployment(QFD).



## TÍTULO

Diseño de una metodología para la actualización de contenidos curriculares dedicados al estudio de la tecnología CIM en carreras universitarias tecnológicas.

## RESUMEN

La tecnología CIM (del inglés Computer Integrated Manufacturing) surge en la década de los 80's como una respuesta a las necesidades de transformación tecnológica. Su implantación permite mejorar los procesos de planificación, programación y control de la producción bajo el objetivo de progresar en el desarrollo de nuevos sistemas tecnológicamente más flexibles y avanzados en la gestión empresarial.

La implementación de una tecnología tan compleja, demanda la calificación de recursos humanos que la puedan gestionar. En este contexto, los ingenieros industriales son los más indicados para alcanzar metas de aprendizaje dedicadas a la formación en tecnología CIM. Dicha calificación debe contemplar la integración de conocimientos, habilidades y características personales; en un perfil profesional que permita a los futuros profesionales; ser solventes frente a problemas o situaciones reales en la industria usuaria de CIM.

Se ha considerado oportuno estudiar la actualización del currículo del Ingeniero Industrial, de tal forma que sus contenidos se ajusten a las demandas de calificación de la industria usuaria de CIM en su rol de potencial mercado laboral de los futuros ingenieros industriales.

Esta situación es el punto de partida para motivar la presente tesis doctoral, para lo que se realizó una revisión bibliográfica. El resultado de la revisión, ha evidenciado que no hay una estandarización de contenidos que aseguren la solvencia en la tecnología CIM, ni tampoco la metodología que permita seleccionar y configurar dichos contenidos en el contexto de un currículo universitario.

La metodología diseñada en la tesis, propone un enfoque para maximizar la eficiencia, basado en la identificación de cuatro pilares: a) Cliente, b) Recursos Humanos, c) Innovación Tecnológica y d) Tecnologías de Información y Comunicación; pilares que convergen en el desarrollo e implementación de la tecnología CIM. Para esto diseña una metodología que combina dos metodologías fundamentales: la Función de Despliegue de la Calidad (del inglés Quality Function Deployment: QFD) y la metodología Delphi. Adicionalmente, estas dos metodologías se complementan con otras herramientas y métodos secundarios: el Proceso Analítico de Jerarquía (AHP: del Inglés Analytic Hierarchi Process), Diagramas de Afinidad, Tablas de segmentación del cliente, Diagramas de Jerarquía, Encuestas, etc.

La fortaleza de la metodología, reside en la gran capacidad para traducir demandas cualitativas (poco concretas) en especificaciones cuantitativas objetivas y precisas respecto a: contenidos, asignaturas, cursos, didáctica, duración, etc.; considerando los principios del Proceso de Bolonia y las normativas que rigen el sistema educativo en la Unión Europea.

Como fase final de la tesis, la metodología diseñada se aplica en un caso de estudio concreto referido a: la actualización de contenidos curriculares, dedicados al estudio de CIM, en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS.

## **PALABRAS CLAVE**

Diseño metodológico, Computer Integrated Manufacturing (CIM), Diseño curricular, Quality Function Deployment(QFD).

## **TITLE**

Methodology design to update the curricular contents dedicated to the study of CIM technology in technological university careers.

## **ABSTRACT**

CIM (Computer Integrated Manufacturing) technology arose in the 1980s as a response to the technological transformation. Its implementation allows the improvement of planning processes, programming and control of production, with the aim of progress in development of new, technologically more flexible, advanced systems in corporate management.

The implementation of such a complex technology requires qualified human resources to manage it. In that context, industrial engineers are the most appropriate to achieve the learning goals applied to training in CIM technology. That qualification must consider the integration of knowledge, skills and personal characteristics; in a professional profile that allows future professionals to be solvent with regard to real problems or situations in the CIM user industry.

We have considered the opportunity of studying the update of the Industrial Engineering curriculum, in order that its content may fit the demands for qualification in the CIM user industry, in its role as a potential labour market for future industrial engineers.

This situation is the starting point driving this doctoral thesis, for which a bibliographic review was performed. The result of the review has shown that there is no content standardisation to assure the solvency of CIM technology, nor is there a methodology to select and configure that content in the context of a university curriculum.

The methodology designed in the thesis proposes an approach to maximise efficiency, based on identification of four pillars: a) Customer, b) Human Resources, c) Technological Innovation and d) Information Technologies and Communication; pillars that converge in development and implementation of CIM technology. To that end it designs a methodology that combines two fundamental methodologies: the Quality Function Deployment (QFD) and Delphi methodology. Additionally, these two methodologies are complemented by other tools and secondary methods: Analytic Hierarchy Process (AHP), Affinity Diagrams, Customer segmentation tables, Hierarchy Diagrams, Surveys, etc.

The strength of the methodology lies in the major capacity to translate qualitative (scarcely precise) demands into objective and precise quantitative specifications with regard to: content, subjects, courses, didactics, duration, etc.; considering the principles of the Bologna Process and the standards governing the educational system in the European Union.

As a final phase of the thesis, the methodology designed is applied in a specific case study concerning updating of curriculum content, dedicated to study of CIM, on university courses in IQS Industrial Engineering.

## **KEYWORDS**

Methodology Desing, Computer Integrated Manufacturing (CIM), Curriculum Design, Quality Function Deployment(QFD).

# 1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene el objetivo de exponer el ámbito de la aplicación en el que se enmarca la tesis doctoral. Además, se presenta una descripción general de argumentos teóricos, necesarios para estructurar la base de la investigación y finalmente se desarrollan la justificación, objetivos planteados, procedimientos, medios utilizados y expectativas de la presente tesis.

## 1.1 Descripción del ámbito de la aplicación de la tesis

El rápido desarrollo tecnológico, la desregulación de amplios sectores, la integración y la globalización de muchos mercados están provocando alteraciones en el entorno económico de las empresas. Tanto es así, que desde la última década del pasado siglo XX, asistimos a un intenso debate sobre la necesidad de cambios en el modo en el que las empresas gestionan y organizan tanto su arquitectura interna, como sus sistemas de actividades externas.

Actualmente las empresas industriales españolas están adoptando distintos perfiles para hacer frente a los desafíos de las nuevas condiciones económicas del entorno; los mismos que se enmarcan en la transformación de estructuras empresariales formales a diseños empresariales innovadores.

Las transformaciones se pueden visualizar en torno a tres ejes fundamentales: el tecnológico, el esfuerzo de mejora de la calidad y el desarrollo de nuevos esquemas de organización del trabajo y políticas activas de recursos humanos.

La tecnología CIM (del inglés Computer Integrated Manufacturing) surge en la década de los 80's como una consecuencia de las transformaciones mencionadas anteriormente; permitiendo mejorar los procesos de planificación, programación y control de la producción bajo el objetivo de progresar en el desarrollo de nuevos sistemas tecnológicamente más flexibles y avanzados en la gestión empresarial.

Si repasamos la historia, el modelo de organización de producción en masa o modelo Taylor-Ford, ha sido el dominante en las grandes corporaciones norteamericanas y europeas durante la mayor parte del siglo XX. El modelo tenía por objeto producir bienes estandarizados de la manera más eficiente posible. Además, la búsqueda de eficiencia favoreció a un proceso de normalización de procesos y tareas que se tradujo en una gran especialización de los puestos de trabajo, y el uso prácticamente exclusivo de mecanismos de comunicación de carácter vertical para completar la coordinación. Todo ello favoreció la automatización del proceso productivo.

En esta automatización se deben resaltar tres características en los equipos productivos: el elevado grado de especificidad, la escasa versatilidad (capacidad para adaptar maquinaria a la producción de amplias variedades del producto inicial en un plazo corto de tiempo) y la ausencia de participación de clientes y proveedores en el proceso.

Posteriormente, Toyota propuso un modelo flexible, que respondía a las necesidades de algunas empresas para adaptarse a los cambios en su entorno. Una parte significativa de dichos cambios tienen su origen en la sofisticación y variabilidad de la demanda. Con el paso del tiempo, los clientes de las empresas son más heterogéneos y exigentes, con gustos cambiantes y complejos. En este contexto las empresas deben ser capaces de ajustar su cartera de productos más rápidamente y deben responder con

gran velocidad a los nuevos desarrollos de modelos y gamas impulsados por la competencia. Todo ello exige una gran capacidad de adaptación y de generación de nuevas y valiosas ideas de producto.

Si bien, los límites teóricos de los modelos de empresa tradicional y flexible están conceptualmente bien identificados y reflejan dos situaciones extremas, en la práctica se encuentran situaciones más complejas, llenas de matices, donde los perfiles de las organizaciones están peor definidos, son más ambiguos y existe una amplia variedad de tipologías de empresas que ofrecen respuestas distintas.

Para caracterizar las distintas trayectorias que las empresas o industrias españolas han seguido para competir en sus mercados, nos referiremos a tres dimensiones: el capital tecnológico, la calidad, y el capital humano y organizativo.

El estudio de las tipologías (Huerta et. al, 2005) de empresas revela que actualmente existen empresas industriales en España que compiten con diferentes perfiles y distintas estrategias y políticas, que van desde los modelos más tradicionales (Ford) hasta los sistemas más innovadores como la *Fabricación Integrada por Ordenador* (CIM).

Las empresas e industrias españolas forman cinco grupos estadísticamente clasificados en cuanto a complejidad tecnológica, uso de herramientas de calidad o su organización interna. Estos grupos son:

1. Empresas tradicionales
2. Empresas con nivel medio de tecnología
3. Empresas con nivel medio-alto de tecnología
4. Empresas innovadoras de transición progresiva al modelo flexible
5. Empresas innovadoras

Las "empresas tradicionales", son aquellas que invierten poco en tecnología, están incorporando muy lentamente metodologías de gestión de la calidad y tienen unos sistemas de organización del trabajo basados en la especialización de tareas y la jerarquía. Por el contrario las empresas "innovadoras", hacen un esfuerzo elevado en la incorporación y uso de tecnologías complejas, han integrado activamente las metodologías de gestión de la calidad y se están alejando de las estructuras más jerárquicas y verticales tratando de incorporar la voz y el esfuerzo voluntario de los trabajadores a los procesos productivos.

Entre ambos grupos existen otras combinaciones, que dan lugar a los otros tres grupos. Se trata de empresas o industrias "innovadoras" que han optado por realizar su transición hacia el modelo flexible de forma progresiva. Es decir, realizando cambios en alguna o algunas de las tres dimensiones estratégicas clave pero no en todas ellas. Por ello a estas organizaciones se denominan organizaciones "en transición".

Los cinco grupos, tienen distintos niveles de automatización en la gestión de sus procesos y se ven representados en la denominada "pirámide de la automatización" (Ver Figura 1-1). La mayoría de las industrias tienen como objetivos a mediano o largo plazo, aumentar su grado de automatización para alcanzar idealmente la dirección automatizada; sin embargo, encuentran obstáculos y limitaciones. Dos de los principales obstáculos, identificados por el Observatorio de Prospección Tecnológica Industrial (OPTI), son el desconocimiento de la existencia y efectos de

las nuevas prácticas de organización y gestión de la producción y trabajo, y la falta de capacidades de dirección para implementarla.

En este contexto, el presente trabajo de investigación refleja la necesidad de fortalecer el desarrollo de capacidades de dirección en organización y gestión de la producción que opera con tecnología CIM.

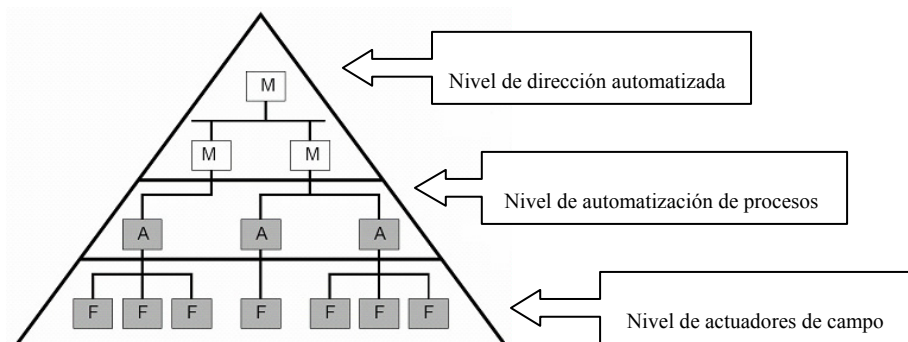


Figura 1-1. Pirámide de Automatización CIM. Fuente: Christian Shwaiger (2005)

Concretamente, se propone estudiar las características (conocimientos, habilidades y personalidad) que la industria CIM valora en los candidatos a ocupar puestos de trabajo relacionados con la organización y gestión de la producción. Por otra parte, se propone estudiar los contenidos de enseñanza CIM que actualmente se imparten en las carreras universitarias tecnológicas.

Posteriormente se valorarán estos contenidos en función a las demandas de la industria para poder identificar un perfil profesional que desde el punto de vista académico es el más adecuado. También se tomará en cuenta información recabada de los fabricantes de laboratorios didácticos CIM y de proveedores de tecnología CIM. De esta forma, la exposición y aprendizaje de tecnología CIM y de nuevos modelos de gestión empresarial integrada, ayudarán a reconocer su valor y a facilitar su uso y extensión.

Un graduado con una gran cultura general de ingeniería pero especializado en gestión de tecnología CIM, tiene un gran potencial de elegibilidad en industrias competitivas tecnológicamente, ya que ostentan un perfil atractivo para la capacitación continua para llegar a la dirección de la organización.

Como resultado de esta propuesta de tesis doctoral se obtendrá el diseño metodológico para la estructuración del currículo CIM en carreras de contenidos tecnológicos. En otras palabras, se obtendrá una metodología capaz de identificar las características más valoradas por la industria CIM en los recién graduados a la hora de decidir su incorporación o no en la organización, los contenidos académicos que los profesores universitarios consideran importantes, en qué nivel de la carrera se deberán impartir dichos contenidos y con qué concentración horaria.

## 1.2 La Tecnología CIM

La tecnología CIM (acrónimo del inglés Computer Integrated Manufacturing) surge en la década de los 80's como una solución a la necesidad de fabricar para satisfacer a una demanda cada vez más cambiante y diversa, tanto en volumen como en variedad. En esta década la producción en serie empezaba a quedar obsoleta, pues los

consumidores de muchos productos fabricados demandan productos más personalizados que si bien eran similares no eran iguales; entonces las empresas industriales deciden realizar un cambio tecnológico para responder eficientemente a su mercado.

Esta tecnología propone la automatización de la producción y permite mejorar los procesos de planificación, programación y control de la producción; asimismo, implica el desarrollo e implementación de nuevos sistemas tecnológicamente más flexibles y avanzados en la gestión empresarial.

La Asociación de Sistemas de automatización e informática de la Sociedad de Ingenieros de Producción de Estados Unidos (SME: Society of Manufacturing Engineers) define a CIM como: “La integración de aplicaciones de sistemas, información y las nuevas filosofías de dirección; de una empresa industrial, que mejoran la eficiencia de la organización y del personal”.

Muchos autores, entre ellos Mikel Groover, coinciden en que CIM no solamente es una tecnología sino una filosofía, porque considera la integración de tecnologías, sistemas de gestión y principios; que posibilitan trabajar en un entorno totalmente automatizado que incluso puede ayudar a la alta dirección a tomar decisiones. A continuación se presenta el esquema (Ver Figura 1-2) del sistema de elementos que componen CIM, elaborado por Groover (2000).

Este diagrama es sencillo pero muy interesante porque muestra que CIM reconoce que los diferentes pasos en el desarrollo de productos fabricados, están interrelacionados y pueden ser ajustados de manera más eficiente y efectiva con el uso de ordenadores. La rueda representa al encadenamiento de todas las actividades desde la percepción de la necesidad de un producto; la concepción del producto, el diseño y el desarrollo del producto; la producción, el marketing y el soporte del producto en uso.

La justificación de la integración de los procesos de fabricación a través del uso de ordenadores se basa en que toda actividad usa datos, ya sean textuales, gráficos o numéricos. Por lo que el ordenador, es hoy en día, la herramienta más importante en la manipulación de datos y ofrece la posibilidad real de integrar las operaciones de fabricación aisladas en un sistema operativo único.

En el sistema CIM de la Figura 1-2, existen cinco dimensiones fundamentales:

1. Administración general de la empresa (Funciones de negocio)
2. Definición del producto y del proceso (Diseño)
3. Planificación y control del proceso (Control de Fabricación)
4. Automatización de la fábrica (Planificación en Fabricación)
5. Administración de fuentes de información (Operación de la Fábrica)



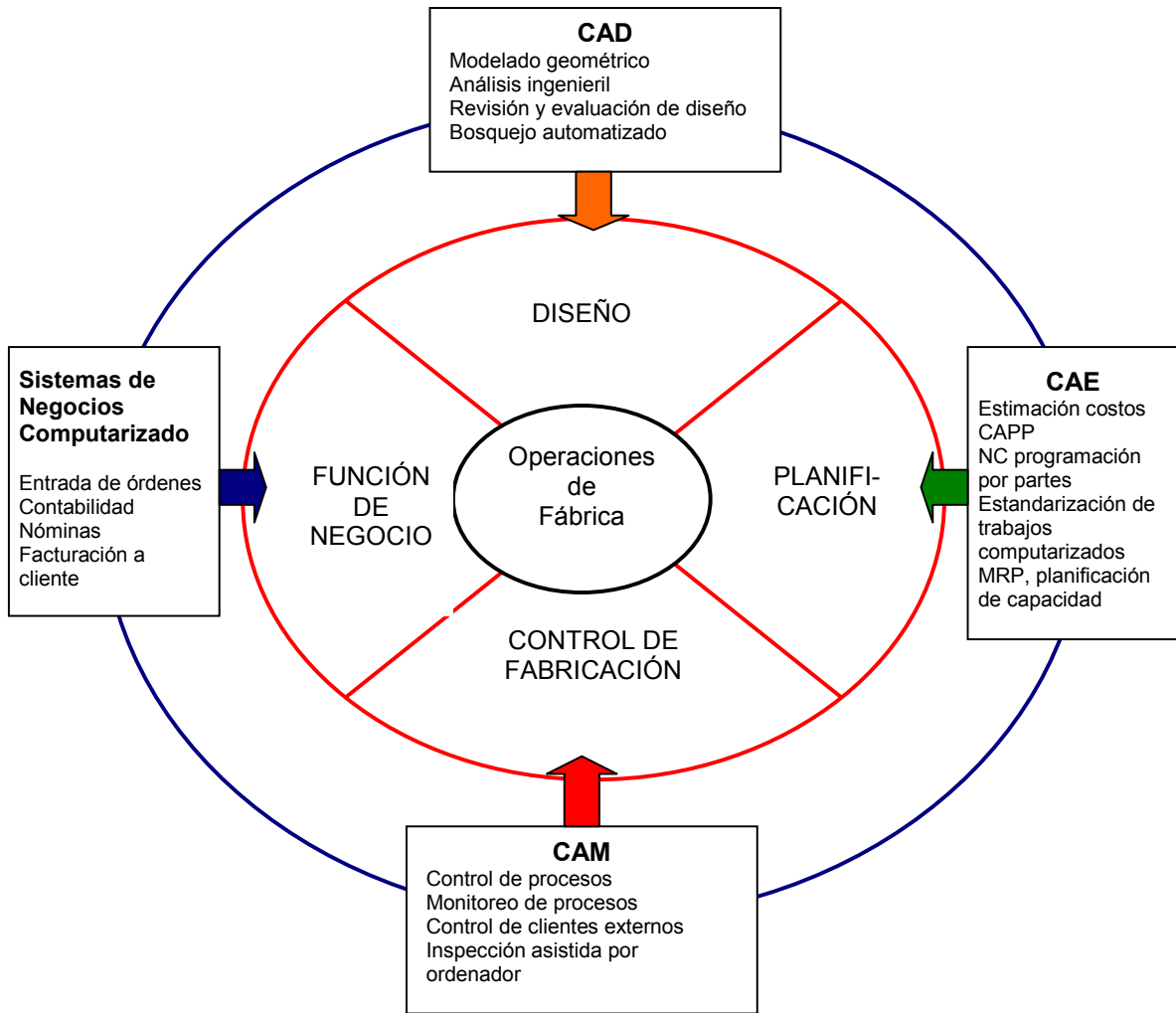


Figura 1-2. Sistema de componentes CIM. Fuente: Michael Groover (2000)

Cada una de estas cinco dimensiones es un compuesto de otros procesos más específicos de fabricación, los cuales han demostrado una afinidad entre ellos.

Como ya se había mencionado, la integración del sistema se logra gracias a la gestión de información, sin embargo, se debe considerar dos aspectos de la información: el intangible (es la información misma) y el tangible (incluye a los ordenadores, dispositivos de comunicación, etc.).

La implementación de este sistema por parte de algunas empresas busca, por un lado, aumentar la productividad y por otro, mejorar la calidad de los productos.

Un reciente estudio realizado por el Colegio Internacional de Investigación de la Producción (CIRP, abreviación del francés College International pour la Recherche en Productique) sobre los beneficios (Ver Cuadro 1-1) que supone la implementación de CIM en empresas, muestra la siguiente información:

Finalmente, es importante mencionar la Estrategia de Integración que desarrolla la implementación de CIM. Esta se enfoca integrando sistemas de “arriba hacia abajo”, enfoque opuesto al de la fabricación celular y también diferente al de la fabricación por sistemas flexibles.

BENEFICIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE CIM	MEJORA
Reducción en costos de diseño	15 - 30 %
Reducción en tiempo perdido	30 - 60 %
Incremento de la calidad del producto	2 - 5 veces el nivel anterior
Incremento en el aprovechamiento de los ingenieros respecto de la extensión y profundidad de sus análisis	3 - 35 veces
Incremento de la productividad de las operaciones de producción	40 - 70 %
Incremento de la productividad de las máquinas	2 - 3 veces
Reducción de trabajo en el proceso	30 - 60 %

Cuadro 1-1. Beneficios de la implementación de CIM

La perspectiva de arriba hacia abajo describe a la empresa como un sistema completo sintetiza los componentes y acciones.

Actualmente existen tres enfoques principales para el diseño de sistemas de producción integrados, todos se centran en el volumen y variedad de la producción.

Estos enfoques (Ver Figura 1-3) son:

- Sistemas de fabricación celular (CMS)
- Sistemas de fabricación flexibles (FMS)
- **Fabricación integrada por ordenador (CIM)**

Por tanto, CIM describe la nueva relación de complementariedad entre la fabricación, la dirección y las operaciones corporativas.

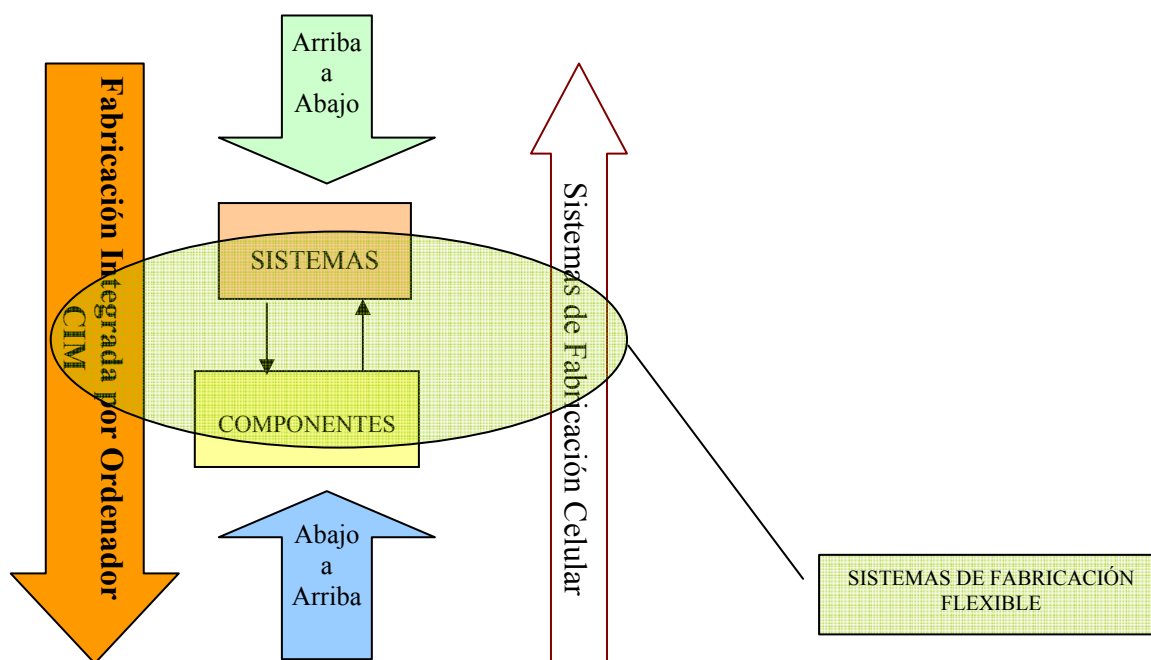


Figura 1-3. Enfoque CIM para la Producción

### 1.2.1 Arquitectura de CIM

Como ya se ha mencionado anteriormente, uno de los principales objetivos de CIM es lograr la integración de todas las actividades de la empresa, tanto de su función empresarial como de su función de producción. Sin embargo, la integración total de la empresa es mucho más que la integración automatizada de la fábrica.

La arquitectura de CIM está íntimamente relacionada a la función de integración total de la empresa (García González, 2003), que requiere para asegurar que todas sus unidades técnicas y administrativas para que puedan trabajar conjuntamente, esto a su vez requiere una gran cantidad de información de todas las actividades; desde la concepción del producto hasta la fabricación, distribución al cliente y soporte en campo.

Para construir la arquitectura de CIM, debe considerarse a todos los pasos del ciclo de vida del proceso, los que requieren un gran volumen de datos. Además, muchas estas actividades de diseño, fabricación, distribución y reparación; responsables de generar y usar volúmenes de datos, se desarrollan en un amplio espectro de ubicaciones físicas. Los datos son almacenados usando un conjunto de diversas herramientas de software en un hardware heterogéneo.

A menudo, se usan medios de almacenamiento incompatibles con diferentes estructuras de datos y formatos para almacenar datos; esto se debe a las peculiaridades de las herramientas y sistemas que generan datos sin ninguna consideración de las necesidades de las herramientas o sistemas que podrían eventualmente usar los datos.

### Redes de comunicación

Una red de comunicación es la columna vertebral de la integración de la empresa. Las redes ayudan a unificar una compañía vinculando a todos los dispositivos computarizados, independiente de su ubicación física. A través de las redes se puede integrar toda la empresa, incluyendo clientes y proveedores. Por ejemplo, ventas y marketing pueden enviar los requerimientos del cliente de nuevos productos a ingeniería de diseño.

Un diseño asistido por ordenador (CAD), que genera especificaciones de materiales, puede transferirlos a los sistemas de planificación de requerimientos de materiales. La información del diseño de productos puede ser transmitida a fabricación para ser usado en la planificación de procesos.

Los operadores pueden acceder directamente a estos planes de procesos, al igual que los documentos de operación de máquina e instrucciones de inspección, cuando sean necesarios en la planta.

En este proceso, toda clase de datos son transferidos entre una gran variedad de sistemas de ordenadores. Para que una empresa tenga éxito, es necesario tener listo el acceso a la información (datos) de toda la compañía.

Esto facilita respuestas rápidas interdepartamentales para cambiar programaciones de diseño y de producción, las que responden a las necesidades de los clientes. Para proveer estas facilidades, se necesitan redes empresariales bien desarrolladas. Una organización puede ser representada en una jerarquía de comunicación que incluye un nivel de empresa, un nivel de planta, un nivel de celda, y un nivel de equipo/dispositivo (Pirámide de niveles de automatización de CIM).

Para integrar la empresa, se requieren tres tipos de tecnologías de red para interconectar cada nivel:

- Subredes a nivel de dispositivo de planta, que conecta dispositivos individuales como robots y máquinas de control numérico (NC)
- Redes en toda la planta que conectan celdas o células y otros departamentos.
- Redes en toda la empresa, que pueden enlazar globalmente varias plantas o sitios e interconectar corporaciones a través de un intercambio electrónico de datos.

## **Sistemas de Administración de Bases de Datos**

Para administrar las bases de datos, se requiere una gran cantidad de información. Los autores del libro “Manufacturing Data Structures: Building Foundations for Excellence with Bills of Materials and Process Information”, Clement y Sari (1992), describen ampliamente la aplicación de la gestión de las bases de datos en los procesos avanzados de fabricación.

Sus estudios aportan una serie de conocimientos que ayudan a comprender cómo el tratamiento de la información es importante en el uso de la tecnología CIM, para lo que definen cuatro niveles de integración, descritos a continuación.

Por ejemplo, en la fabricación de un simple eje, se requieren datos de diseño como son el material, diámetro, longitud, rugosidad de superficie y tolerancia. También se necesitan datos de fabricación, como qué herramientas y condiciones de mecanizado usar para obtener las dimensiones de diseño deseadas con el mínimo costo de fabricación posible y la máxima calidad.

Suponiendo que el eje se ensamblará en un producto que consta de varias partes, entonces se necesita información de diseño y fabricación de todas las partes para que el eje encaje en el producto final, de manera que se puedan encontrar sus requerimientos funcionales.

Se necesitan datos sobre cuántos de estos productos fabricar, cuánto inventario tenemos, cuánto deberíamos tener, información de la capacidad de las máquinas, información de ruteo de una máquina a otra, etc. Se pueden listar cientos de tipos de datos que podrían requerirse para diseñar, fabricar, distribuir y reparar tal producto o familia de productos.

Frecuentemente, una aplicación debe acceder a los datos de diferentes bases de datos. Por ejemplo, los datos sobre el peso del eje desde la base de datos de diseño y los datos sobre la rugosidad de la superficie y la tolerancia, de la base de datos de fabricación; son requeridos para empaquetar el eje para ser enviado.

En situaciones reales de diseño y fabricación, una gran cantidad de datos son generados y manipulados usando diversos programas de ordenadores. Además, los datos están frecuentemente ubicados en sistemas de ordenadores que residen en diferentes lugares geográficos (multinacionales).

Desde el punto de vista del costo, tiempo y calidad, se requiere que el dato correcto sea accesible rápidamente para muchos usuarios, para que ellos puedan tomar las decisiones correctas de diseño, fabricación, distribución y reparación.

Dadas estas complejidades, lo que se necesita es un sistema que ayude a controlar y manipular los datos para satisfacer nuestras necesidades. Un ejemplo de software es el

sistema administrador de bases de datos (DBMS), que ayuda a los usuarios a controlar el acceso a la base de datos y manipular los datos.

En la Figura 1-4, se describe un sistema administrador de bases de datos, en este se usa un diccionario de base de datos para almacenar las vistas de los datos, sus relaciones, formatos y restricciones de seguridad. Se usan “logs” para mantener un registro de las transacciones y actividades.

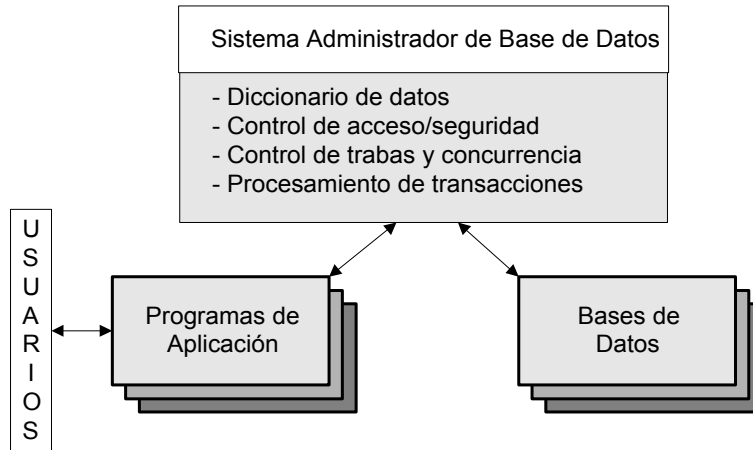


Figura 1-4. Arquitectura del Sistema Administrador de Bases de Datos CIM

Se pueden distinguir diferentes niveles de la integración de la base de datos en el modo en que la información es accedida entre diferentes aplicaciones:

- Nivel 0: Aislamiento
- Nivel 1: Conversores
- Nivel 2: Formato de archivo neutral
- Nivel 3: Una base de datos centralizada
- Nivel 4: Integración de componentes aislados

### Marco para la Integración Total de la Empresa

Si bien, la empresa industrial es un sistema diseñado para proveer beneficios a los accionistas y productos o servicios a los clientes, es necesario entender el proceso por el cual las actividades son llevadas a cabo, para poder determinar cómo deben integrarse estas actividades.

Por ejemplo, el proceso de diseño de una parte implica que un diseñador debe recolectar información (quizás entrevistando a potenciales usuarios) sobre qué necesidades deben ser diseñadas para luego generar varios conceptos de diseño. Luego, se toma una decisión para elegir la mejor propuesta y finalmente, el diseñador debe completar el proceso documentando detalles específicos del diseño.

Estas actividades pueden ser dispuestas en un marco genérico para entender las actividades de la empresa. Primero se debe obtener información (I). La información es luego usada para determinar los requerimientos (R) de la actividad. Después, se debe obtener información (I) adicional sobre diferentes formas en que se deben satisfacer los requerimientos. Luego, se hace la toma de decisiones (D) para seleccionar la mejor alternativa, y se aplican acciones (A) para implementar la decisión. Esta metodología se conoce como el marco IRIDA para sistemas de actividades.

El marco de IRIDA es frecuentemente usado para describir cómo operan las empresas de fabricación integrada. Se puede emplear un ciclo de vida para analizar las actividades que ocurren en la empresa. Los productos deben ser diseñados, fabricados, distribuidos, reparados y finalmente desechados. Cada una de estas actividades puede ser desagregada en un conjunto de actividades de menor nivel. Cada actividad, sin embargo, involucra ir variando diferentes aspectos de IRIDA.

La necesidad de una integración surge porque las decisiones tomadas en una actividad tienen impactos en otras actividades. Por ejemplo, la selección de material de un diseñador para un producto afecta la forma y el costo de la fabricación y, en última instancia, la forma y el costo al desecharse.

Si la selección del material se hace sin tener en cuenta los efectos en los costos de fabricación y eliminación, los costos subirán innecesariamente y los beneficios de los accionistas serán puestos en peligro.

Al actuar de manera integrada, el diseñador seleccionará el material sólo después de tomar algunas consideraciones de costos del ciclo de vida, que pueden ser determinados obteniendo datos de los ingenieros de fabricación y ambientales.

## **Integración de Arquitecturas**

Para obtener una comprensión de la integración que existe en cualquier sistema, es de utilidad entender la manera en que el sistema dirige ciertos elementos del esquema de integración.

Estos elementos pueden ser expresados en términos de arquitecturas; por lo tanto, debemos entender la arquitectura funcional, la arquitectura de control, la arquitectura de datos, y finalmente la arquitectura de red. Las relaciones entre unas y otras, ayudarán a entender cómo es un sistema bien integrado.

La arquitectura más básica de las cuatro mencionadas anteriormente, es la funcional, que es un plan de las funciones provistas por un sistema e indica qué componentes del sistema son responsables de las funciones, tanto individualmente o colectivamente.

Un ejemplo de una arquitectura funcional es la distribución de las operaciones en divisiones (pueden ser geográficas), las responsabilidades de las divisiones están distribuidas en responsabilidades departamentales (ventas, marketing, ingeniería, fabricación).

Una arquitectura de control esquematiza las responsabilidades de la toma de decisiones de cada uno de los componentes del sistema. Por un lado un controlador debe ser responsable de la toma de decisiones de varios dispositivos de bajo nivel. Por otro lado, las decisiones deben ser alcanzadas sólo después de la negociación entre un número de pares.

Una arquitectura de control debe especificar qué decisiones pueden ser tomadas por un componente particular en un sistema. La arquitectura de control, provee al sistema un soporte de decisiones, para el sistema integrado de toda la empresa.

En lo alto de las arquitecturas de control y funcional yace la arquitectura de datos. Los datos son requeridos en un sistema, con el propósito de controlar y cumplir obligaciones funcionales. Por esta razón, debe ser posible determinar una arquitectura de datos preferida después de que hayan sido establecidas las arquitecturas funcionales y de control.

La arquitectura de datos indica dónde se encuentran los datos en un sistema y cómo están organizados. En un sistema en el que las bases de datos son usadas para administrar datos, la arquitectura de datos especifica qué datos están almacenados dónde y en qué forma.

La última arquitectura para la integración es la de red, que indica los caminos que existen para que los datos fluyan de un punto del sistema a otro. Los datos deben fluir porque no puede asumirse que todas las funciones en un sistema existen en el mismo lugar en que el dato es requerido para el proceso.

En el caso de la toma de decisiones integrada, es necesario que los datos fluyan de varias partes del sistema al punto en el que la decisión es tomada para que los diferentes puntos de vista puedan ser integrados en una decisión final.

La arquitectura de datos y la arquitectura de red en conjunto constituyen el sistema de información de toda la empresa denominado CIM.

### **1.2.2 División de CIM para el estudio**

Según la definición de CIM realizada por la Sociedad Americana de Ingenieros de Procesos de Fabricación (SME: del inglés Society of Manufacturing Engineers) esta tecnología podría dividirse (Ver Figura 1-5), en una primera aproximación para su estudio, según los principales factores que intervienen en una producción integrada: Gestión de Fabricación y Recursos Humanos, Marketing, Planificación Estratégica y Gestión Económica.

Estos factores a su vez comprenden otros factores. Por otra parte, se aprecia que la producción (fabricación del producto), es simplemente una parte más de todo el entramado de gestión, planificación y abastecimiento que implica cualquier proceso de fabricación. El núcleo central enlaza los diferentes aspectos de un proceso industrial mediante los sistemas de comunicación que permiten la interrelación entre ellos.

En la parte intermedia se encuadran todas las tareas que permiten que se desarrolle la labor de fabricación del producto, desde el diseño inicial del producto en sí como el diseño de los procesos de fabricación necesarios, pasando por la gestión de materias primas y producto final, almacenaje, recepción y salida de material, control de calidad, etc.



Figura 1-5. Factores o componentes integrados en CIM

La parte exterior del diagrama corresponde a los aspectos de gestión empresarial y de negocio relacionados con la producción. Esta parte exterior contiene en su interior el resto de procesos de fabricación dado que son los aspectos de negocio aquellos que influyen de manera directa en la fabricación del producto, ya sean por cuestiones económicas, de marketing, o por demanda específica de los clientes.

Por tanto, los procesos de automatización industrial se deben considerar siempre dentro de un entorno más amplio donde debe existir una integración entre ellos y el resto de elementos de producción y gestión.

Una división más desagregada para el mejor estudio de las tecnologías<sup>1</sup> que incluye CIM es el basado en el proceso productivo (Ver Figura 1-6).

Este siguiente paso consiste en la planificación de los sistemas de producción (PPS: del inglés Planning Production System), donde se realiza un estudio concreto de los sistemas de producción con el objetivo de la optimización de las tareas y procesos a

<sup>1</sup> Abreviaturas que aparecen en la Figura 1-6

IGES: Especificación Inicial de Intercambio de Gráficos (Initial Graphics Exchange Specification).

PDES: Estándar de intercambio de datos de producto (Product Data Exchange Standard).

DMIS: Servicio de Información por Correo (Direct Mail Information Service).

MAP: Protocolo de Fabricación Automatizada (Manufacturing Automation Protocol)

STEP: Estándar de intercambio de datos de modelo de producto (Standard for the Exchange of Product model data)

NC/CNC/DNC: Control Numérico, Control Numérico Computarizado, Control Numérico Distribuido (Numerical Control, Computerized Numerical Control, Distributed Numerical Control)

TQM: Gestión Total de Calidad (Total Quality Management)

MRP: Planificación de requerimiento de materiales (Material Requirement Planning)

ERP: Planificación de Recursos de Empresa (Enterprise Resource Planning)



realizar mediante la planificación de los recursos humanos y maquinaria, compra de materia primas y programación del trabajo (tiempo de utilización efectivo de la maquinaria, ordenación en la ejecución de tareas, etc.).

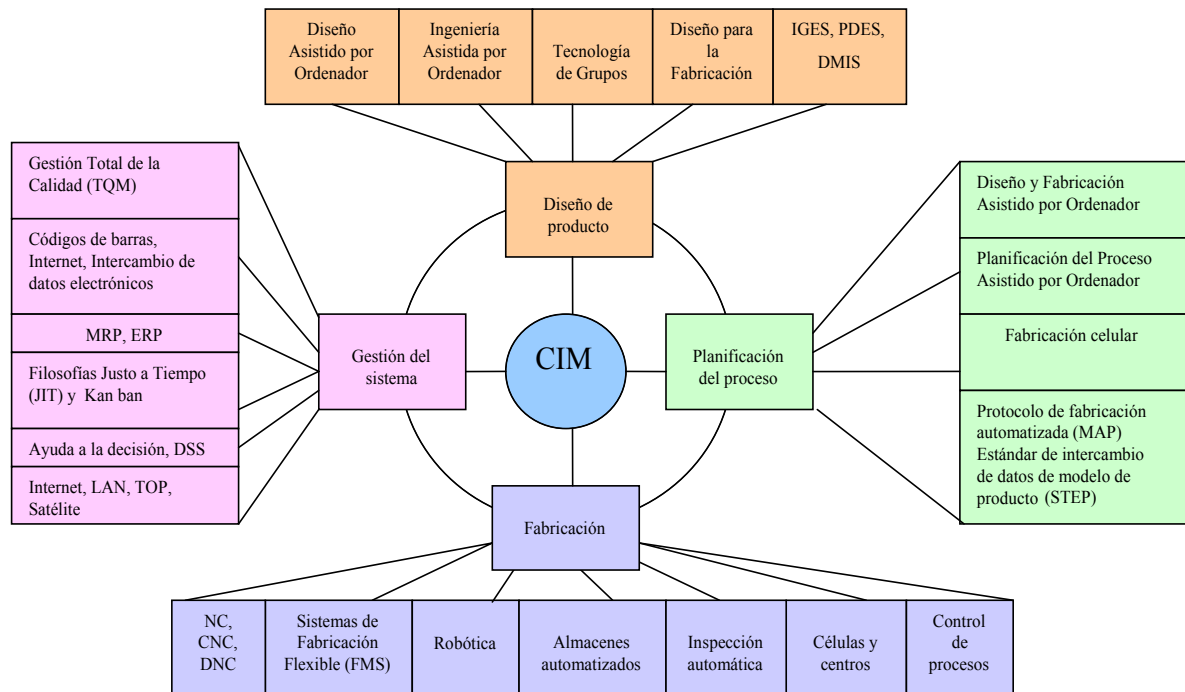


Figura 1-6. División de CIM por procesos de producción

Como soporte a la planificación, se pueden distinguir dos aspectos, el primero es la planificación adicional (aggregate planning), que analiza aquellos factores que pueden afectar la producción a mediano plazo y que no están directamente relacionados con el proceso productivo, para de este modo poder hacer frente a las posibles demandas y evitar sobrecarga o tiempos muertos en ciertas partes de la cadena de producción, tomando decisiones acerca de las compras a realizar, distribución de las horas de trabajo, etc.

En segundo lugar, se tiene el factor denominado Planificación de los Requerimientos de materiales (MRP: del inglés Material Requirement Planning), muy enlazado con el concepto de planificación adicional para disponer de las materias primas necesarias de modo eficiente y realizar una gestión de almacén sin necesidad de grandes niveles de almacenaje.

En el nivel de planta, entra en juego el diseño de los procesos de fabricación y mecanizado asistidos por ordenador (CAM) donde se implantan equipos y sistemas encargados de gestionar y desarrollar la producción en contacto directo con la fabricación de planta.

Por tanto, en este nivel, se introducen elementos tales como los sistemas de control de planta (SFC: del inglés Shop Floor Control), utilizando los datos de ésta para mantener y comunicar la situación de los pedidos en planta y en los centros de trabajo en tiempo real.

El llamado Círculo de Calidad (QC: del inglés Quality Circle), o grupo de trabajo que actúa como unidad para mejorar la calidad y reducir costes en cualquier proceso. Gestión de la producción asistida por ordenador (CAPC: del inglés Computer-Aided Production Control ó CAPM: del inglés computer-aided production management), de tal modo que existe una supervisión de los procesos productivos para analizar sus necesidades y ser capaces de reaccionar antes de que disminuya el ritmo de producción o sus niveles de calidad.

Los sistemas de gestión logística (TMS: del inglés Transportation Management System), permiten informar al control de planta acerca de la situación de las mercancías preparadas para comercializar así como gestionar su almacenaje y envío a través de la preparación de los lotes apropiados.

Todos estos sistemas de información están implementados por entornos software ayudados por sistemas de marcaje como etiquetado con código de barras, bandas magnéticas, etc.

Finalmente, dentro de la planta de fabricación, el proceso productivo propiamente dicho implica a todos aquellos elementos encargados de producir, mecanizar y conformar el producto que se desea comercializar así como aquellos elementos que los asisten en su tarea.

Básicamente, en la planta de fabricación se distinguen tres tipos de elementos principales como son los elementos de proceso, de transporte y de almacenaje.

Por lo que respecta a los elementos de proceso, se tienen los autómatas programables (PLC), sistemas de control numérico (CNC) o robots encargados de realizar el mecanizado y ensamblaje del producto ayudados por motores, sensores, actuadores, y complementado por el personal de planta.

Otros elementos de proceso a tener en cuenta son los sistemas automáticos de inspección de calidad que cada vez con más frecuencia se añaden a la línea de producción.

En cuanto a los elementos de transporte, éstos permiten el abastecimiento de materias primas y facilitan la tarea de trasladar el producto finalizado a su lugar de almacenaje.

En este sector podemos destacar los vehículos de conducción automática (AGV: del inglés Automatic Guided Vehicle) y el transporte de palets mediante carretillas. Respecto a los sistemas de almacenaje, los Sistemas de Almacenamiento y Recuperación Automáticos (AS/RS: del inglés Automated Storage and Retrieval System) permiten emplazar grandes cantidades de mercancía de manera automática y ordenada con tiempos de acceso comparativamente reducidos (respecto de los sistemas tradicionales).

Una última división de CIM puede basarse en las áreas de conocimiento, en la cuál la clasificación (Ver Cuadro 1-2) sería la siguiente:

Cuadro 1-2. Áreas de conocimiento de CIM

Áreas de Conocimiento	Elementos de Estudio
Sistema de manejo de operaciones Planificación y medición	Información de Mercado, orden de cliente; Orden de compras; Entrada de órdenes; Diseño; Control de Planta; Planificación de la Producción y Control; Contabilidad de Costos.
Sistema de Ingeniería asistido por computadora Ing. del proceso y productos	Planificación del Proceso; Planificación del Control de Calidad; CAD; Análisis de diseño; Programación y Control Numérico; Diseño, modelación y herramienta.
Sistema de Fabricación y prueba de partes	Modelado Plástico; Fabricación y maquinado en Control Numérico Computarizado; Tarjeta y circuitos impresos; Robot, manejo de materiales; Robot de trabajo.
Sistema de Ensamble final y pruebas	Ensamble con robots; Envasado y Empacado automático; Controles Lógicos Programables; Pruebas de inspección automática.
Sistema almacén inteligente, Almacenamiento y Manejo Maestro.	Inspección partes integradas; Inventario de proceso; Transporte automatizado; Inventario de productos terminados.
Sistema de comunicación de datos y servicios internos de red.	
Red externa pública o privada	
Proveedor	
Envío	
Materiales	
Datos	
Bienes en proceso y terminados	

### 1.3 El Factor Humano en la implementación de CIM

En los últimos diez años se ha desatado una intensa polémica sobre los diferentes modelos de fábrica del futuro, cada vez más automatizada e informatizada. Estos modelos configuran la computación reticular (redes) y las técnicas en fase de diseño, todos los que se interesan por las futuras formas de trabajo deben conocer a fondo los sistemas de fabricación integrada por ordenador (Ebel, 2001).

Pese a las visiones tecnocráticas, de algunos, sobre la “revolución CIM”, la dimensión social que comprende un amplio abanico de competencias profesionales y motivación del personal, modos de organización del trabajo y cultura de producción.

Existe un cierto temor, tal vez debido al desconocimiento, de que la implementación de CIM provoque el despido laboral de quienes trabajan en las industrias, especialmente en fabricación y producción. Por lo que surgen de forma inmediata algunas interrogantes:

- ¿Configura el CIM un nuevo entorno laboral en el que priman el enriquecimiento de las tareas, la labor de equipo y una mayor autonomía?
- ¿Ser competitivos supone trabajar ininterrumpidamente veinticuatro horas al día, en tareas psíquicamente extenuantes, socialmente aisladas y rígidamente integradas?

- ¿Se considera primordial solventar la escasez de competencias y la falta de motivación, automatizando el mayor número posible de operaciones bajo la concepción de ordenadores que no se detengan a causa de una avería o deficiencia?

Las respuestas a estas interrogantes pueden ayudar a comprender las repercusiones de CIM y a poder elaborar métodos que influyan en tales sistemas, de modo que mejoren la calidad de la vida laboral. Según Ebel, la organización del trabajo debería impulsar una visión antropocéntrica de CIM, en contraposición a las perspectivas tecnocráticas que a su juicio han demostrado ser a la vez improductivas e incompatibles con condiciones buenas de trabajo.

Se considera importante que todas las empresas que van a implementar CIM, realicen un trabajo previo en los recursos humanos de su organización, teniendo en cuenta tres consideraciones básicas:

- Los efectos que se derivan del escaso grado de desarrollo y difusión que tiene CIM en la actualidad.
- Los riesgos y posibilidades que atañe a la mejora de las relaciones laborales.
- La estrategia que se requiere para introducir los sistemas CIM, de forma que realcen el contenido de las tareas y favorezcan el ambiente de trabajo.

Por otra parte, el campo de difusión del CIM es restringido aún, sobre todo en sus aplicaciones más globales y punteras. Esta es una realidad que se evidencia incluso en sectores de producción tan complejos y perfeccionados como la industria de máquinas herramientas en Alemania.

La situación es dinámica y evolutiva y no se trata de una técnica inmutable y madura que utiliza métodos rígidamente implantados. Son muy diversas las opiniones acerca del mejor modo de utilizar las nuevas tecnologías y se ponderan a conciencia las ventajas comparadas de los modelos de producción de Ford, Toyota, Volvo e incluso de Sony.

Para analizar debidamente la dimensión social de CIM se debe trascender las nociones teóricas, escrutar la historia de la técnica y recurrir a la investigación sobre la economía de las innovaciones.

La instrumentación de los sistemas de CIM sigue una pauta similar a la de casi todas las innovaciones.

Durante la fase de euforia inicial, vendedores y promotores presentan las enormes posibilidades que ofrece la nueva tecnología, pero esas alegrías se esfuman en cuanto empiezan a surgir deficiencias técnicas y los equipos no rinden lo suficiente.

Llegado ese momento, la destreza y la experiencia de los usuarios desempeñan un papel de primer orden en la modificación y aplicación de los sistemas mediante pequeñas mejoras progresivas y los resultados del cotidiano aprender sobre la marcha.

Ahora bien, conforme los sistemas cobran consistencia, esa pericia deja de ser imprescindible y cede el paso a una etapa más madura de sincronía social y técnica.

No todas las innovaciones técnicas siguen una pauta semejante, por supuesto, y tampoco la competencia técnica es la misma en todas las fases, pero conviene tener presente que no hay que exagerar la euforia tecnológica ni desorbitar el papel fundamental que se asigna a la competencia del elemento humano.

En todo caso la implantación de sistemas CIM no debería deshumanizar el trabajo por muy automatizado que esté, el reto radica en mantener un equilibrio centrado en el hombre, asumiendo en todo momento que la tecnología la ha desarrollado el hombre para su beneficio.

El punto de vista antropocéntrico apunta a subordinar la máquina al hombre, a explicar y reforzar las competencias y aptitudes existentes y sitúa la intencionalidad humana en el epicentro de la conducción y manejo del sistema.

Esta dimensión social de CIM es un pilar fundamental que debería tratarse en la formación de los ingenieros industriales para que tengan una sensibilidad humana del manejo de la tecnología.

## **1.4 Despliegue de la Función de Calidad (QFD)**

El QFD es un sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes, significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce.

En otras palabras, es "transmitir" los atributos de calidad que el cliente demanda a través de los procesos organizacionales, para que cada proceso pueda contribuir al aseguramiento de estas características. A través de QFD, todo el personal de una organización puede entender lo que es realmente importante para los clientes y trabajar para cumplirlo.

El QFD colabora en el equipo interfuncional de: marketing, I+D (investigación y desarrollo), fabricación y ventas, ayudándolos a centrarse en el desarrollo de productos. Brinda procedimientos y procesos para mejorar la comunicación; centrándose en el lenguaje del cliente.

Esta metodología, generalmente utiliza cuatro diagramas interrelacionados (dependiendo del nivel de precisión que exige el proyecto, podrán ser más diagramas, siendo aconsejable un máximo de 10 matrices o diagramas).

Los diagramas tienen la forma de una casa y por esto muchas veces se los denomina "casas de calidad" (Ver Figura 1-7).

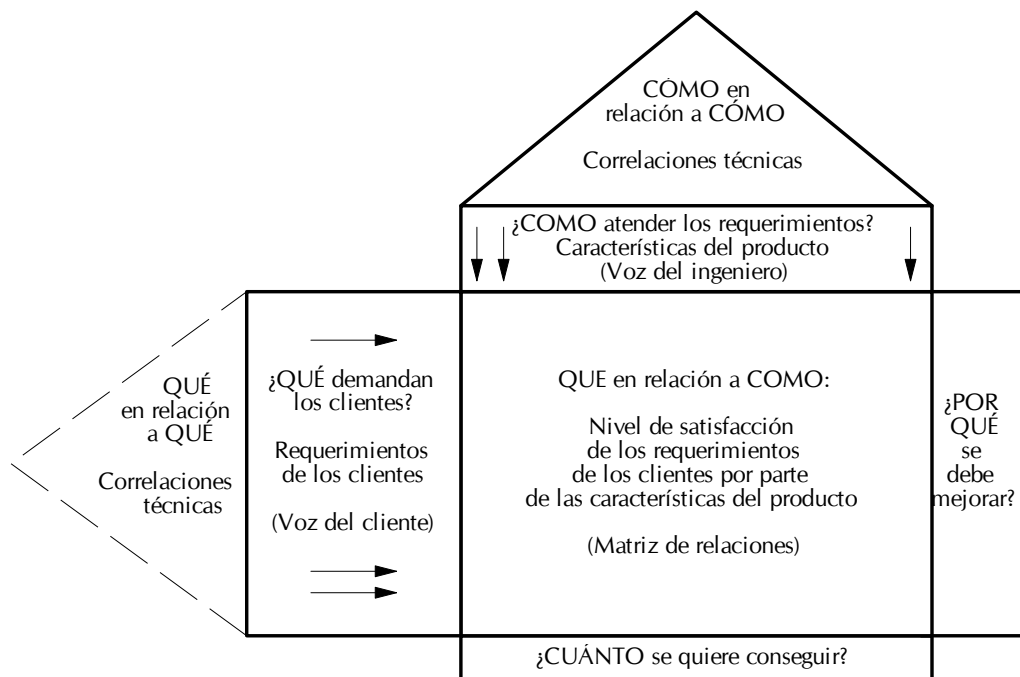


Figura 1-7. Diagrama de trabajo QFD para el tratamiento de la información

Los diagramas organizan la información que se ha de correlacionar, para luego poder integrar todas las necesidades de información del equipo de desarrollo de productos. Las aplicaciones comienzan en la primera casa, denominada propiamente Casa de la Calidad (HOQ, House of Quality) por su dedicación a temas de calidad. Esta primera matriz de correlaciones se utiliza para comprender la voz del cliente y traducirla a la voz del ingeniero.

Para comprender de mejor forma el uso de QFD, se hará alusión a un ejemplo referido al diseño de un espirómetro, mencionado por el autor L. Cohen (2001) en su libro *Quality Function Deployment – How to make QFD work for you*.

### La voz del cliente

La necesidad de un cliente es una descripción, para utilizar sus mismas palabras, del beneficio que él, ella o ellos quieren obtener mediante el producto o servicio. Por ejemplo, los usuarios de un espirómetro (un instrumento médico utilizado para medir la capacidad pulmonar) hablan de necesidades tales como “un precio accesible”, “que sea fácil de llevar”, “fácil de limpiar” y “que brinde el rendimiento más conveniente”.

Habitualmente, en las conversaciones con los clientes se identifican entre 100 y 400 necesidades entre las que se incluyen las necesidades básicas (lo que el cliente supone que hará un espirómetro), las necesidades enunciadas (lo que el cliente le dirá que quiere que haga un espirómetro) y las necesidades estimulantes (aquellas necesidades que, si fueran satisfechas, harían las delicias y sorpresas del consumidor). Sin embargo, es difícil que un equipo pueda trabajar con 100 a 400 necesidades del cliente a la vez.

## **Cómo estructurar las necesidades**

Para poder manejar las necesidades del cliente, éstas deben estar estructuradas en jerarquías. Las necesidades primarias, también conocidas como necesidades estratégicas, son en general las primeras 5 a 10 necesidades que fijan el rumbo estratégico del producto. Por ejemplo “fácil de usar” es una necesidad estratégica para un espirómetro.

Las necesidades secundarias, también conocidas como necesidades tácticas, se elaboran a partir de las necesidades primarias (cada necesidad primaria genera habitualmente entre 3 y 10 necesidades secundarias).

Estas necesidades indican específicamente lo que puede hacerse para satisfacer la necesidad estratégica (primaria) correspondiente. Por ejemplo, “fácil de usar” puede derivar en “fácil de armar la primera vez”, “fácil de operar”, “funcionamiento rápido” y “fácil de calibrar”.

En la mayoría de los casos, las necesidades secundarias generan necesidades terciarias muy detalladas. Estas necesidades terciarias indican específicamente cómo puede el equipo de diseño satisfacer las necesidades secundarias.

## **Prioridad de las necesidades**

Los clientes quieren que sus necesidades sean debidamente satisfechas, pero algunas necesidades son más prioritarias que otras.

Estas prioridades ayudan al equipo de QFD a tomar decisiones que equilibran el costo de satisfacer una necesidad y el beneficio que recibe el cliente. Por ejemplo, si resulta igualmente costoso satisfacer dos necesidades, la necesidad a la que el cliente considera como la más importante deberá tener mayor prioridad.

## **Percepciones del cliente**

Las percepciones del cliente describen cómo los clientes evalúan los productos disponibles en función de la capacidad del producto o del servicio para satisfacer sus necesidades.

Cuando sabemos qué productos satisfacen mejor las necesidades del cliente, con qué grado de satisfacción, y si existen diferencias entre el mejor producto y el producto que hoy fabrica la empresa, el equipo de QFD puede proporcionar los objetivos e identificar las oportunidades para el diseño de los productos.

## **Atributos del diseño (La voz del Ingeniero)**

Para cumplir con las necesidades del cliente, el producto (o servicio) debe satisfacer necesidades medibles.

Por ejemplo, si un sistema de espirometría cuenta con una copia de impresión, entonces los atributos del diseño podrían incluir resolución, capacidad para evitar que la imagen se desdibuje, tiempo de carga de papel, ruido de la impresión e índices de falla en la alimentación del papel.

Estas mediciones de diseño son las que aparecen en la parte superior de la “casa”. Se miden a través de unidades de medición físicas que se convierten en los objetivos de diseño de I+D. Sin embargo, no son soluciones para el producto.

Las soluciones provienen de la segunda “casa” de QFD. Si se especifican soluciones en una etapa temprana, el proceso de I+D queda limitado exclusivamente a las soluciones existentes. De esta manera, podrían quedar de lado soluciones más creativas.

### **Mediciones de ingeniería**

De la misma manera que el equipo de diseño mide los productos disponibles con respecto a las necesidades del cliente, mide también los productos competitivos por medio de las unidades físicas especificadas por los atributos del diseño.

### **Matriz de relaciones**

El equipo de QFD juzga qué atributos del diseño influyen sobre qué necesidades del cliente. Cada elemento de la matriz de relaciones indica qué porcentaje (si lo hubiera) de cada atributo del diseño afecta cada una de las necesidades del cliente. La idea es especificar las relaciones que tienen mayor influencia, dejando libre la mayor parte de la matriz (60-70%).

### **Matriz del techo**

Finalmente, la matriz de techo, que aparece en la Figura 12 dibujada con líneas cruzadas, cuantifica las interrelaciones físicas entre los atributos del diseño. Algunos autores proponen una matriz más desarrollada a la derecha del cuerpo principal, que reemplaza el techo de la “casa” ya que algunas veces resulta más sencillo adjuntar columnas que graficar el techo, aunque el efecto visual no sea tan bueno.

### **Otros cálculos**

El equipo a menudo estima los costos, factibilidad y dificultad técnica cuando trata de introducir cambios en cada uno de los atributos del diseño.

### **Encadenamiento de matrices o casas**

Finalmente, se muestra continuación un esquema (Ver Figura 1-8) de la forma en que se va procesando la información otorgada por el cliente hasta convertirse en especificaciones de diseño u otras, fundamentales para poder llevar a la realidad aquellas expectativas del cliente, expresadas al inicio del proceso.

Este proceso, se asemeja a una cadena en forma de cascada en la que la información de entrada en una matriz, al ser procesada, sale de dicha matriz con un valor agregado y se convierte en información de entrada en una siguiente matriz o casa. De esta forma, cada salida ajusta de mejor forma las especificaciones hasta cumplir el objetivo final.



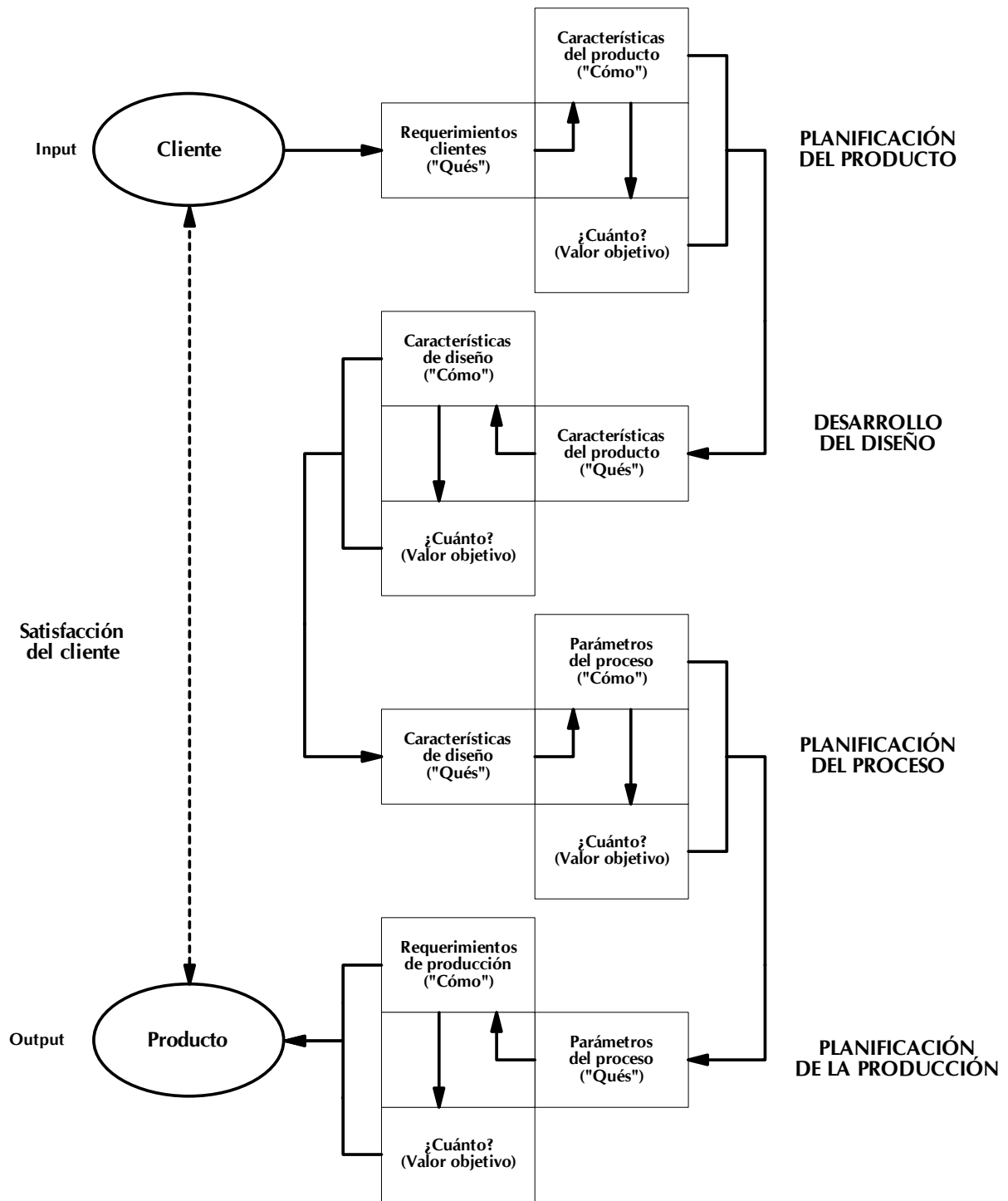


Figura 1-8. Esquema general de cascada y correlaciones entre diagramas QFD

## 1.5 Organización Curricular

Las actuales propuestas curriculares en Ingeniería (CUIEET<sup>2</sup>, 2006), se caracterizan por su modelo segmentado de asignaturas orientadas a la transmisión de contenidos (Ver Figura 1-9). Se preocupa por la distribución de tiempos y espacios. Bajo la concepción clásica de las relaciones entre la ciencia y tecnología con la sociedad, denominado “modelo lineal de desarrollo curricular”, se prioriza la autonomía de la ciencia básica y el desarrollo (sin interferencias) de la tecnología para que el crecimiento económico y el progreso social se den por añadidura.

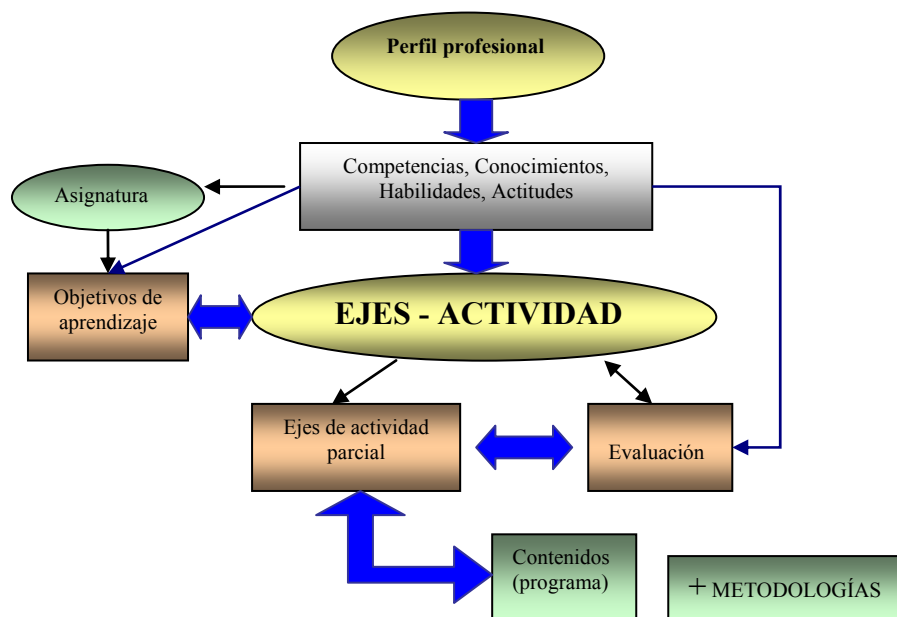


Figura 1-9. Componentes del Diseño Curricular según CUIEET 2006

Para poder determinar los ejes del diseño curricular, Mummolo (2007) investiga el proceso de graduación de los estudiantes europeos de ingeniería industrial, así como su contratación.

Al respecto se observó que el principal mercado de trabajo de los recién graduados se orienta a dos sectores bien definidos: a) sector de servicios y b) sector de fabricación, que representa una parte significativa del PIB de Europa.

Por tanto, la I+D y el capital humano se identifican como factores importantes para el éxito de la contratación de los ingenieros industriales, mientras que los ejes de diseño curricular, necesarios para desarrollar el perfil de ingeniero industrial se citan a continuación.

### 1.5.1 Ejes del diseño curricular

En pos de la mejora de la enseñanza de tecnología, se han consensuado los ejes para el diseño curricular de carreras universitarias de ingeniería (Virgos, 2006), estos son los siguientes:

- Formar un ingeniero tecnológico, capacitado para diseñar sistemas de ingeniería y desarrollar su creatividad en el uso de nuevas tecnologías.
- Formar un graduado comprometido con el medio, con una visión crítica y promotores del cambio.
- La formación debe orientarse a la preparación técnica, social y cultural para que a través del ejercicio de su profesión sean promotores del desarrollo.
- La formación debe contemplar la función social de la ingeniería y la influencia de la tecnología en las estructuras económicas y culturales de la región.
- La formación debe centrarse en el estudiante, destacar el accionar típico de la profesión y los procesos que se realizan en el trabajo ingenieril.
- Los planes de estudio deben estar integrados de forma tal que contribuyan al desarrollo de las competencias necesarias para la identificación y solución de problemas abiertos de ingeniería.

### **1.5.2 Fases del diseño curricular**

De forma complementaria, las unidades curriculares, según Cutcliffe (1990), contemplan cinco fases:

6. Formación de actitudes de responsabilidad personal en relación con el ambiente natural y con la calidad de vida.
7. Investigación de temas científico-tecnológico-sociales específicos, enfocados tanto en el contenido científico y tecnológico, como en los efectos sobre el bienestar de los individuos y el bien común;
8. Toma de decisiones con relación a estas opciones, considerando factores científicos, técnicos, éticos, económicos y políticos;
9. Acción individual y social responsable, encaminada a llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones
10. Generalización de teoría y principio, incluyendo la naturaleza “sistémica” de la tecnología y sus impactos sociales y ambientales.

### **1.5.3 Pasos para el diseño curricular**

La mayoría de los modelos actuales utilizados se basan en el modelo de Tyler (González Martínez, 2000), modelo que sugiere los siguientes pasos:

1. Diagnóstico de necesidades
2. Formulación de objetivos
3. Selección del contenido
4. Organización del contenido
5. Selección de las experiencias de aprendizaje
6. Organización de las experiencias de aprendizaje
7. Determinación de que evaluar y de los medios para hacerlo.

8. Si bien se enfatiza en un currículo participativo, en el que profesores y estudiantes experimenten un proceso democrático; la participación se limita a los que Akao (1997) denominó “clientes internos”: estudiantes y maestros.

Este enfoque tradicional de elaborar currículos académicos no consideraba la posibilidad de incluir en el proceso a los “clientes externos”, en este caso el sector industrial (que busca incorporar a ingenieros industriales para que se encarguen en los procesos que requieran la capacitación en CIM).

### 1.5.4 Elementos del currículo

Por otra parte, considerando que el currículo tiene dos funciones diferentes: a) Hacer explícitas las intenciones del sistema educativo y b) Servir como guía para orientar la práctica pedagógica; siendo esta doble función la que se refleja en la información que recoge el currículo (Ver Figura 1-10), los elementos que lo componen, que pueden agruparse en torno a cuatro preguntas que definen los esquemas de diseño curricular:

- ¿Qué enseñar? La respuesta a esta pregunta proporciona información sobre los objetivos y contenidos de la enseñanza.
- ¿Cuándo enseñar? Es necesario decidir también la manera de ordenar y secuenciar estos objetivos y contenidos.
- ¿Cómo enseñar? Se refiere a la necesidad de llevar a cabo una planificación de las actividades de enseñanza y aprendizaje que nos permita alcanzar los objetivos marcados.
- ¿Qué cómo y cuándo evaluar? Por último, es imprescindible realizar una evaluación que permita juzgar si se han alcanzado los objetivos deseados.

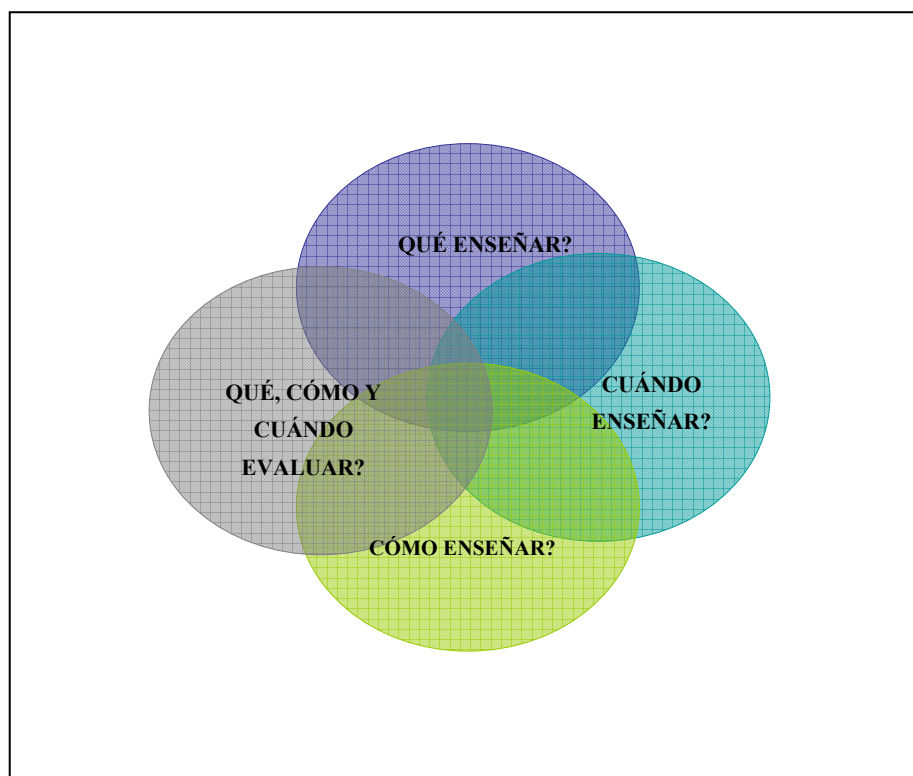


Figura 1-10. Esquema guía para el Diseño Curricular

En la primera pregunta se recogen los aspectos del currículo relativos a la primera función, al establecimiento de las intenciones. Las tres restantes se refieren al plan de acción que se debe seguir de acuerdo con estas intenciones y sirven de instrumento para desarrollar la práctica pedagógica.

Las intenciones y el plan de acción que se establecen en el currículo se plasman, en último término, en una determinada práctica pedagógica.

El currículo incluye tanto el proyecto como su puesta en práctica. Esta propuesta curricular diferencia las dos fases, reservando el término de Diseño del currículo para el proyecto.

### **1.5.5 Estructura del currículo tecnológico**

Para la estructuración del currículo tecnológico, hará falta dividir en dos grupos las asignaturas: a) asignaturas de primer, segundo y tercer año, denominados *Nivel A* y b) asignaturas de cuarto y quinto año, denominadas *Nivel B*.

Estos grupos están marcados por la incorporación de la tecnología en el aula en forma creciente. Los procesos de simulación están presentes cotidianamente como forma de trabajo y cada grupo desarrolla particularmente sus competencias a través de un entorno virtual de acceso libre, (clases, bibliografía y todo tipo de soporte, propiciando el trabajo en red y apoyado por las TIC's).

#### **Asignaturas Integradoras de Nivel A**

Los objetivos de este grupo de asignaturas son:

- Conocer los problemas básicos de la ingeniería abordando problemas desde el inicio.
- Introducir a los estudiantes en conceptos generales de la ingeniería.
- Valorar la competencia de los profesionales de la ingeniería elegida.
- Conocer la problemática del ingeniero en un nivel creciente de dificultad.

En términos generales muchos autores coinciden en las siguientes recomendaciones:

- Deben concebirse como taller-laboratorio-debate.
- Deben responder a cómo se estudia la ingeniería y cómo es el ejercicio profesional.
- Deben plantear las situaciones de aprendizaje como problemas, de modo que generen soluciones y nuevos interrogantes.
- Deben incluir procesos de simulación y desarrollos concretos en actividades que permitan visualizar la creatividad del estudiante.
- La integración se debe dar como consecuencia natural y no forzada del aprendizaje.

#### **Asignaturas Integradoras de Nivel B**

El principal objetivo de este grupo de asignaturas es el siguiente:

- Realizar un proyecto integral para el desarrollo de un producto contemplado desde el estudio de factibilidad técnico-económica hasta el diseño y desarrollo tecnológico del mismo, asegurando la incorporación de nuevos conocimientos en

una primera etapa e integrando los conocimientos adquiridos durante la carrera en una segunda etapa.

Las recomendaciones para este nivel son las siguientes:

- Desarrollar el estudio de factibilidad (estudio de mercado, estudio de ingeniería – localización y dimensionamiento físico, costo y estudios económicos financieros), además de aspectos inherentes a la planificación, la calidad, la ética y la legislación.
- Desarrollar el producto, enfocado al diseño productivo y plasmado a través de prototipos, maquetas o planos que demuestren su concreción.

## **1.6 Método tradicional de diseño curricular**

A partir de los años 40, con una visión de la psicología como ciencia empírica y sistemática, el conductismo formulaba los postulados desde los cuales se deducirían los teoremas para establecer hipótesis sujetas a pruebas empíricas de laboratorio y a situaciones cotidianas; dando lugar al *método científico*.

Sin embargo, para esta época se diferenciaba la "ciencia pura" de la "ciencia aplicada".

Esta distinción se relaciona con la visión que tiene Tyler<sup>3</sup> del currículo, ya que considera que se trata de una perspectiva híbrida que se nutre de diversas disciplinas fundamentales.

Tyler propone un diseño curricular notablemente inédito e innovador, que se basa en la filosofía, la sociología y la psicología; aunque le da énfasis a la perspectiva técnica centrada en la teoría psicológica. Su teoría toma su pauta directriz y sus principios de fuentes teóricas externas.

La visión del currículo fue un producto de su tiempo y delegaba en los encargados de diseñar el currículo, el papel de tecnólogos dependientes de los científicos puros de la psicología y convertía a los profesores en técnicos que a su vez, dependían de los tecnólogos (Ver Figura 1-11). En la perspectiva de Tyler, el énfasis de la toma de decisiones educativas se sitúa en las cuestiones técnicas.

Debe destacarse que la perspectiva de Tyler, proporciona una guía respecto a cómo construir un currículo con las restricciones de un sistema educativo cuyo carácter y estructura vienen preestablecidos.

Los primeros estudios respecto al planeamiento del currículo establecieron los primeros destellos de diferenciación en relación a los tipos de objetivos para el aprendizaje de la educación general y aquellos que representaban el dominio del verdadero conocimiento especializado. Pero estos comienzos y sus posibilidades no fueron desarrollados en las décadas que siguieron a la propuesta de Tyler y la evolución del currículo se limitó al perfeccionamiento, a complementar y a reiterar ideas anteriores.

---

3 Ralph Tyler en 1949 publica "Principios Básicos para la elaboración del currículo", esta producción se constituye en un hito a partir del cuál se plantea el modelo que lleva su nombre para el diseño curricular. Para esta tesis, la importancia de su aporte de centra en las fuentes de referencia que propone este autor para el diseño curricular: estudiantes, sociedad y requisitos de los contenidos.

A medida que pasaba el tiempo, la necesidad de una teoría para el diseño del currículo era más latente.

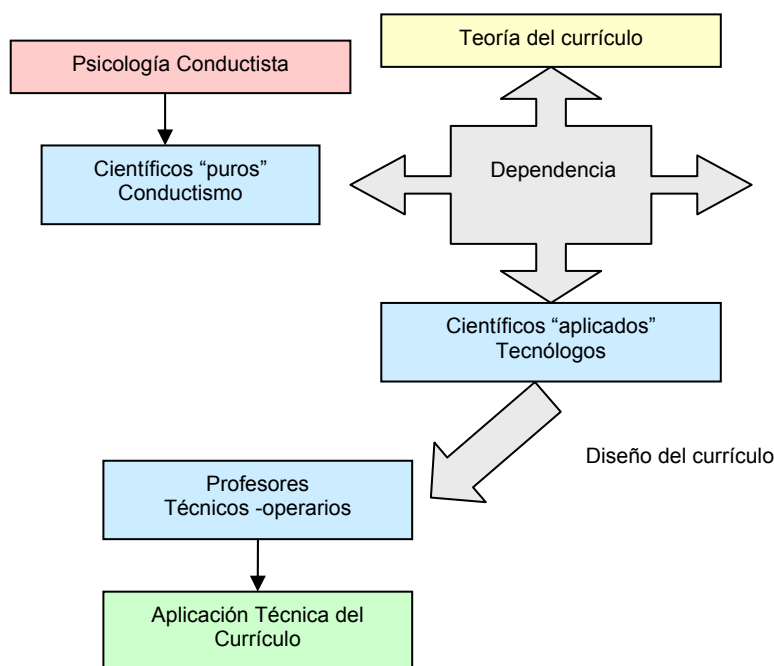


Figura 1-11. Principios del Modelo de Diseño Curricular según Tyler

Para utilizar correctamente los recursos que involucra el diseño curricular, se necesitaba una teoría que no solo debía definir los problemas del propio diseño, sino que también debería elaborar un sistema de conceptos a emplearse para determinar la relevancia de datos con respecto a la educación.

En la actualidad, no está claramente identificada una metodología definida para un diseño estandarizado del currículo. La mayoría de los autores señalan al respecto, que la confusión es la característica principal de la teoría del currículo.

La secuencia de materias y cursos, muchas veces no responde a principios definidos, sino que algunos están ubicados por alguna arbitrariedad o conveniencia.

El fracaso en los diseños curriculares tradicionales, proviene de la carencia de una metodología destinada a estimular la experimentación y facilitar el traslado de la teoría a la práctica. El método corriente de revisión del currículo, hasta ahora utilizado, consiste en examinar su estructura, aún antes de experimentar con cada parte: las unidades de enseñanza en niveles de grado.

En consideración a las puntualizaciones analizadas anteriormente sobre los diseños curriculares tradicionales, se propone innovar en: la naturaleza del contenido del currículo, su selección y organización, ya que estos sólo pueden brindar los elementos necesarios para lograr algunos objetivos.

Si tenemos en cuenta esta explicación, podremos considerar los elementos de los currículos sobre los cuales es necesario tomar decisiones, así como la metodología y el orden prioritario para conformarlas. La selección del contenido y las experiencias del aprendizaje varían de acuerdo a si el programa incluye o no entre sus objetivos el desarrollo del pensamiento.

De forma particular, el antiguo Ministerio de Educación y Ciencia de España (MEC) señaló que para que el diseño del currículo no sea una arbitrariedad, sino un procedimiento científico, las decisiones sobre cada elemento, deberán adoptarse sobre la base de algunos criterios válidos que pueden fundarse en diversas fuentes.

Como se puede evidenciar, el MEC sólo da pautas para el diseño curricular y no establece un orden o contenidos de sus procedimientos.

De forma general, el MEC sugiere que desde el momento en que el currículo es concebido como una tarea que demanda un juicio ordenado, es necesario seguir el siguiente orden de consideraciones para su diseño:

1. Diagnóstico de necesidades.
2. Formulación de objetivos.
3. Selección de contenidos.
4. Organización de contenidos.
5. Selección de actividades.
6. Organización de actividades.
7. Determinación de lo que se va a evaluar, las formas y medios para hacerlo.

El diseño de un currículo, no sólo sigue un esquema racional para el planeamiento de sus diferentes aspectos, sino también demanda una metodología particular para su desarrollo y para relacionar los componentes entre sí. Esta metodología debe incluir los modos de decidir quiénes desempeñarán las diferentes funciones en el diseño del currículo, y cómo éstas decisiones podrían ser coordinadas y articuladas.

### **1.6.1 Énfasis educacionales del Diseño Curricular**

Los contenidos del diseño curricular, implican la toma de decisiones para determinar la orientación del enfoque y su función pedagógica. El antiguo Ministerio de Educación y Ciencia de España<sup>4</sup> propuso considerar los siguientes enfoques: currículo centrado en disciplinas, currículo centrado en el estudiante, currículo centrado en la cultura y currículo centrado en las tareas.

#### **Currículo centrado en disciplinas**

Apunta a aprendizajes formales representando un planteamiento académico de los propósitos de la enseñanza. Enfatiza la valorización de las disciplinas científicas como cuerpos sistemáticamente organizados en teorías y conceptos así como en sus metodologías específicas de investigación.

Se incluyen dos planeamientos:

1. El currículo como regiones del conocimiento a transmitir en términos instructivos y estructuras conceptuales.

---

4 Referencia obtenida del portal del Ministerio de Educación y Ciencia de España, <http://www.mec.es/redele/Biblioteca2006/ICastellanos/CAPITULO8.pdf>, “Análisis de Necesidades al Establecimiento de Objetivos en un Sistema de Enseñanza y Aprendizaje Centrado en el Estudiante.



2. El estudio de las disciplinas para la comprensión de todos los modos de pensamiento y de investigación. Deja pendiente, la atención a las complejas relaciones políticas y de interés de las comunidades científicas. Busca conseguir un equilibrio entre los componentes formativos de las disciplinas, las experiencias previas de los estudiantes y las distintas finalidades de los niveles de escolaridad.

### **Currículo centrado en el estudiante**

Privilegia al sujeto de la enseñanza. Se incluyen dos desarrollos:

1. De corte evolutivo para el nivel inicial y básico, que propone organizar la enseñanza a partir de los intereses, la maduración y características cognitivas.
2. A nivel de proyectos universitarios, dirigidos a promover la autonomía del pensamiento y la acción, la toma de decisiones y resolución de problemas a través de currículos flexibles con sistema tutorial.

### **Currículo centrado en la cultura**

Destaca la contextualización del contenido, legitimándolo en las características de la vida social fuera del centro de enseñanza. Plantea organizar el currículo incluyendo materias menos importantes frente a las disciplinas, pero que representan el conocimiento de los grupos y prácticas sociales. Propone el estudio de disciplinas, el análisis de su desarrollo histórico y del papel que han jugado en la evolución del pensamiento social y político.

### **Currículo basado en tareas**

Hace referencia al entrenamiento técnico y metodológico para las diversas ocupaciones del mundo laboral. Representa la convergencia entre escolaridad y empleo para la formación de la mano de obra. Corresponde al surgimiento de la pedagogía industrial.

Actualmente, considerando los cambios en la definición de ocupaciones, se incluyen otras competencias más complejas. Este enfoque no resuelve las diferencias conceptuales y pedagógicas entre preparación para el empleo o formación para el empleo.

## **1.7 Diseño curricular: enseñanza universitaria de tecnología**

El concepto “Currículo” según Stenhouse (1998), se define como una tentativa para comunicar los principios y rasgos esenciales de un propósito educativo, en otras palabras el currículo es la herramienta de formación que capacita al futuro profesional para probar ideas en la práctica.

Así se entiende “Diseño Curricular” como un sistema de acciones, mecanismos y formulaciones que, para una profesión específica, y en un momento y lugar determinado, permiten elaborar y materializar los objetivos de un proceso de formación. Este proceso tiene la particularidad de dar respuesta a las necesidades sociales e individuales de esa profesión para otro período de tiempo dado, dentro del concepto de Currículo como Proyecto y Proceso.

Los *diseños curriculares* de carreras universitarias tecnológicas, tienen como objetivo principal lograr integrar de forma productiva una serie de conocimientos y habilidades que se impartían tradicionalmente de forma dispersa, siguiendo solamente la lógica de

la ciencia de las cuales formaban parte. Con el nuevo *diseño curricular*, tendrían la oportunidad de articularse creativamente, contenidos alrededor de la solución de algún problema profesional, sin perder su lógica científica e incorporación a la enseñanza de la Ingeniería a través de toda la Carrera.

La lógica de la profesión va estrechamente ligada al desarrollo de capacidades en los estudiantes para la resolución de problemas profesionales no estructurados a partir del uso y la aplicación de los conocimientos y las habilidades de las ciencias estructuradas que lo sustentan.

Gracias al Diseño Curricular el profesor de asignaturas tecnológicas se convierte en un investigador de su propia experiencia de enseñanza. Una de las conclusiones del Seminario Internacional sobre la Enseñanza y Aprendizaje Innovadores en la Formación de Ingenieros (2006) se refiere a los aspectos a considerar para el diseño curricular de carreras tecnológicas como las ingenierías. Estos son: El Modelo del profesional de Ingeniería, La enseñanza de la Ingeniería y Las implicaciones de los cambios tecnológicos del Siglo XXI.

En este último seminario de carácter europeo se validó la actual necesidad de ajustar los contenidos y planes de estudio de carreras de ingeniería, de forma que estas respondan a la demanda científica y tecnológica.

Jörg Steinbach<sup>5</sup> (2007), afirma tras realizar varios trabajos que la innovación educativa se ha convertido en un asunto de la mayor importancia en la formación de titulados universitarios en Europa.

Está muy relacionada con la evaluación de la calidad y la acreditación de los títulos académicos. Además, el cambio de la orientación desde la enseñanza hacia el aprendizaje está firmemente introducido en muchos de los programas de formación de ingenieros.

Los contactos mantenidos entre las Universidades durante las últimas décadas resaltan la necesidad de un tratamiento armonizado de los temas educativos. Entre los factores relevantes de la innovación educativa de los planes de estudio, pueden citarse su flexibilidad para ajustar la formación a las diferentes demandas educativas de los estudiantes y la necesidad de una aproximación integradora.

Los debates de todos los implicados en la formación de ingenieros son hoy más necesarios que nunca para estar al corriente de las nuevas tendencias.

Por otra parte, los aspectos a tomar en cuenta para el Diseño curricular, basadas en las actuales tendencias de enseñanza sugeridas por el consejo editor de la Revista<sup>6</sup> Europea para Enseñanza de Ingeniería la Conferencia para el Diseño Curricular son:

- Formación sólida y conocimiento profundo de las ciencias básicas y los fundamentos de las ciencias de Ingeniería (matemática, física, computación,

---

5 Jörg Steinbach es el Presidente del principal organismo a nivel europeo que investiga sobre el desarrollo de currículos para la enseñanza de ingeniería (SEFI- Currículo Development Working Group)

6 European Journal of Engineering Education, revista bimensual que observa factores económicos, sociales y culturales que influyen la enseñanza de Ingeniería en el ámbito europeo.

química, y las ciencias de ingeniería) ya que repercuten en la solidez de su formación teórica y científica general.

- Formación en estrecha vinculación con la industria para adquirir habilidades profesionales básicas que le permitan resolver problemas frecuentes de su profesión. Se debe potenciar la forma de pensar y de actuar que caracteriza a la profesión de ingeniería, uniendo el pensamiento lógico bien estructurado, la capacidad creativa y el hábito de ejercer el pensamiento divergente.
- Formación integral, versátil y flexible, con la virtud fundamental de la capacidad de autopreparación y adaptación a los cambios. Con especial énfasis en aspectos tales como la capacidad de comunicación (manejo, procesamiento y utilización de la información científico-técnica), dominio de la computación, el conocimiento de lenguas extranjeras, formación económica, ecológica, humanista con capacidad de dirección.
- Concepción pedagógica de la enseñanza de la ingeniería y transformación del profesor, como facilitador del aprendizaje, más que como un simple transmisor de conocimientos que evalúa el aprovechamiento académico en función de la capacidad del estudiante.

Para la UNESCO y sus estudios realizados bajo la línea de investigación de diseño curricular universitario, es prioritario incentivar reflexiones que despierten la conciencia de las instituciones universitarias sobre la trascendencia de su labor en la formación de futuros profesionales.

Específicamente, en la formación universitaria en ramas tecnológicas, señala la necesidad de establecer esquemas que propicien la vinculación entre los diferentes actores que participan en el ámbito de la educación, la capacitación y la innovación tecnológica.

Siendo la *universidad de excelencia*, aquella institución encargada de formar recursos humanos competentes, capaces de alcanzar resultados (productos) prominentes en sus procesos y lograr una ventaja competitiva con relación a otros homólogos de instituciones que poseen similar función; la universidad es institución social llamada a satisfacer las necesidades tecnológicas del siglo XXI a través de sus propuestas de diseños curriculares para carreras de *contenidos tecnológicos*.

Para cubrir esas demandas, es necesario que se produzca un cambio en cada uno de sus procesos, de forma integral como institución, y se convierta en un centro de avanzada en la introducción, innovación y la creación de nueva tecnología, donde se forme un profesional creativo e innovador.

La subsistencia de la universidad en un mercado competitivo y globalizado demandará el logro de una *universidad de excelencia* que se enfrente a la dinámica de los cambios tecnológicos y dé una respuesta adecuada a estos. La universidad es, por definición, la institución cuya misión consiste en la conservación y el desarrollo de la cultura de la humanidad.

A partir de esta función de la universidad y el papel que debe desempeñar en cualquier nación, de acuerdo con el nuevo orden económico mundial, la universidad en la actualidad es precisamente la institución encargada, en buena medida, de mejorar la posición competitiva de toda la nación en el mercado mundial y local. Su función dedicada a formar recursos humanos para la sociedad y el desarrollo, hace promover los adelantos de la ciencia, del arte y de la tecnología.

De estas reflexiones, se desprenden modalidades que suponen poner al estudiante en relación con el mundo de la ingeniería, a partir de los programas de estudio o la práctica industrial-empresarial.

Las respuestas de la educación superior en un mundo que se transforma, deben guiarse por tres criterios que determinan su jerarquía:

- Pertinencia
- Calidad
- Internacionalización.

El criterio de calidad y pertinencia de la universidad se refiere a que dicha institución social satisfaga como un todo, en los procesos y productos, las expectativas de la sociedad en cuanto a la formación de recursos humanos, el desarrollo económico y social de carácter local y nacional, el avance del conocimiento científico y tecnológico.

El currículo tiene un papel importante en la calidad de la educación superior, su relevancia está dada en la medida que exprese en lenguaje pedagógico, la expectativa social en cuanto a las capacidades que son necesarias desarrollar en el estudiante para formar un profesional competitivo en un mercado de constante cambio.

El currículo, como proceso, tiene su propia dinámica que responde a sus leyes internas y a las condiciones socio-culturales del medio. El diseño curricular, aunque tiene personalidad propia, forma parte de la ciencia pedagógica, como una rama de la misma.

El diseño curricular ha pasado por ciertas etapas, pero no se debe confundir o identificar con el proceso profesor-educativo, ni con la teoría que lo estudia, el diseño curricular responde a la didáctica. El proceso profesor-educativo es aquel mediante el cual se contribuye a formar las cualidades de la personalidad del sujeto que se desempeñará como profesional.

### **1.7.1 Fundamentos del Diseño Curricular Básico para la enseñanza de Tecnología en estudios universitarios**

El proceso del Diseño Curricular de la Educación Superior Tecnológica, es el resultado de la integración de muchos aportes de diversas corrientes psicopedagógicas, realizados a lo largo del tiempo. Por tanto, es importante conocer los rasgos más importantes de estas corrientes para poder entender su influencia en el actual Diseño Curricular de Enseñanza Tecnológica. A continuación, se hace referencia a los principales enfoques.

#### **El enfoque cognitivo**

Surge a comienzos de los años sesenta y describe cómo la teoría que ha sustituido a las perspectivas conductistas que habían dirigido hasta entonces la Psicología. Todas sus ideas fueron aportadas y enriquecidas por diferentes investigadores y teóricos, que influyeron en la conformación de este paradigma, tales como: Piaget y la psicología genética, Ausubel y el aprendizaje significativo, la teoría de la Gestalt, Bruner y el aprendizaje por descubrimiento y los aportes de Vygotsky, sobre la socialización en los procesos cognitivos superiores y la importancia de la "zona de desarrollo próximo", por citar a los más reconocidos.

Este enfoque, plantea que el estudiante es un sujeto activo procesador de información, que posee competencia cognitiva para aprender y solucionar problemas; dicha competencia, a su vez, debe ser considerada y desarrollada usando nuevos aprendizajes y habilidades estratégicas.

El profesor parte de la idea de que un estudiante activo que aprende significativamente, puede aprender a aprender y a pensar. El profesor se centra especialmente en la creación y la organización de experiencias didácticas para lograr esos fines. No debe desempeñar el papel protagónico en detrimento de la participación cognitiva de los estudiantes.

### **El paradigma histórico-social**

Llamado también paradigma sociocultural o histórico-cultural, fue desarrollado por L.S. Vigotsky a partir de la década de 1920.

Para los seguidores del paradigma histórico-social: "el individuo aunque importante no es la única variable en el aprendizaje. Su historia personal, su clase social y consecuentemente sus oportunidades sociales, su época histórica, las herramientas que tenga a su disposición; son variables que no solo apoyan el aprendizaje sino que son parte integral de él". Estas ideas lo diferencian de otros paradigmas.

Una premisa central de este paradigma, es que el proceso de desarrollo cognitivo individual no es independiente o autónomo de los procesos socioculturales en general, ni de los procesos educacionales en particular. No es posible estudiar ningún proceso de desarrollo psicológico, sin tomar en cuenta el contexto histórico-cultural en el que se encuentra inmerso, el cual trae consigo una serie de instrumentos y prácticas sociales históricamente determinados y organizados.

Desde esta corriente el estudiante debe ser entendido como un ser social, producto y protagonista de las múltiples interacciones sociales en que se involucra a lo largo de su vida escolar y extraescolar. El profesor debe ser entendido como un agente cultural que enseña en un contexto de prácticas y medios socio-culturalmente determinados, y como un mediador esencial entre el saber sociocultural y los procesos de apropiación de los estudiantes.

Así, a través de actividades conjuntas e interactivas, el profesor consigue que el estudiante se apropie de los conocimientos, gracias a sus aportes y ayudas estructurados en las actividades educativas siguiendo cierta dirección intencionalmente determinada.

El profesor deberá intentar en su enseñanza, la creación y construcción conjunta de la Zona de Desarrollo Próximo, por medio de la estructura de sistemas flexibles y estratégicos.

### **El Constructivismo**

Es una posición compartida por diferentes tendencias de la investigación psicológica y educativa. Entre ellas se encuentran las teorías de Piaget (1952), Vygotsky (1978), Ausubel (1963), Bruner (1960), y aun cuando ninguno de ellos se denominó como constructivista, sus ideas y propuestas claramente ilustran las ideas de esta corriente.

El constructivismo es en primer lugar una epistemología, es decir, una teoría que intenta explicar cuál es la naturaleza del conocimiento humano. El constructivismo,

asume que nada viene de nada. Es decir, que conocimiento previo da nacimiento a conocimiento nuevo

El constructivismo sostiene que el aprendizaje es esencialmente activo. Una persona que aprende algo nuevo, lo incorpora a sus experiencias previas y a sus propias estructuras mentales. Cada nueva información, es asimilada y depositada en una red de conocimientos y experiencias que existen previamente en el sujeto. Como resultado podemos decir que el aprendizaje no es ni pasivo ni objetivo, por el contrario es un proceso subjetivo que cada persona va modificando constantemente a la luz de sus experiencias (Abbott, 1999).

En este proceso de aprendizaje constructivo, el profesor cede su protagonismo al estudiante quien asume el papel fundamental en su propio proceso de formación. Es el estudiante quien se convierte en el responsable de su propio aprendizaje, mediante su participación y la colaboración con sus compañeros.

Para esto se deberá automatizar nuevas y útiles estructuras intelectuales que le lleven a desempeñarse con suficiencia no sólo en su entorno social inmediato, sino en su futuro profesional. Es el propio estudiante quien habrá de lograr la transferencia de lo teórico hacia ámbitos prácticos, situados en contextos reales.

Es éste el nuevo papel del estudiante, un rol imprescindible para su propia formación, un protagonismo que es imposible ceder y que le proporcionará una infinidad de herramientas significativas que para poner a prueba su propio futuro. Dos de los autores más importantes que han aportado más al constructivismo son Piaget con el "constructivismo psicológico" y Vigotsky con el "constructivismo social".

### **La Modificabilidad Cognitiva Estructural (MCE)**

Es una teoría desarrollada por el profesor Reuven Feuerstein, quien estudia la manera en la que el individuo obtiene y procesa la información: cómo la adquiere, codifica, almacena y la usa más tarde, generalizándola a otras situaciones.

Los fundamentos de esta teoría se encuentran en el paradigma constructivista de la educación, los aportes de la psicología cognitiva y la teoría humanista del aprendizaje.

Los principales postulados de la MCE son: el ser humano como ser cambiante, el ser humano como susceptible a cambios significativos, el concepto dinámico de inteligencia y el papel del entorno.

#### **1.7.2 Características, fines y objetivos de la Enseñanza de Tecnología en Estudios Universitarios**

La Educación Superior Tecnológica, debe formar personas calificadas en el manejo y conocimiento de los procesos tecnológicos de los diferentes sectores productivos, supone además, acrecentar capacidades como pensar creativa y críticamente, tomar decisiones en la solución de problemas, capacidad de aprendizaje, capacidad de pensamiento práctico, capacidades de organización, creatividad, responsabilidad, liderazgo y valores para participar de manera eficiente en el desarrollo de la economía nacional.

Asimismo, debe posibilitar a los graduados, el desarrollo de capacidades que les permitan su inserción en el mercado laboral, de manera dependiente o utilizando elementos de gestión empresarial, con actitud y capacidad emprendedora. Este nuevo contexto, exige cambios en la forma de gestión de los centros de formación, en base a

un trabajo conjunto entre los agentes educativos y el entorno productivo, constituyendo así un equipo comprometido con los lineamientos y metas educacionales y los requerimientos de este entorno.

En función a lo descrito anteriormente, los rasgos que caracterizan a la Educación Superior Tecnológica son:

a) Desempeño profesional competente

Formar personas que respondan a las necesidades de un trabajo productivo de calidad, desarrollando capacidades para el manejo tecnológico con eficiencia y responsabilidad incorporando aspectos de actitud e instrumentales que permitan el trabajo en equipo, capacidad de aprendizaje, tomar decisiones con rapidez en situaciones de presión o contingencia, ser polivalente.

b) Mayor movilidad y adaptabilidad laboral

Formar profesionales técnicos altamente calificados capaces de responder a los distintos requerimientos a lo largo de su vida profesional; que impulsen la reconversión productiva de las empresas, su inserción en el mercado laboral nacional, e internacional. Personas capaces de actualizarse permanentemente de manera autónoma, adecuarse y responder asertivamente a los cambios tecnológicos y del mercado laboral.

c) Flexibilidad de la formación

Brindar a los distintos beneficiarios de la Educación Superior Tecnológica la posibilidad de adquirir capacidades terminales organizadas en módulos, permitiendo, por una parte, tener opciones de empleo durante su formación, y por otra parte, la posibilidad de reinsertarse en el sistema formativo, si éste fuera el caso.

## **Fines y objetivos**

En términos generales los fines y objetivos de la Educación Superior Tecnológica deberían orientarse a:

- a) Formar personas capaces de lograr su realización intelectual, promoviendo la formación y consolidación de su identidad e integración.
- b) Desarrollar capacidades y habilidades para vincular la vida del graduado con el mundo del trabajo, con la capacidad para afrontar los cambios en la sociedad y el conocimiento.
- c) Formar profesionales que respondan a las demandas del sector productivo y a las oportunidades de trabajo, que se inserten en el mercado laboral y/o generen empresas que compitan con éxito en el mercado.
- d) Formar personas emprendedoras capaces de poner en práctica iniciativas empresariales competitivas en cualquier sector.
- e) Propiciar la articulación fluida y permanente del sistema de formación con el mundo del trabajo.
- f) Realizar investigación tecnológica para mejorar los productos y los procesos de producción de las empresas, posibilitar y promover su desarrollo e incorporación con éxito al mercado.

- g) Promover la calificación de los recursos humanos, brindando una formación de calidad, pertinente, de amplia cobertura, con capacidad de respuesta a las necesidades de individuos y empresas; creando, entre quienes participan, hábitos y actitudes que les permitan incorporarse en procesos de formación permanente.

### **1.7.3 Diseños curriculares tradicionales para la enseñanza de tecnología**

Aunque a lo largo de los últimos años, en el proceso de enseñanza de tecnología, se han buscado alternativas metodológicas para recuperar el espíritu y filosofía reclamado por los tecnólogos: “enseñar a los estudiantes a que aprendan a pensar” (Beltrán, 2006), este proceso no ha logrado establecer una metodología para la identificación de contenidos para la enseñanza de asignaturas de carácter tecnológicas en carreras universitarias.

Las mencionadas asignaturas deberían actualizar sus contenidos en función de las demandas del mundo real para el que se preparan académicamente a los estudiantes; en otras palabras las asignaturas deben ser configuradas para lograr la mayor aproximación a situaciones laborales reales.

Puesto que la tecnología es algo más que la aplicación de descubrimientos científicos a las necesidades sociales; la tecnología implica un cuerpo estructurado de conocimientos, relacionados entre sí y orientados a unos objetivos.

A diferencia de la Ciencia, no tiene como finalidad el establecimiento de modelos ideales de la realidad, ni la aproximación a la verdad.

Sus objetivos se orientan a mejorar, e incluso optimizar, los logros de las actividades técnico-prácticas. Sus productos finales no son un mejor conocimiento de la realidad teórica, sino “una máquina, un edificio, un artefacto o un proceso de cualquier tipo”.

El diseño curricular de carreras con asignaturas de contenidos tecnológicos implica el aprendizaje de la tecnología, asociada con el desarrollo de un conjunto de capacidades básicas tales como:

- El pensamiento crítico.
- La creatividad.
- La capacidad de iniciativa.
- La resolución de problemas.
- La evaluación del riesgo.
- La toma de decisiones.
- La gestión constructiva de los sentimientos.

La universidad tradicional (Ver Figura 1-12) se basa en tres pilares fundamentales para el diseño curricular: la docencia, la investigación y la extensión (como una expresión de la relación con la sociedad).

Con respecto a los contenidos estructurales de cada asignatura, cada universidad produce, programa y distribuye un contenido.



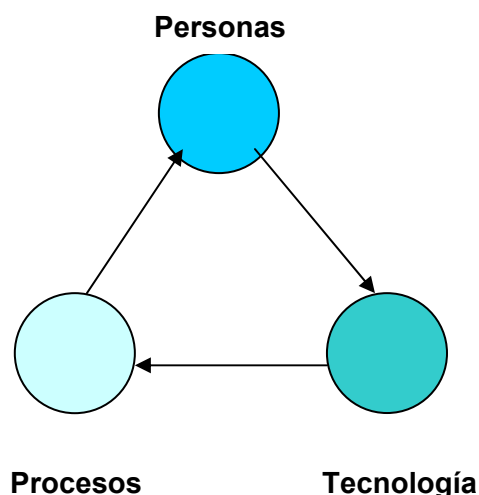


Figura 1-12. Modelo tradicional para Diseño de Contenidos. Fuente: Baeza 2000

Actualmente, el diseño de contenidos para la enseñanza de tecnología en carreras universitarias del sistema educativo español, hace uso del modelo: Personas - Procesos - Tecnología (Ver Figura 1-13). Modelo en el que relacionan los tres elementos involucrados: personas, procesos y tecnología (Baeza, 2000).

Sin embargo, este modelo no considera los lazos de unión entre los elementos, ni su interpretación en el mundo externo al contexto académico. En este sentido, el Proceso de Bolonia, identifica a las interrelaciones y la visión dual entre: Mercado, Industria y Universidad.

Por ejemplo, aplicando esta nueva interpretación, la ciencia de la computación está centrada en la tecnología, mientras que el área de los sistemas de información está centrada en los procesos. Cabe destacar que el valor añadido de este modelo reflexiona el efecto que causa un elemento sobre otro y viceversa: cómo afecta la *Tecnología* a las *Personas* y también cómo impactan las *Personas* a la *Tecnología*.

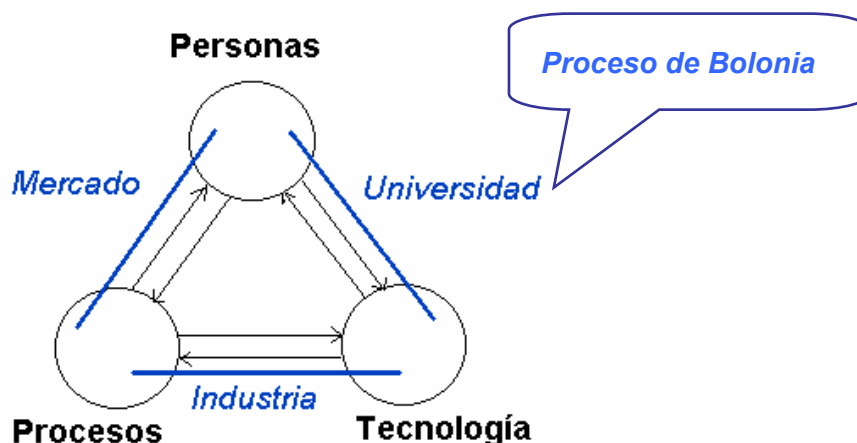


Figura 1-13. Modelo actual para Diseño del Contenido.

### **1.7.4 Características básicas del Currículo para la enseñanza de tecnología en estudios universitarios**

Las siguientes son características que tipifican al currículo (Area, 2006), lo hacen coherente con los fines y objetivos educativos y pertinentes con el contexto demandado por el sector productivo.

#### 1. Sistemático

Reúne una serie de procesos o actividades de aprendizaje (investigación, exposiciones, seminarios, prácticas, pasantías, etc.) organizadas y programadas de forma secuencial, asegurando la congruencia con todo el sistema educativo.

#### 2. Coherente

Existe correspondencia entre los diferentes elementos curriculares, así como con la programación de los módulos, la administración de los recursos y la infraestructura.

#### 3. Flexible

Es susceptible de permitir los ajustes necesarios a cualquier nivel en la búsqueda de la pertinencia social, a fin de adaptarse a las necesidades cambiantes del entorno productivo, a las posibilidades del centro de formación y a los intereses de los estudiantes, previa determinación de la validez interna y externa durante su proceso de diseño, desarrollo o instrumentación, ejecución y evaluación.

#### 4. Integral

Articula a los sujetos, los elementos y procesos que intervienen en la acción educativa y logra una formación equilibrada, con el aprendizaje de un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores dentro de una concepción de desarrollo humano; facilita la adquisición de las competencias tecnológicas y genéricas para ejercer un buen desempeño profesional y personal, asimismo propiciar el desarrollo local regional y nacional.

#### 5. Funcional

Se organiza en módulos afines, que habilitan gradual y progresivamente al estudiante para la ejecución de funciones y tareas productivas, posibilitando su inserción al mercado laboral incluso antes de haber concluido los estudios.

#### 6. Práctico

Propicia las experiencias de aprendizaje directamente relacionadas con la formación tecnológica, enfatizando los aspectos de aplicación práctica de la carrera.

#### 7. Terminal

Está diseñado para ofrecer las experiencias de aprendizaje necesarias para garantizar el desempeño de funciones de planificación, organización, ejecución y de supervisión del proceso productivo; en los niveles correspondientes a un orden jerárquico ocupacional en el mundo laboral.

#### 8. Vinculado a la Producción Regional

Los contenidos y actividades de enseñanza y aprendizaje se planifican a partir de las características del entorno productivo regional expresado en el Perfil Profesional; así mismo del conocimiento de los recursos y tecnologías locales, a fin de aprovecharlas y difundirlas para la solución de problemas de carácter productivo y tecnológico.

## **Perfil Profesional**

El Perfil Profesional diseña las actitudes de las personas, describe las funciones que realiza una persona al desempeñarse de manera eficiente en un contexto laboral específico de acuerdo a criterios de calidad definidos por el sector productivo a través de la competencia general.

Se elabora con el aporte de este sector y sirve para definir la formación que acredita al título profesional correspondiente. Se caracteriza por la polivalencia, que implica el conocimiento y manejo más amplio de una determinada área profesional que permita a una persona cambiar de puesto de trabajo y adaptarse a los cambios tecnológicos y organizacionales que puedan producirse a lo largo de su vida laboral.

El Perfil Profesional es el referente para la elaboración de la oferta de formación mediante los módulos correspondientes a cada título o carrera profesional, se organiza en torno a los siguientes elementos: Competencia General, Capacidades Profesionales, Unidades de Competencia, Realizaciones, Criterios de Realización y Dominio Profesional.

## **Plan de Estudios**

El Plan de Estudios responde a las exigencias establecidas en el perfil profesional. El que se propone para la Educación Superior Tecnológica es modular y tiene los siguientes componentes: Formación General, Investigación y Formación Tecnológica, integrado con la Práctica Profesional y Tutoría (Area, 2006, Universidad de La Laguna-Canarias).

### **1. Formación General**

La formación general proporciona las bases científicas y humanísticas, desarrolla un conjunto de competencias individuales y sociales que sirven para potenciar la capacidad de actuar con eficiencia y sentido ético en todas las esferas de la vida, de situarse en el contexto social y económico para responder a las demandas de una sociedad cambiante, de realizar investigaciones e innovaciones tecnológicas que permitan la solución de problemas del proceso productivo, de comprender y adaptarse al incesante avance de la ciencia, la tecnología y aportar significativamente a la construcción de una sociedad más justa, democrática y desarrollada.

### **2. Formación para la Investigación**

La propuesta de lograr capacidades emprendedoras, ser competentes, sólo es posible con el manejo de información que, originalmente significa captar los vestigios e identificar el orden y la relación que guardan entre sus elementos intrínsecos y éstos con el contexto de aplicación y utilización racional en un enfoque de desarrollo local, regional y nacional.

Esto se consigue mediante el desarrollo de la investigación, la que debe ser fundamentalmente práctica mediante la realización de investigación tecnológica que proponga como resultado, la solución a cualquier problema identificado previamente en la labor diaria y utilizando la metodología adecuada.

La formación para la investigación se desarrolla desde el inicio del proceso formativo, por tanto su ejecución debe ser programada a lo largo del itinerario formativo, a fin de garantizar que el estudiante logre desarrollar las capacidades previstas y pueda presentar el informe final con los resultados de su investigación.

### 3. Formación Tecnológica

El componente de formación tecnológica se refiere a la formación propiamente dicha de la carrera y requiere de un conjunto de aprendizajes comunes a todas ellas, y otros de formación exclusivamente de cada carrera. En el primero se utilizan los módulos transversales y en el segundo, los módulos profesionales.

Los módulos transversales están conformados por la Tecnología de Base, Idioma extranjero, Gestión Empresarial, Formación y Orientación Laboral y Relaciones con el Entorno del Trabajo.

Los módulos profesionales son específicos de cada carrera, están asociados a una unidad de competencia, son terminales y susceptibles a créditos académicos. Abarca el mayor porcentaje de la Formación Tecnológica.

### 4. Práctica Profesional

La práctica profesional es el ejercicio de las capacidades durante el tiempo de estudios en forma secuencial y en una situación real de trabajo, ejecutando tareas desde las más simples hasta las más complejas, aplicando los distintos conocimientos y teorías desarrollados en los módulos.

Tiene carácter formativo y pone en evidencia las capacidades adquiridas en el proceso de aprendizaje. Asimismo, busca complementar la formación específica desarrollando habilidades sociales y personales relacionadas al ámbito laboral, vinculadas a un sistema de relaciones laborales y organizacionales de la empresa, es obligatorio aprobarla en cada módulo y constituyen un requisito para las certificaciones modulares progresivas y la Titulación.

Pueden desarrollarse durante la formación definiendo los momentos de su realización de acuerdo a las necesidades formativas de cada módulo y de la carrera, así como a las características del sector productivo al que pertenece. La correspondiente norma establecerá las pautas para su realización.

### 5. Tutoría

La Tutoría comprende el acompañamiento y orientación a los estudiantes durante su permanencia en la institución a fin de mejorar su aprendizaje mediante la identificación de sus problemas, potencialidades y limitaciones para brindarles las orientaciones psicopedagógicas adecuadas, las orientaciones para lograr su inserción laboral y desarrollo profesional, así mismo contribuir con la solución de sus problemas de carácter interpersonal. Se realiza en horario extracurricular, durante el desarrollo de toda la carrera profesional.

## **1.8 Metodología DACUM: la más empleada para Diseño Curricular de carreras tecnológicas**

DACUM (siglas de abreviatura que corresponde a Diseño de Actualización del Currículo) es un método de análisis ocupacional efectivo y de bajo costo, basado en los conceptos de Robert Norton<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Robert Norton es el actual Director del Programa DACUM (abreviatura del inglés Developing a Currículo)/SCID del Centro de Educación y Entrenamiento para el Trabajo y Empleo de la Universidad del Estado de Ohio.

La metodología de educación basada en competencias usando el método DACUM, nace de la validación del perfil. Se centra en la selección de tareas, desde el punto de vista académico, cuyo objetivo es conformar redes curriculares y alcanzar competencias (unión de varias tareas) y así determinar una especialidad o competencias por niveles.

Las etapas de esta metodología de diseño curricular son cuatro, detalladas a continuación:

#### 1. Fundamentación de la carrera profesional

La primera etapa consiste en la fundamentación del proyecto curricular, la que debe establecer las necesidades del ámbito en el que trabajará el profesional a corto y largo plazo, situando la carrera en una realidad y en un contexto social.

Ya detectadas las necesidades, se analiza si la disciplina es la adecuada para solucionarlas y si existe un mercado ocupacional inmediato para el profesional.

#### 2. Diseño del perfil profesional

Después de una sólida fundamentación de la carrera, es necesario fijar las metas que se quieren alcanzar en relación con el tipo de profesionales que se intenta formar, la segunda etapa es contemplar las habilidades y conocimientos que poseerá el profesional al egresar de la carrera. Para construir el perfil profesional se debe realizar una investigación de conocimientos, técnicas y procedimientos disponibles en la disciplina, los cuales serán la base de la carrera.

Después se determinan las áreas de trabajo, con base en las necesidades sociales, el mercado ocupacional y los conocimientos, técnicas y procedimientos con que cuenta la disciplina. La conjunción de áreas, tareas y poblaciones, implica la delimitación, del perfil profesional, el cual debe contener, enunciados en rubros, los conocimientos y habilidades terminales u objetivos que debe alcanzar el profesional.

#### 3. Organización y estructuración curricular

En esta etapa se enumeran los conocimientos y habilidades específicos que debe adquirir el profesional para que se logren los objetivos derivados de los rubros. Se organizan en base a las áreas de conocimiento, temas y contenidos; para después estructurar y organizar estas áreas de temas y contenidos en diferentes alternativas curriculares. Las alternativas curriculares se encuentran en plan lineal (por asignatura), plan modular y plan mixto. Por último se selecciona la organización curricular más adecuada para los elementos contemplados.

#### 4. Evaluación continua del currículo

La evaluación es considerada como un proceso en el que lo esencial es explicitar los cambios logrados en el comportamiento mediante la instrucción, comenzando con la redacción de objetivos conductuales para el aprendizaje del estudiante y siguiendo por la medición de cambios verificados en el comportamiento hacia dichos objetivos.

La evaluación se reconoce actualmente como uno de los puntos privilegiados para estudiar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El plan curricular no se considera estático, ya que esta basado en necesidades que pueden cambiar y en avances disciplinarios, lo que hace necesario actualizar el currículo de acuerdo a las necesidades y adelantos de la disciplina.

## **1.9 Motivación de la tesis**

Este trabajo abarca el campo de investigación centrado en el diseño de una metodología para sugerir contenidos curriculares dedicados al estudio de la tecnología CIM. Dichos contenidos se aplican en la formación universitaria orientada de ramas o especialidades tecnológicas de implementación industrial.

La novedad de esta tesis doctoral es el propio diseño de una metodología para el diseño curricular inédita, basada en el uso y combinación de varias herramientas que hasta hoy no se habían aplicado de forma integrada. El eje troncal de la metodología emplea dos herramientas: QFD y el Método Delphi, las que se complementan con otras herramientas como diagramas de afinidad, diagramas de jerarquía, proceso analítico de jerarquías (AHP), segmentación de clientes, encuestas, cuestionarios, etc.

La fortaleza de la metodología diseñada es el tratamiento cuantitativo de características cualitativas que permite tratar la información y datos de forma objetiva.

En el pasado, la carencia de una metodología de este tipo, hacía que el diseño curricular se desarrollara de una forma subjetiva, de acuerdo a los criterios de calificación cualitativa y de apreciación de quienes realizaban el diseño. Esto ocasionó que los diseños curriculares, tuvieran una configuración de contenidos con alguna clase de sesgo y por tanto no era sujeto de una estandarización.

Esta tesis doctoral aplicó el diseño al caso de la carrera de Ingeniería Industrial en cuanto el estudio de la tecnología CIM. Para este proceso se tomó en cuenta los criterios y opiniones usuarios de tecnología CIM, fabricantes de equipos o laboratorios para la enseñanza de tecnología CIM, estudiantes y profesores de asignaturas relacionadas con la temática de estudio. De esta forma, se podrán considerar los aspectos más importantes para el proceso de enseñanza y aprendizaje de CIM, desde distintos puntos de vista a fin de conseguir un enfoque integral y completo.

Los aspectos a destacar de este campo de investigación son los siguientes:

- Identificación de los conocimientos, características y habilidades valorados por la industria que implementa tecnología CIM, en estudiantes que estudian carreras tecnológicas aplicadas a la industria.
- Identificación de los conocimientos, características y habilidades valorados por la universidad como aspectos importantes para la formación de estudiantes que estudian carreras tecnológicas aplicadas a la industria.
- Desarrollo de una metodología para la actualización de diseño curricular en base a otras metodologías como el “Despliegue de la función de calidad”, “Delphi”, “Análisis Jerárquico de Procesos” y otros.

Considerando que la enseñanza de CIM es importante en la carrera de Ingeniería Industrial, ya que la tendencia tecnológica de integrar procesos de transformación y de gestión a través de los ordenadores, es cada vez más una realidad. Las industrias que quieran competir en un contexto internacional con eficiencia y productividad, deberán implementar en algún grado la tecnología CIM.

## 1.10 Objetivos

Con el objetivo final de ayudar a dar soluciones a la problemática planteada, esta tesis propone los siguientes objetivos:

1. Desarrollar una metodología que permita sugerir y organizar contenidos curriculares dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM en carreras universitarias de tipo tecnológicas como es la carrera de Ingeniería Industrial.
2. Diseñar una propuesta de contenidos académicos dedicados al estudio de CIM para la carrera de Ingeniería Industrial, a partir de las conclusiones de los requerimientos y criterios considerados en la aplicación de la metodología diseñada. De tal forma que el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos CIM sea adecuado y coherente.
3. Ajustar el perfil profesional del Ingeniero Industrial a las características mejor valoradas por el mercado laboral de las industrias usuarias de CIM (como potencial empleador de futuros profesionales).
4. Contribuir a incrementar el grado de empleabilidad del futuro graduado de Ingeniería Industrial, en entornos industriales usuarios de tecnología CIM. De esta forma, los conocimientos, habilidades y características desarrollados por estudiante se corresponderán al perfil profesional valorado por la industria empleadora.
5. Posibilitar que la industria usuaria de CIM contrate profesionales que se adapten a sus requerimientos de formación ya que la incorporación de personal con este perfil repercutirá positivamente en la eficiencia y mayor rentabilidad.

Para lograr estos propósitos y como consecuencia de los problemas planteados en los acápite anteriores, se proponen los siguientes objetivos particulares:

- Desarrollar un procedimiento sistemático para:
  - Definir y formalizar explícitamente los aspectos que deberían considerarse en el diseño de los contenidos de enseñanza en cuanto a tecnología CIM se refiere.
  - Definir y formalizar explícitamente la información relevante de los procesos relacionados a la fabricación integrada por ordenador, que puedan afectar al diseño curricular de los estudios.
  - Hacer explícitas las relaciones relevantes entre la información del diseño curricular y la información de la tecnología de fabricación integrada por ordenador; de forma que ayude a seleccionar la información realmente importante.
- Probar y aplicar la metodología en un caso real.
- Elaborar una propuesta de contenidos de tecnología CIM para los estudios universitarios con contenidos tecnológicos de aplicación industrial.

## **1.11 Plan de desarrollo**

El procedimiento que se ha seguido para el desarrollo de la tesis se detalla a continuación:

1. Análisis
  - Análisis de la importancia y necesidad de la inclusión de contenidos dedicados al estudio de CIM, en contenidos curriculares de la carrera de Ingeniería Industrial.
  - Análisis de los requerimientos o demandas de formación profesional, por parte de la industria usuaria de CIM, a la hora de evaluar perfiles profesionales de futuras incorporaciones en sus empresas. Características mejor valoradas por los industriales.
  - Análisis del dominio de la aplicación de la tesis. Organización de contenidos curriculares dedicados a la enseñanza de las tecnologías de Fabricación Integrada por Ordenador (CIM).
  - Análisis de todos los aspectos importantes para la enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM, desde el punto de vista de profesionales de la educación.
  - Análisis del proceso de diseño de la metodología propuesta: metodologías, herramientas, flujo de información, definición y formalización de la misma.
2. Desarrollo de la Metodología para la actualización de contenidos
  - Definir y formalizar la información disponible sobre CIM (requerimientos de la industria CIM)
  - Definir un procedimiento para identificar los criterios más relevantes para la enseñanza y aprendizaje de CIM
  - Definir y formalizar la información disponible sobre los actuales criterios para la diseño de la propuesta de contenidos.
3. Aplicación de la metodología a un caso real.
  - Obtener y analizar la información necesaria y relacionada con el caso.
  - Desarrollar la metodología y validarla.
  - Valorar los resultados obtenidos.
4. Desarrollo de la propuesta

## **1.12 Medios utilizados**

Los medios que se han utilizado para el plan de desarrollo de esta tesis son los que siguen a continuación:

- Documentación sobre el diseño curricular.
- Software QFD (QFDI-Simposio Virginia)
- Consultas a expertos del sector industrial
- Consultas a expertos del sector académico
- Consulta a profesores que imparten asignaturas relacionadas con la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Técnica Superior IQS



- Consulta a estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Técnica Superior IQS Contenido de la tesis

La redacción de la tesis comprende cinco capítulos, cuyo contenido se describe brevemente a continuación:

### **1.13 Organización de la Tesis**

#### **CAPÍTULO 1: Introducción**

En este capítulo se desarrollan los principales fundamentos teóricos necesarios para sustentar los temas abordados para el estudio de la tecnología CIM y la organización curricular de contenidos (estructura y metodologías) en carreras tecnológicas. Además se expone la motivación de la tesis, sus objetivos, el plan de desarrollo y los medios utilizados

#### **CAPÍTULO 2: Estado del Arte**

Este capítulo se dedica al análisis de la actualidad en cuanto a investigación y propuestas de tres temas en particular que están relacionados conceptualmente en el planteamiento de la tesis: a) La tecnología CIM y su importancia en las industrias del ámbito geográfico nacional, b) El diseño curricular (metodologías, características) para la enseñanza de contenidos tecnológicos a la luz del Proceso de Bolonia y c) Las metodologías para el diseño curricular, que toman en cuenta las demandas de cualificación del mercado laboral.

#### **CAPÍTULO 3: Desarrollo de la propuesta**

En este capítulo se identifica y fundamenta la problemática de la carencia de una metodología de diseño curricular en el que formen parte los denominados “Evaluadores internos y externos”; de forma tal que el perfil profesional al que se orienta la malla curricular se ajuste a salidas o colocaciones laborales reales. Además, se desarrollan las herramientas utilizadas en la construcción de la “Metodología Propuesta” para finalmente, describir las etapas y pasos del nuevo diseño metodológico.

#### **CAPÍTULO 4: Aplicación de la metodología propuesta**

Se podría decir que es el capítulo en el que se centra el aporte al conocimiento y definitivamente es el cuerpo del desarrollo de la tesis. En este capítulo se desarrolla la metodología diseñada a través de su aplicación en un caso de estudio. Para este propósito se ha elegido proponer la organización de contenidos curriculares dedicados al estudio de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS.

Fruto de la aplicación del diseño, se van determinando los resultados por etapas y actividades concretas de la metodología. De tal forma, que al finalizar el capítulo se definen los contenidos curriculares dedicados al estudio de CIM, así como sus características y sugerencias de organización curricular del caso estudiado.

#### **CAPÍTULO 5: Conclusiones**

En este capítulo se pone de manifiesto las conclusiones del aporte real al conocimiento así como la sugerencia de estudios posteriores a partir de este trabajo de investigación.

## 2 ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se estudia la situación actual de los contenidos de enseñanza en carreras universitarias tecnológicas, en cuanto al aprendizaje de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM).

La revisión bibliográfica ha sido analizada desde dos puntos de vista: a) La tecnología de fabricación CIM, su grado de implementación e importancia en la industria local (España) y otras implicaciones y b) El diseño curricular de contenidos que se relacionan con la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial.

Desde esas dos perspectivas, analizaremos cómo estas dos ramas de estudio pueden retroalimentarse en una relación que contribuya al conocimiento científico sobre CIM y por otra parte, que contribuya al diseño de mecanismos para identificar el perfil del ingeniero industrial (profesional llamado a solucionar los problemas de la industria usuaria de CIM).

Los objetivos del Estado del Arte son:

- Analizar el contexto mundial del Desarrollo Curricular, los trabajos realizados sobre diseños curriculares, sus metodologías y/o herramientas utilizadas; en especial en carreras con contenidos tecnológicos; considerando las normativas del Proceso de Bolonia (Ver puntos 2.1 al 2.3).
- Estudiar las herramientas de rigor científico más adecuadas para traducir las necesidades de cualificación del personal en la industria CIM. Asimismo, se estudian los casos de aplicación de la principal metodología (QFD) metodología de referencia y antecedente para la tesis doctoral (Ver punto 2.4).
- Analizar las características de la Fabricación Integrada por Ordenador y su importancia en la industria actual y local (Ver puntos 2.5).
- Analizar los contenidos curriculares y el momento en el que se deben aplicar para la enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial (Ver punto 2.6 y 2.7).

### 2.1 Contexto Mundial para el desarrollo del Diseño Curricular

La revisión bibliográfica de la información que estudia y analiza el contexto mundial en el que se desarrolla el diseño curricular (en términos generales) para esta sección de Estado del Arte, nos muestra claramente que actualmente, el escenario mundial está definido por la globalización<sup>8</sup>.

En este entorno de cambios, se desarrolla la sociedad del conocimiento y el hombre se convierte en el centro de atención, a quien se le demanda un perfil basado en el dominio de capacidades como el pensamiento crítico y creativo.

Estas cualidades son valoradas porque ayudan a tomar decisiones con rapidez, aún en situaciones de presión o contingencia; solucionar problemas, trabajar en equipo, tener

---

<sup>8</sup> Globalización: Fenómeno económico y social caracterizado por la velocidad en las comunicaciones, acelerado desarrollo científico y tecnológico, y un sistema de mercado tanto de productos como servicios alentado por empresas o industrias transnacionales.

capacidad de aprender con rapidez, ser multilingüe o tener múltiples habilidades; se convierten en una ventaja competitiva.

El escenario mundial no sólo demanda el ejercicio pasivo de la mano de obra, sino también el emprendimiento, la producción y la empresa; por ello a las nuevas generaciones no sólo se les debe formar para ocupar un puesto de trabajo, sino fundamentalmente, para propiciar en ellas, la creatividad, capacidad, predisposición y actitud para generar ingresos mediante el fomento de la gestión empresarial.

Esta es una de las principales motivaciones para el desarrollo de esta tesis doctoral, ya que se ha detectado la necesidad de sugerir la estructuración de la enseñanza de contenidos tecnológicos referidos a una temática de actualidad y verdadera importancia para la gestión integral de los procesos de fabricación integrados por ordenador.

Por otra parte, existe un nuevo ordenamiento socioeconómico en el mundo productivo, debido al proceso de globalización de la economía. Las distancias se acortan, ya que la tecnología de las comunicaciones (NTIC<sup>9</sup>) permite no sólo un incremento de la información, sino que ésta sea accesible a todos y se comparta rápidamente. Todo ello ha reestructurado las relaciones entre los países, las empresas (dentro y entre ellas), los clientes, los proveedores y sus entornos.

Son un rasgo positivo, las posibilidades de obtener competitividad y con ella manejar, con mejor posición, las negociaciones comerciales (Duca, 1997). Así, los cambios tecnológicos que se han introducido masivamente en el mundo del trabajo; a partir de la década del ochenta, acompañados de transformaciones y cambios sustanciales de los modelos de producción, dieron lugar a una considerable transferencia de empleo desde determinadas ramas profesionales hacia otras, o entre ocupaciones diferentes, causando el desajuste permanente o temporal de numerosos asalariados. Esto explica la importancia de la formación profesional con múltiples habilidades.

Esta propuesta coincide con la valoración de las cualidades mencionadas anteriormente; tanto en la formación de conocimientos, desarrollo de habilidades o “empoderamiento<sup>10</sup>” de las características personales, en profesionales graduados en ramas tecnológicas relacionadas con la implementación de CIM.

Existe un amplio consenso en torno a la importancia estratégica de la formación profesional, dado que una adecuada formación ayuda al trabajador a conseguir o a conservar su empleo, y por consiguiente, le facilita adaptarse mejor a los cambios, asumiendo nuevas tareas y mejorando su rendimiento. Asimismo, la formación será para el trabajador, una herramienta para desarrollar la calidad de su empleo e incrementar su nivel de vida, condiciones de trabajo y empleo.

---

9 NTIC: Abreviación de Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación. Consideradas como el conjunto de herramientas relacionadas con la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de información y el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software).

10 Empoderamiento: traducción del vocablo en inglés de Empowerment. Se interpreta como el proceso estratégico que busca la relación de socios de una organización y su gente, también se acepta como aumentar la confianza, responsabilidad, autoridad y compromiso para servir mejor al cliente.

## **2.2 Evolución del concepto de Diseño Curricular en España**

Hablar de Currículo implica situarse en un determinado marco sociopolítico, administrativo y cultural. El Currículo, como ya se ha definido en anterior acápite, está fuertemente enraizado en una determinada manera de entender del proceso de toma de decisiones en educación del sistema educativo norteamericano, lo que es difícilmente exportable a contextos nacionales con tradiciones muy distintas (como Francia, país en el que son prácticamente ignorados los estudios curriculares norteamericanos pero de algún modo han incorporado los conceptos pedagógicos clave que articulan dicho campo).

Por esto es difícil comprender cómo España ha adoptado las doctrinas de los estudios curriculares norteamericanos.

En efecto, al comienzo de esta historia, bien puede decirse que lo que en Estados Unidos tenía que ver con el ámbito de lo curricular o relacionado con el currículo, no era otra cosa que lo que en España (Europa central y del sur) se denominaba lo pedagógico.

La historia de este concepto que, en menos de veinte años, pasó de ser un vocablo completamente ajeno al pensamiento pedagógico español a convertirse en el estandarte de la más ambiciosa reforma educativa de la historia española.

### **2.2.1 Década de los Años 70**

El término currículo era un concepto plenamente integrado en la cultura anglosajona, especialmente en la norteamericana, las primeras publicaciones en España son traducciones de autores norteamericanos que en editoriales argentinas publican: “Los Principios básicos del Currículo de Tyler” (1973), “La Elaboración del Currículo” de Taba (1974) y “El mejoramiento del currículo” de Doll (1974). Autores de indudable influencia en su país, pero que sus obras no llegaron a despertar ningún interés especial en España.

La traducción natural de “curriculum” era la de *programa escolar* o incluso *plan de estudios* aunque, según los editores de Paidós, podía también traducirse por *enseñanza*.

Al respecto, Programa y enseñanza, son los dos conceptos clave de la incipiente investigación didáctica española de los años 70 (Moreno, 2003): Programa, en el sentido de documento donde se determinan los objetivos y se seleccionan los contenidos de la educación en un determinado nivel educativo y para una materia o área de conocimiento concreta y Enseñanza, como la actividad intencional tradicionalmente considerada el objeto propio de la Didáctica.

El concepto de programa escolar supuso una auténtica revolución en el mundo educativo español del momento. Hasta 1970, año en que se promulga la Ley General de Educación, habían estado en vigor los Cuestionarios para la Enseñanza Primaria<sup>11</sup>.

En esta década se vive el momento cumbre de los llamados modelos tecnológicos de diseño curricular; se habla de Tecnología didáctica, de Didáctica Tecnológica; la programación de la enseñanza, la formulación de objetivos didácticos, los modelos

---

11 Cuestionarios para la Enseñanza Primaria: elaborados a mediados de los 60 que significaron la primera propuesta seria y sistemática de currículo prescrito en el franquismo

didácticos de planificación *sistemática* de la enseñanza, los modelos tecnológicos de diseño de la instrucción y la formación del profesorado basada en competencias docentes.

### **2.2.2 Década de los Años 80: Transición**

Emerge el currículo como concepto y como campo de estudio con un gran potencial para analizar y comprender la complejidad de la práctica educativa.

El primer libro escrito por un español en cuyo título aparece la palabra currículo es “Teoría de la enseñanza y Desarrollo del Currículo” del autor Gimeno Sacristán, publicado en 1981 y aún hoy ampliamente citado.

El desarrollo curricular se presenta como dimensión o elemento sustantivo de la teoría de la enseñanza y como consecuencia directa, el Currículo como campo de estudio, se superpone a la Didáctica.

En esta década se acepta a desarrollo y diseño curricular como el mismo término, lo que da origen a la confusión característica de toda etapa de transición. Además, se destaca la introducción en España del concepto de “currículo oculto”, metáfora acuñada por la Sociología educativa, que ha supuesto un instrumento teórico clave para la reconsideración crítica del currículo escolar. Mientras que la Didáctica y el Currículo eran considerados dos espacios disciplinares distintos y claramente independientes, subsistía un cierto grado de indefinición y de confusión en cuanto a la relación Didáctica - Currículo.

Finalmente, currículo y lo curricular adquirieron rápidamente un carácter emblemático en el que parecía delimitarse la vanguardia académica y profesional tanto en el área de conocimiento como en el mundo educativo español.

La emergencia del diseño curricular se produjo en España gracias a los trabajos pioneros de Escudero (1984) y González (1987); el análisis de modelos de innovación educativa propuesto por ambos autores constituye en realidad el primer acercamiento sistemático a los modelos teóricos de desarrollo curricular.

### **2.2.3 Los primeros de la década de los años 90**

Este inicio de década estuvo marcado por la eclosión y auge de estudio del currículo.

La definitiva eclosión de los estudios curriculares en España se produce ya a finales de la década de los años 80, siendo el indicador la incorporación de una jerga curricular en el lenguaje político-administrativo de la educación española.

El proyecto de reforma educativa emprendido en aquellos años (MEC, 1989, Cuadernos de Pedagogía, 1989) se centra en el término de currículo.

Por otra parte, el año 1988, el autor Gimeno Sacristán, publica el libro “El currículo: una reflexión sobre la práctica”, obra en el que el currículo se perfila como concepto aglutinador tanto de la teoría como de la práctica pedagógica. El libro de Gimeno representa la mayoría de edad de los estudios curriculares en España y se constituye en el primer tratado sistemático publicado sobre desarrollo curricular. Además, es el primer esfuerzo por reconstruir la tradición y la experiencia educativa españolas.

El Libro Blanco<sup>12</sup> de la Reforma (MEC, 1989) giraba en torno a conceptos, presupuestos y expresiones que hasta entonces eran absolutamente inéditos en los textos legales de la educación española: política curricular, currículo abierto, niveles de concreción curricular, proyectos curriculares de centro, medidas de desarrollo curricular, etc.

El libro de César Coll<sup>13</sup> (1990) titulado “Psicología y Currículo”<sup>14</sup> esboza una aproximación psicopedagógica al currículo escolar, además se refiere por primera vez al modelo de política curricular, que adoptó inicialmente la Generalitat de Catalunya y poco después al Ministerio de Educación.

Por otra parte, el llamado modelo de currículo *abierto* resultaba ser el único políticamente presentable y defendible en el marco de la nueva configuración autonómica del Estado español. Este aportaba una base científica y un discurso ideológico, consistente, que permitía legitimar y reforzar el protagonismo de psicólogos y la Psicología en el diseño de la política curricular y educativa española. Se constituyó así, una vía de progreso para el principal propósito innovador: la integración de los alumnos.

#### **2.2.4 Finales de la década de los años 90**

Estos años que finalizan la década, estuvieron marcados por la decadencia y el silencio del currículo, como señala Moreno Olmedilla<sup>15</sup> (2003). El auge de lo curricular y su consagración por parte de la política educativa del Estado español, tienen consecuencias que nadie había previsto.

En la misma medida en que el auge de los estudios curriculares en España estuvo asociado a una reforma política de la educación, la devaluación de la política sobre

---

12 El Libro Blanco es el primer informe crítico que se produce en España sobre el sistema educativo en su conjunto (1969). El año 1989 se edita una tercera versión del Libro Blanco que prácticamente es el prólogo a la Ley que va a promulgarse un año después (Ley de Ordenación General del Sistema Educativo, LOGSE), es mucho más escueto que el aparecido veinte años antes en lo que se refiere al diagnóstico de la situación y va mucho más directamente a presentar la reforma que se desea implementar.

13 César Coll es doctor en Psicología y catedrático de Psicología Evolutiva y Educativa en la Universidad de Barcelona. Ha promovido y dirigido numerosos proyectos de investigación y estudios relacionados con la implementación e implicaciones del diseño y desarrollo del currículum escolar. Ha participado en el diseño de la reforma educativa española promovida por la LOGSE (1990), especialmente en cuanto al currículum y a sus aspectos psicopedagógicos. Actualmente es Coordinador General del Programa de Doctorado Interuniversitario en Psicología de la Educación organizado conjuntamente por la Universidad de Barcelona, la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Girona, la Universidad Ramón Llull, la Universidad de Lleida y la Universidad Rovira i Virgili.

14 El Libro Psicología y Currículo del autor catalán Coll fue considerado oficialmente como la teoría que ha servido de base para la elaboración del marco curricular de la primera reforma educativa.

15 Juan Manuel Moreno Olmedilla es profesor titular de Teoría e Historia de la Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España.

temas educativos implicó la decadencia del Currículo como campo de estudio. Pronto el estudio del currículo, ya no estaba “de moda” y mucho menos las reformas del currículo; los continuos fracasos han restado credibilidad a ese tipo de estudios.

En todo caso, con estos antecedentes anteriormente reseñados; la experiencia española, confirma que el tratamiento de las metodologías para el diseño curricular, tienen un carácter más político y menos académico para la estructuración de estudios y prácticas.

Por otra parte, su fuerte dependencia ideológica, da lugar a una evolución en la que la tendencia a generalizar aciertos y equivocaciones como desencuentros (entre entendidos en Educación del sector político de izquierda y derecha), no logra su madurez y por tanto, tampoco logra el consenso de una única metodología de diseño curricular.

Como modestos investigadores y académicos en el campo de la Didáctica y el Currículo, a través del desarrollo de esta tesis doctoral, motiva e interesa de manera especial la relación entre investigación educativa y práctica pedagógica (relación interpersonal y profesional entre contenidos teóricos y prácticos) en las aulas y los centros de enseñanza de tecnología relacionada con los conceptos de CIM.

De alguna manera, se pretende encontrar el eslabón entre los mejores contenidos (desde el punto de vista didáctico - académico) de enseñanza tecnológica para el aprendizaje de CIM y las necesidades de formación profesional que requieren las industrias empresariales que han implementado la tecnología CIM.

Sin embargo, era importante conocer las limitantes y posibilidades, en el marco de la legislación local y europea, para sugerir un tentativo diseño curricular para la enseñanza y aprendizaje de un tema tecnológico puntual. Asimismo, el conocimiento de la historia del diseño curricular en España, permite situarse en el contexto pedagógico y político, en el que se debe enmarcar la propuesta dedicada a articular, desarrollar e instrumentar cualquier estudio de variables como:

- a) Las necesidades de formación (analizado por expertos en la docencia universitaria de la rama tecnológica) de estudiantes de ingeniería industrial en tecnología CIM.
- b) Las demandas de un perfil profesional (analizado por expertos profesionales que ejercen en industrias tecnológicas CIM) óptimo para desempeñar trabajos relacionados con CIM necesidades de la industria empresarial.

Es importante este acápite para tener en cuenta que la naturaleza política del proceso de desarrollo del currículo es la causa más visible de la dificultad para normalizar todos los pasos y procedimientos del diseño curricular.

A medida que los sistemas educativos han ido creciendo e incorporando cada vez más ciudadanos, a medida que las relaciones entre los centros educativos y la sociedad se han ido incrementando y haciéndose más complejas, y a medida, que se han multiplicado los grupos y fuerzas de todo tipo; el interés es mayor en controlar qué y cómo se enseña. Lo que hace, aún más importante el estudio de los diseños curriculares.

### **2.3 El Diseño Curricular actual a la luz del Proceso de Bolonia**

El año 1999 en la ciudad italiana de Bolonia se suscribió la Declaración que lleva el mismo nombre. Mediante este acuerdo firmado por veintinueve ministros de educación de los países<sup>16</sup> del entorno Europeo, se inicia un proceso educativo de convergencia.

El principal objetivo de este proceso es facilitar un intercambio efectivo de titulados, así como la adaptación de contenidos de los estudios universitarios a las demandas sociales.

Para implementar el proceso fue necesaria la creación del Espacio Europeo de Educación Superior, que es un ámbito al que se incorporaron países incluso de fuera de la Unión Europea y que serviría de marco de referencia a las reformas educativas que muchos países habrían de iniciar en los primeros años de este nuevo siglo

Algunos de los cambios propuestos más evidentes son:

- Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS, acrónimo en inglés de European Credit Transfer System). Con este sistema se quiere mejorar la comparación y transferencia de los cursos impartidos en cualquier estado europeo. Para calcular la duración de un crédito se enfatiza el tiempo de estudio que tiene que dedicar el estudiante y no el número de horas lectivas.
- Suplemento Europeo al Título. Es un documento que se anexa al título y que describe los estudios cursados para hacer posible una homologación y comparación a nivel europeo.
- Sistema de titulaciones de 2 ciclos. Partiendo del modelo anglosajón, las titulaciones consistirán en un primer ciclo de carácter genérico de 3-4 años de Grado (Bachelor en inglés) y un segundo ciclo de 1-2 años para la especialización, denominado Master.

La puesta en práctica del Proceso de Bolonia en la Unión Europea ha fijado unas nuevas metas para el sistema educativo: (a) Exigencia del cumplimiento de estándares de calidad en los cursos universitarios; (b) La creación de un marco académico para el intercambio de estudiantes y (c) La oportunidad para adaptar y cambiar los procedimientos y las metodologías de aprendizaje-enseñanza.

Sobre el caso particular de la carrera de ingeniería industrial, los planes de estudios deben ser formulados para resolver estos desafíos y poder responder a las expectativas tecnológicas del futuro (Fernández y Teixeira, 2007).

Según el Proceso de Bolonia, la diseño de nuevos planes de estudio debe basarse sobre varias piedras angulares; por una parte el marco jurídico del sistema educativo,

---

16 Los países que forman parte del proceso de Bolonia son: Albania, Alemania, Andorra, Armenia, Austria, Azerbaiyán, Bélgica, Bosnia y Hercegovina, Bulgaria, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Georgia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Moldavia, Noruega, Holanda, Polonia, Portugal, Macedonia, República Checa, Rumania, Rusia, Serbia, Montenegro, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Reino Unido, el Vaticano, Chipre.



por otra parte, la introducción de nuevas metodologías de aprendizaje y finalmente, la consolidación de metodologías ya existentes de experiencias anteriores cuyos puntos fuertes son el mejor cimiento para el nuevo proceso.

Para este propósito, la Comisión Permanente de la Asociación de Directores de Escuelas que imparten Ingeniería Técnica Industrial, realizó una evaluación de las experiencias profesionales respecto a sus carreras, de antiguos estudiantes de ingeniería industrial.

Como resultado se obtuvo un mapeo de las competencias del plan de estudios y una serie de temáticas para propiciar una discusión que finalmente ayude a definir la misión del graduado de ingeniería industrial. Esta misión hace referencia a la capacidad de participar en la creación de procesos a través de la innovación basada tecnología.

Dentro de este contexto, el plan de estudios de ingeniería industrial presenta dos rasgos fundamentales: su vocación para resolver tales metas, considerando que debe tener una sólida formación en física y matemáticas y la capacidad de realizar proyectos en los que demuestren responsabilidad y capacidad de integrar conocimientos.

En el contexto particular de España, el Proceso de Bolonia ha despertado un debate entre los colegios de ingenierías y el Ministerio de Educación y Ciencia. Los especialistas señalan que se requiere una profunda reflexión sobre el desencuentro que ha surgido de la lectura del borrador de un documento del Ministerio preparado para su publicación en el que se decía “el grado sustituirá a los estudios de ciclo corto, de ciclo largo y de segundo ciclo” con lo que podía entenderse que, en cada rama, las profesiones existentes se fusionaban en una sola de cuatro años.

El Ministerio de Educación, sensible ante dicho temor manifestó que las ingenierías de ciclo largo se conservarán y que tendrán cabida en un master con directrices. Aunque a lo largo de los años se ha intentado establecer una forma de paso del ciclo corto al largo, con cursos de adaptación o pasarelas, las soluciones no han resultado satisfactorias ya que las formaciones impartidas son diferentes.

Así, mientras que las enseñanzas en las carreras de ciclo corto son prácticas y encaminadas a proporcionar al estudiante conocimientos de aplicación casi inmediata a la vida laboral, por el contrario, la formación en los primeros años de las carreras de ciclo largo son más generalistas con una formación básica mayor, encaminada a preparar al estudiante para poder afrontar los conocimientos más profundos de la ingeniería.

La ingeniería española cumple los acuerdos de Bolonia y sería suficiente con incorporar el crédito europeo y la adición al título para completar el proceso y estar en una situación similar al resto de los países europeos que plantean los dos niveles para la ingeniería.

La reunión del Consejo Europeo celebrada en Lisboa (Marzo de 2000) dio a la luz una serie de lineamientos conceptuales y metodológicos para el área específica de la educación superior y la enseñanza de ramas tecnológicas. De forma general, se hizo hincapié en el hecho de que todo “ciudadano debe poseer los conocimientos necesarios para vivir y trabajar en la nueva sociedad de la información” y en que “un marco europeo debería definir las nuevas cualificaciones básicas que deben proporcionarse a través de la formación continua: Cualificaciones en materia de las

tecnologías de la información, idiomas extranjeros, cultura tecnológica, espíritu empresarial y habilidades para la socialización”.

Diferentes comisiones y grupos de trabajo desarrollaron, a partir de esta declaración, recomendaciones para apoyar las políticas nacionales de los países miembros, respecto a los diseños curriculares de contenidos tecnológicos en la educación superior.

El fruto de este trabajo fue la publicación de la propuesta (noviembre de 2005) “Recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje tecnológico permanente”. Estas “competencias claves” son aquéllas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personales, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo.

El Espacio Europeo para la Educación Superior ha mencionado que es poco lo que se ha avanzado en relación con estudios más profundos sobre el diseño curricular para carreras universitarias de enseñanza tecnológica; es evidente que a la hora de querer diseñar una asignatura concreta, no existe una metodología sugerida para la identificación u organización de contenidos.

También es importante considerar que en los procesos de actualización de contenidos curriculares, el trabajo se complica, ya que no solo se trata de identificar y organizar contenidos sino también analizar el anterior currículo para estudiar cómo es éste, por qué opera y cómo lo hace. Es fundamental comprenderlo antes de ponerse a diseñar uno nuevo.

Las únicas guías de actuación claras que establece el proceso de Bolonia para el diseño curricular se refieren a la respuesta de algunas preguntas:

- ¿Qué ocurre en el aula?
- ¿Cuáles son las características de la organización académica de la asignatura en particular y sus posibilidades intrínsecas de modificación?
- ¿Cuáles son las ideas del profesor sobre qué y cómo enseñar?

Sin embargo, ningún planificador de currículo puede detallar lo que debería hacer un profesor, ni podría mostrarle cómo hacerlo en su propia clase, pero el Proceso de Bolonia establece algunas guías para mejorar el proceso de innovación curricular. Para el Espacio Europeo de Educación Superior, lo más importante a tomar en cuenta en la innovación del diseño curricular son tres puntos:

1. La innovación curricular nunca es exactamente quitar un currículo y poner otro;
2. No tenemos nunca primero un currículo y luego tratamos de implantarlo: Tenemos un profesor desarrollando un currículo.
3. El currículo no es un concepto es una construcción cultural.
4. Un modo de organizar un conjunto de prácticas educativas. No se puede entender al margen de las circunstancias históricas y sociales en que tiene lugar la enseñanza institucionalizada, ni plantearse el cambio del currículo sin comprender el modo históricamente concreto en que la institución educativa se plantea y resuelve la enseñanza y en que los implicados viven e interpretan la situación y entienden su cometido.

5. Pretender el cambio del currículum tiene que ver con la modificación de una práctica social y no con la sustitución en el estante del profesor de un manual por otro.

Comprender cuál es el papel que juega el currículum vigente en el sistema de enseñanza es fundamental para entender no sólo sus dificultades de cambio sino que el currículum no es un acontecimiento inocente al margen de intereses ideológicos y políticos. Cumple un claro papel dentro de la función social de la enseñanza.

### **2.3.1 Titulaciones de grado de la rama de Ingeniería Industrial**

En el marco del proceso de convergencia del marco común de educación superior en Europa, la Agencia Nacional de Evaluación, Calidad y Acreditación (ANECA) lanzó la III Convocatoria de Ayudas para el Diseño de Planes de Estudio y Títulos de Grado.

Como resultado de este trabajo, en el que intervinieron representantes de las principales universidades<sup>17</sup> e instituciones de España relacionadas con la enseñanza en la carrera de Ingeniería Industrial, se ha logrado un estudio detallado de la situación actual de los títulos que finalmente propone una titulación que: toma en cuenta los puntos fuertes, trata de solucionar los puntos débiles y considera las necesidades formativas de los futuros titulados a la luz de la sociedad actual y su mercado laboral.

Este estudio se constituye en el paso previo al diseño de los planes de estudio particulares de cada universidad, ya que el proceso de Bolonia (ver Figura 2-1) permite la configuración de los contenidos organización de los planes de estudio siempre y cuando tomen en cuenta las consideraciones ya señaladas en el acápite anterior.

El estudio reflexiona de forma particular sobre la cantidad, calidad y estructura general de las titulaciones de Ingeniería Industrial, siguiendo las metodologías propuestas por la ANECA.

En marzo del 2001, más de trescientas instituciones de enseñanza europeas conforman la fundación de la Asociación Europea de la Universidad (EUA), con el objetivo de ser un órgano ejecutor capaz de ayudar a transmitir el mensaje de la Declaración de Bolonia.

---

17 Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Alcalá, universidad de A Coruña, universidad de Burgos, Universidad de Cádiz, Universidad de Cantabria, Universidad de Castilla La Mancha, Universidad Cardenal Herrera CEU, Universidad de Córdoba, Universidad de Extremadura, Universitat de Girona, Universidad de Huelva, Universidad de Jaen, Universidad de La Rioja, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Universidad de León, Universitat de Lleida, Universidad de Málaga, Universidad de Oviedo, Universidad del País Vasco, Universidad de Salamanca, Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Sevilla, Universidad de Valladolid, Universidad de Vic, Universidad de Zaragoza, Universidad Miguel Hernández de Elche, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Pública de Navarra, universitat Rovira i Virgili, Mondragón Unibertsitatea, Universidad de La Laguna, Consejo General de Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, Centro Universitario de La Florida y la Escuela Superior de Diseño de Elisava de la Universidad Pompeu Fabra.

Actualmente, en España, se ha aprobado el 21 de enero de 2005 el Real Decreto 55/2005, mediante el cuál se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los estudios universitarios oficiales de Grado.

Esta aprobación supone para el Sistema Universitario, un importante hito en su adaptación al Espacio Europeo de Enseñanza Superior.

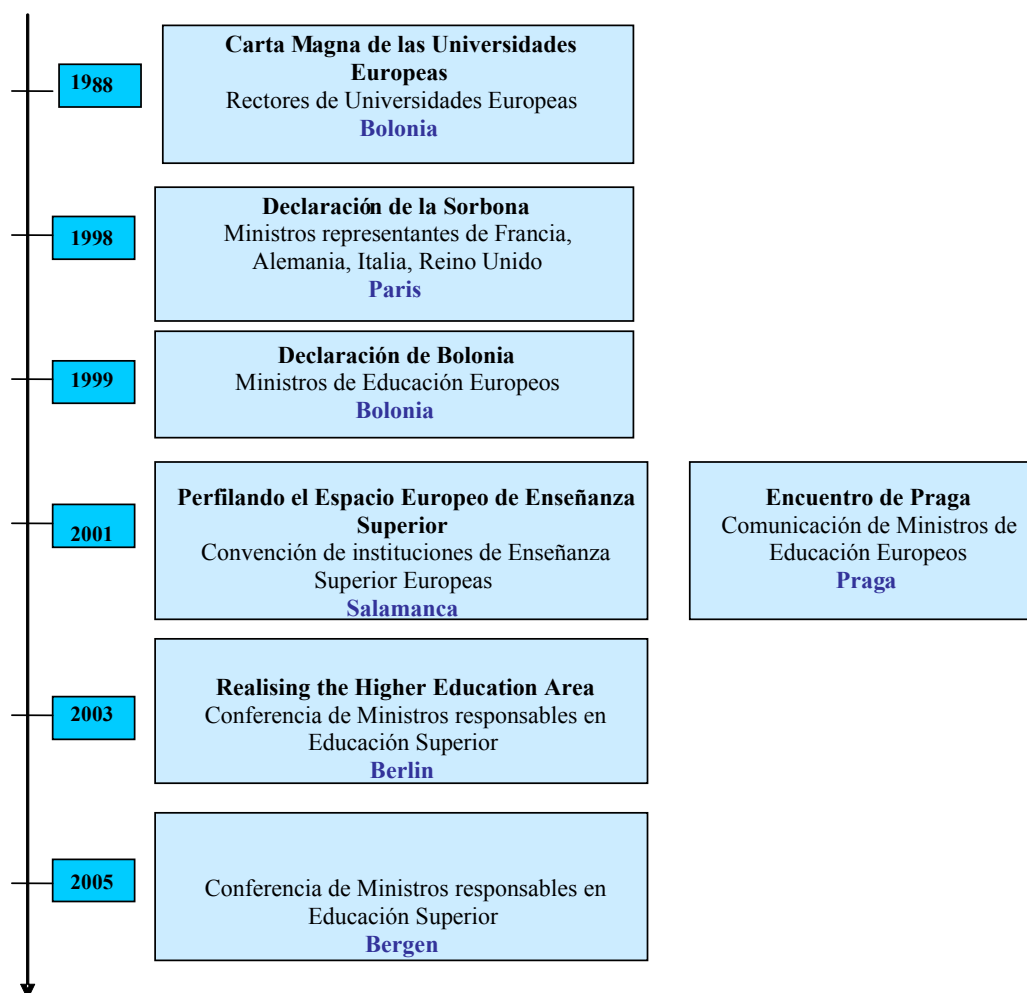


Figura 2-1: Hitos cronológicos del Proceso de Bolonia

### 2.3.2 Tendencias en Educación Superior en el ámbito Industrial en Europa

En Europa se están realizando una serie de transformaciones para la coordinación de los títulos, impulsadas por el Proceso de Bolonia. La reforma en el ámbito español debe considerar el contexto europeo al que debe adherirse, por tanto se deben hablar de tendencias europeas que adoptarán el sistema de titulaciones comparables y con visibilidad basadas en dos ciclos.

El primero de estos ciclos, debe durar un mínimo de tres años y debe cualificar para el acceso al mercado de trabajo. Las asignaturas estarán estructuradas en créditos (ECTS: Sistema de Créditos Europeos).

También se propone la implementación del Suplemento al Diploma o documento que resume el historial universitario del estudiante y explica las competencias adquiridas

de cara al mercado laboral, asimismo persigue incrementar la participación de agentes sociales y promocionar la empleabilidad de los ciudadanos europeos.

Esto se observa desde la escala micro, introduciendo evaluadores externos para los procedimientos de gestión o para las calificaciones de los alumnos. Se estima que en cada estado, entre el 10 % y el 20% de la enseñanza superior está relacionada directamente con la industria. Esto da una idea del por qué la evolución de estos estudios tienen una gran importancia.

Por lo tanto, las ingenierías no deben adecuarse a las actuales universidades, sino que las universidades se deben adecuar a las titulaciones de ingeniería. Del mismo modo, cualquier reforma en el ámbito académico debería ir acompañada de otra paralela en el campo de las instituciones profesionales y de las administraciones correspondientes. No se debe olvidar que siempre se mantendrá un margen de autonomía y libertad a las universidades, aunque la administración les ayude a diseñar sus programas de estudio.

Respecto a la titulación y la estructura de los títulos, los países europeos coinciden en el interés de establecer una estructura de dos ciclos, denominados con los términos ingleses “Bachelor<sup>18</sup>” y “Master<sup>19</sup>”.

Países como Reino Unido, Irlanda, Malta, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Lituania, Polonia, Turquía y Grecia ya tenían esta estructura, otros países como Francia, Bélgica, Croacia, Finlandia, Noruega, Portugal y Serbia pese a tener dos ciclos, deba adaptarlos a los nuevos Bachelor/Master. No ocurre lo mismo con países como Austria, Estonia, Italia, Liechtenstein, Holanda y Rumania; países que han sido incluidos en el Espacio como resultado de la reforma. Por su parte Alemania, Dinamarca, Hungría, Eslovenia, Suiza y España se están preparando para la reforma.

### **2.3.3 Propuesta española de titulaciones elaborada por la ANECA<sup>20</sup>**

Desde 1999, a raíz de la declaración de Bolonia, en Europa se está produciendo un movimiento progresivo hacia el modelo Bachelor-Master. Un informe publicado por la CRUE<sup>21</sup> de 2003, presentaba un cuadro comparativo de cómo se estaban estructurando los estudios en Europa. De este cuadro, los puntos más importantes se refieren a los dos modelos posibles:

- a) Un bachelor progresivo (BP): título terminal con plena relevancia para el mercado laboral.
- b) Un bachelor en un esquema integrado (BI): título intermedio con nivel profesional pleno a ser completado con la titulación del master.

---

18 Bachelor: Es un vocablo de lengua inglesa referido al grado académico equivalente a una licenciatura o diplomatura, dependiendo de cada caso.

19 Master: corresponde a un grado académico de postgrado, obtenido una vez que se han concluido los estudios de licenciatura y suele tener una duración de 1 a 2 años. En la reciente estandarización del sistema europeo de educación superior, corresponde a 2 años de especialización después de 3 años de los estudios de grado.

20 ANECA: Agencia Nacional de Evaluación, Calidad y Acreditación.

21 CRUE: Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas.

Para la ANECA, la sociedad precisa de un nuevo perfil de Ingeniero, cuyas competencias estén en sintonía con los requerimientos de la demanda del mercado laboral, demandas sociales y empresariales; con capacidad de trabajo pluridisciplinar y con movilidad y/o intercambiabilidad con ingenieros de otros países.

En el caso específico de la Ingeniería Industrial, que abarca un amplio campo y cada vez más complejo, acorde a la declaración de Bolonia, propone la existencia de títulos que identifiquen claramente las ramas industriales ya definidas y aceptadas en gran número de los países.

Estos títulos deben basarse en grados que puedan dar cabida a contenidos básicos muy reforzados, con asignaturas que permitan a los titulados una rápida integración en el mundo laboral y una formación “generalista” en materias transversales que faciliten su adaptabilidad a las necesidades de una sociedad exigente.

En la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas del 30 de marzo de 2005, se aprobó el proyecto de títulos de grado, presentado por las Escuelas Técnicas. Sin embargo, en el momento que se concluyó la redacción de la tesis, aún no existía una decisión tomada sobre la estructura de estos estudios y no se sabe aún cómo quedará el panorama de la Ingeniería Industrial y las Ingenierías específicas que son las siguientes:

- Ingeniero en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
- Ingeniero Eléctrico
- Ingeniero en Electrónica y Automática
- Ingeniero en Organización Industrial
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero Químico

Una vez analizados todos estos antecedentes importantes para el estudio del diseño curricular de las carreras universitarias con contenidos tecnológicos, relacionados con la tecnología CIM; tenemos la certeza que en el contexto español, no se ha definido una metodología para el diseño curricular de las carreras anteriormente citadas.

Asimismo, la autonomía y la libertad que tiene cada universidad para preparar sus contenidos académicos, de alguna manera, ha contribuido a la ausencia de la estandarización de metodologías para el diseño y actualización de planes de estudio que expresen y satisfagan las necesidades del mercado laboral y de la investigación científico-tecnológica.

Consideramos que estas son razones suficientes para proponer el diseño de una metodología para sugerir contenidos específicos, tomando en cuenta variables externas importantes como los futuros empleadores.

## **2.4 QFD y su aplicación en el Diseño Curricular.**

A continuación, se estudia la aplicación de la metodología QFD en casos de Diseño curricular; al mismo tiempo se analiza si dicha metodología ha sido aplicada en el caso específico del diseño curricular de contenidos dedicados al estudio de la tecnología CIM.

Para este análisis, se ha desarrollado una revisión bibliográfica de las publicaciones más recientes y relevantes.

### **2.4.1 QFD como Herramienta de mejora y ajuste a los contenidos**

Conocedores de que QFD es un sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes, esta metodología se constituye en una poderosa herramienta que permite entender (a una organización) la prioridad de las necesidades de sus clientes y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua de los productos y servicios en la búsqueda para maximizar su oferta de valor.

Este es el caso de las aplicaciones de QFD orientadas a la reestructuración de aspectos académicos. En estas, las universidades o centros de formación, asumieron el rol de la entidad que oferta el producto o servicio y se preocuparon por escuchar la voz de sus clientes (estudiantes, padres de los estudiantes o empresas que se nutren con los graduados de los mencionados centros de formación), para lo que hicieron uso de QFD como herramienta y metodología.

En particular se estudiarán, los casos de diseño curricular a nivel universitario, ya que un resultado a obtener en esta tesis es el diseño curricular de contenidos relacionados con la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) en carreras universitarias de enseñanza tecnológica.

A continuación, se citan algunas de las experiencias más importantes, que contribuyeron como antecedente a la propuesta del diseño metodológico realizado en la tesis.

### **2.4.2 Aplicación de QFD en casos de diseño de contenidos curriculares tecnológicos**

Con anterioridad a esta tesis, varios autores han estudiado la aplicación de la metodología QFD en diversos temas relacionados tanto con el campo de la ingeniería (diseño, fabricación, producción), como en el campo del diseño curricular o revisión de planes de estudio (carreras tecnológicas). A continuación se describen los casos más importantes, considerados como antecedentes para este trabajo.

#### **Caso del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, Yoji Akao 1996**

Desde el año 1996 se vienen desarrollando trabajos de investigación dedicados a la aplicación de la metodología QFD al estudio de currículos. En ese año el Dr. Yoji Akao (padre del QFD) propone un planteamiento novedoso para poder determinar los roles en un proceso de mejora de calidad del diseño curricular y sus implicaciones en la enseñanza y aprendizaje.

Por primera vez se definen los conceptos de “evaluadores externos e internos” de la educación (Ver Figura 2-2). Para Akao, evaluadores internos son los primeros clientes de un servicio de educación como es el de la formación universitaria.

En este caso, los primeros clientes son los propios estudiantes que se inscriben a la universidad buscando una determinada profesión, de la que esperan vivir en el futuro.

También incluye en este grupo a los padres de los estudiantes, que de alguna manera se sienten responsables de la educación de sus hijos en la etapa superior.

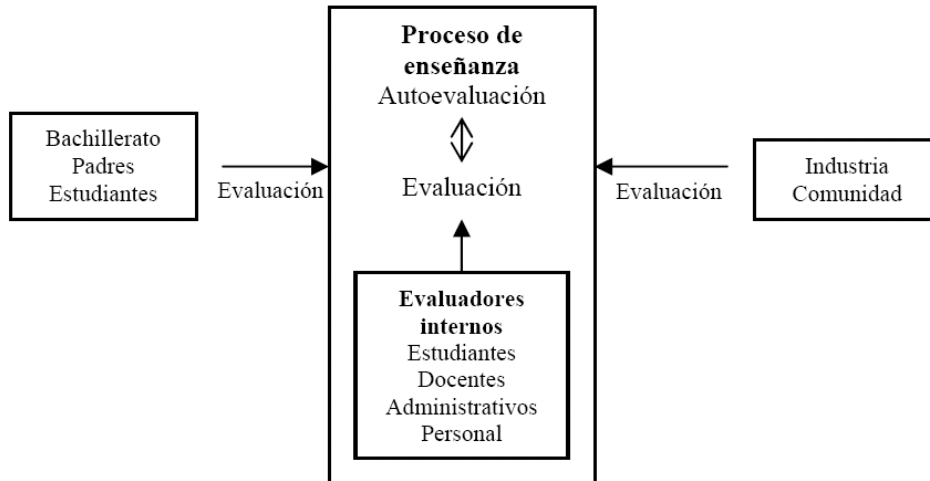


Figura 2-2. Esquema de evaluadores de la universidad según Akao

Por otra parte, los encargados de llevar a cabo el proceso de transformación (bajo un enfoque de sistema) son los profesores, educadores y hasta administrativos. Este grupo de “transformación” tiene especial importancia, ya que de ellos dependerá la correcta interpretación de las necesidades de cualificación del mercado laboral y la satisfacción de las expectativas de los “clientes” o “evaluadores internos” (estudiantes).

Finalmente, el último rol por definir es el de los evaluadores externos, que son los potenciales contratantes de los futuros profesionales; es decir, el mercado laboral.

Este sector es el que da las pautas de formación y contenidos, ya que finalmente las carreras universitarias son una herramienta que sirve para trabajar utilizando de la mejor forma las capacidades y habilidades.

Este análisis es el primer referente de la aplicación de la metodología QFD a estudios dedicados a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

A partir del anterior esquema, y en base a las características de la función de despliegue de calidad; se trasladan los conceptos al primer esquema de una matriz QFD dedicada al diseño curricular (Ver Figura 2-3).

De la misma forma como ya se habían definido las funciones de QFD para el diseño de productos, ahora se busca conocer “Qué” quieren los estudiantes (evaluadores internos), “Cómo” los profesores o la universidad pueden satisfacer estas expectativas (sistema de transformación - transformadores) para finalmente lograr que la formación universitaria sea una herramienta útil para la colocación laboral y el perfil del profesional sea atractivo para el mercado laboral (evaluadores externos).

Para esta tesis, este concepto es muy importante, pues de igual manera, se busca identificar las necesidades de la industria usuaria de CIM (evaluadores externos).

Además de conocer los aspectos que más valora la industria CIM a la hora de contratar Ingenieros Industriales.



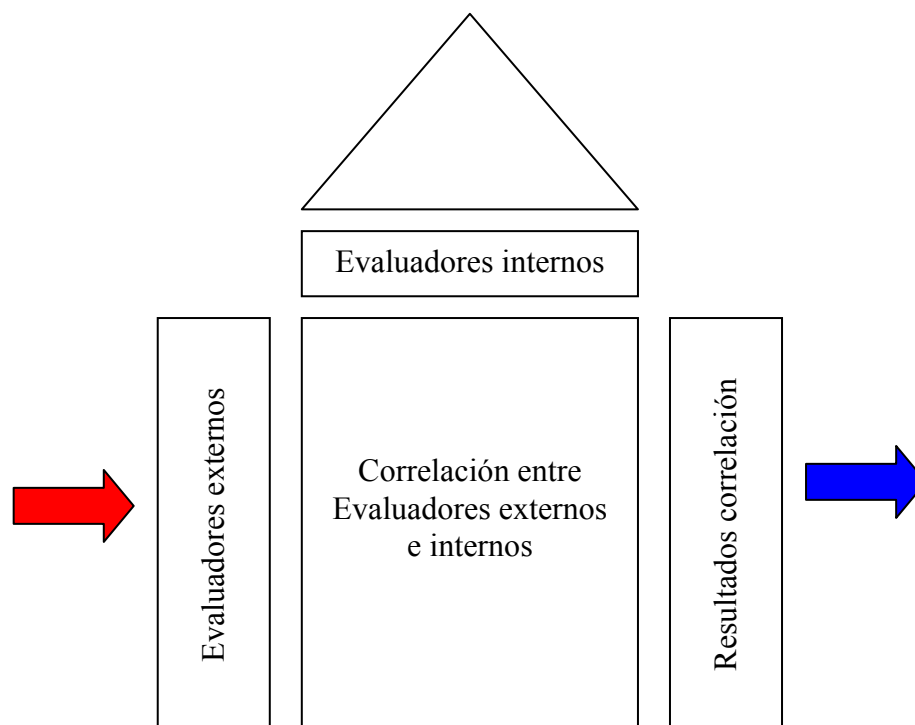


Figura 2-3. Primer esquema QFD para procesos de formación profesional

Por otra parte, el IQS como centro de formación profesional, tiene el objetivo principal de ofrecer a sus estudiantes conocimientos y habilidades que les sean útiles en su futuro laboral inmediato, para lo que deberá tomar en cuenta los potenciales mercados de trabajo para los recién graduados.

### **Caso del Diseño del plan de estudio de Ingeniería Industrial, James Noble 1998**

James Noble, investigador de la Universidad de Missouri, dedicó varios años al estudio de la dificultad de la elaboración de planes de estudios para la enseñanza de disciplinas integradas como las ingenierías. Una de sus principales observaciones y críticas se refería a la gran cantidad de cursos impartidos para asignaturas generales y las escasas asignaturas que resumen, aplican y correlacionen las temáticas en cada curso y a su vez las correlaciones de los cursos entre sí.

James Noble en 1998, publicó los resultados de su investigación sobre el diseño integrado de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial. Al respecto, se refiere a diseño integrado como la convergencia de los objetivos de enseñanza y de los objetivos del estudiante, a través del enfoque y resolución de problemas que simulen situaciones reales de trabajo.

Además de interesantes resultados, es de nuestro particular interés el que este investigador haya empleado la metodología de QFD para determinar sus correlaciones.

La propuesta de Noble se basa en el diseño de cursos terminales de configuración elegida por los estudiantes, según sus áreas de interés.

La ventaja de este diseño es que logra una aproximación al estudio de situaciones reales del ejercicio profesional de la ingeniería, a través de la proposición de cursos

con contenidos correlacionados con las principales prácticas y problemáticas en la ingeniería de fabricación.

Este estudio fue reconocido como el precursor de la exploración de temáticas de diseños integrados en el campo de la ingeniería y el primero en identificar que la falla de los diseños anteriores al suyo, es la carencia de un enfoque integrador que relacione e interaccione el sistema de objetivos de enseñanza y los contenidos de enseñanza en la ingeniería.

En el caso práctico de estudio del autor, identificó todos los componentes necesarios para enseñar el proceso de fabricación y se definieron las interacciones entre estos. De esta forma, se obtuvo el diseño de la actividad de negocios de la organización en la enseñanza de ingeniería de fabricación.

Como resultado de la propuesta de Noble se obtuvo un estudio centrado en el análisis de una misma situación desde muchos puntos de vista; basados en casos reales a los que se deben aplicar soluciones que emplean conocimientos recién aprendidos en las asignaturas o cursos.

Noble aplica la metodología QFD para relacionar los objetivos de enseñanza de Ingeniería Industrial con los objetivos o expectativas del estudiante. Se usan las matrices QFD para analizar las relaciones entre los objetivos del proyecto y las herramientas para la enseñanza de los contenidos.

En la conclusión del estudio realizado por Noble, sugiere la actualización del currículo de ingeniería de fabricación, ya que no se evidencia una correlación entre los objetivos de enseñanza y las expectativas del estudiante.

Por una parte, porque los planes de estudio no potencian la creatividad del graduado y por otra parte, porque el estudiante no asimila al momento de aprender que lo que le enseñan son futuras herramientas de trabajo.

Además recomienda que el cambio debería orientarse al análisis de problemas integrados, desde un punto de vista que enfatice a sistemas y no a componentes. De esta forma, se obtendrá un currículo en el que se integran la educación general (asignaturas base) y los cursos específicos de ingeniería.

### **Caso del Diseño del plan de estudios de TQM, Glenn Mazur 2001**

El año 1996, el actual Director Ejecutivo del Instituto más prestigioso para el desarrollo y estudio de QFD, Glenn Mazur, publica su primer artículo dedicado a la aplicación de QFD como herramienta para el diseño curricular del área de conocimiento de Gestión de la Calidad.

Más tarde, el año 2001 el mismo autor, aplica la metodología QFD para desarrollar el diseño del curso de Gestión de Calidad Total (TQM: abreviatura del inglés Total Quality Management. Mazur traduce las expectativas que los estudiantes tienen de la asignatura ya mencionada en una propuesta de contenidos para el programa de Master en Administración y Negocios (MBA) de la Escuela de Negocios de la Universidad de Michigan.

Este trabajo de Mazur, se basa en los conceptos determinados por Akao sobre el enfoque sistémico del proceso de enseñanza y aprendizaje y lo complementa con metas concretas para resolver un caso de diseño de contenidos de una asignatura para

el estudio de la gestión de calidad. Dicho enfoque ha sido adoptado por su objetividad a tiempo de definir criterios y roles de los clientes y los formadores universitarios.

Pese a que ya han transcurrido varios años, el enfoque sistémico que emplea Mazur tiene total vigencia ya que define a los padres de los futuros graduados y a la industria como evaluadores externos y a los estudiantes, profesores y administrativos como evaluadores internos.

Como resultado se obtuvo el diseño del curso de gerencia de calidad total, ajustado a los requerimientos del mercado para poder ofrecer a los estudiantes conocimientos y habilidades apreciados por los “evaluadores externos” que les otorguen una ventaja competitiva sobre la competencia de profesionales especializados en calidad total.

Mazur aplica el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para ir desagregando como necesidades primarias los periodos de enseñanza hasta ajustar los tiempos a semanas, siendo los parámetros de diseño primarios los contenidos básicos para dichos periodos de tiempo.

Operativamente, la resolución del principal objetivo, se enfoca en la determinación de las capacidades requeridas o valoradas por los empleadores. Esto se logra, a través del tratamiento de la información vertida por los evaluadores, de forma tal que sus respuestas fueron agrupadas en Diagramas de Afinidad (ayuda a estructurar los requerimientos de los clientes).

Después, esta información se jerarquizó mediante el uso de herramientas como el Proceso Analítico de Jerarquía (AHP: abreviatura del inglés Analytic Hierarchy Process). La siguiente fase consistió en trasladar esas necesidades priorizadas de los clientes en habilidades y conocimientos que deberían desarrollar los estudiantes al acabar el curso de Calidad.

Una vez más se recurrió al uso de otra herramienta sugerida por la metodología QFD (Ver Figura 2-4) como es el Diagrama de Espina de Pescado en el que la cabeza o efecto se definió a la “necesidad de formación” y los “conocimientos y habilidades” estaban representando a las causas o espinas del pescado.

Finalmente, la priorización porcentual obtenida después de la interpretación de todas las herramientas (diagramas, AHP, correlación, etc.) fue reflejada en un diseño curricular definido por:

- a) Temas
- b) Contenidos
- c) Actividades
- d) Pruebas

De esta forma, el currículo de la asignatura de Gestión de la Calidad Total se reajustó en base a los resultados del trabajo realizado por Mazur, y de esta forma la Universidad de Michigan ofertaba una asignatura actualizada y que respondía a los requerimientos auténticos de potenciales empleadores de graduados como la compañía Ford Motor, AT&T y otras.

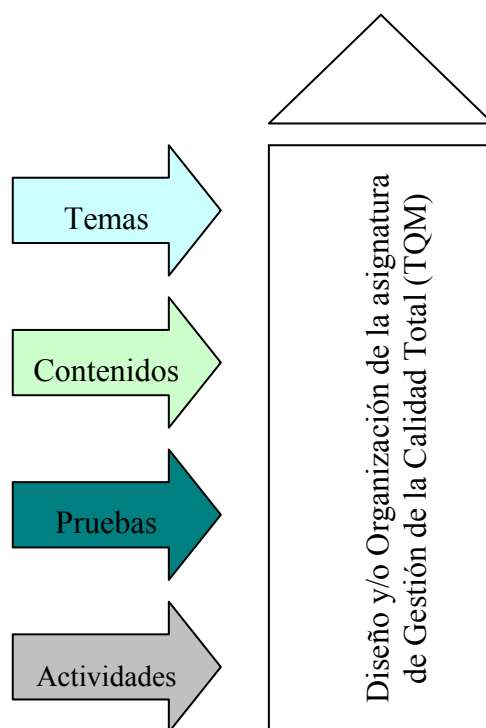


Figura 2-4. Esquema del enfoque de la aplicación de QFD en el diseño curricular

En la presente tesis, se ha considerado este enfoque para poder determinar aspectos referidos a: temas, contenidos y actividades que aseguren la adecuada formación especializada en tecnología CIM, a través del diseño de una asignatura (o grupo de ellas).

Por otra parte, de igual forma que en este caso, la tesis pretende dar una solución al problema de la falta de coordinación entre el sector académico y el industrial en el diseño y/o organización de contenidos dedicados al estudio de temas de tecnologías de fabricación.

### **Caso de Revisión del plan de estudios del departamento de tecnología, Aytak y Deniz 2002**

Otro antecedente interesante es el estudio llevado a cabo por Aytak y Deniz el año 2002, en la universidad Kocaeli de Turquía.

Aytak y Deniz, a solicitud de la principal industria local dedicada a la producción de neumáticos, revisó el plan de estudios del departamento de tecnología utilizando la metodología de QFD.

En este estudio se convocaron a los representantes de las principales compañías industriales y a los representantes del departamento de diseño curricular de la Universidad de Kocaeli, para que plasmen sus opiniones respecto a la correlación actual entre los contenidos curriculares del departamento de tecnología y las demandas de conocimientos específicos de la industria empleadora.

Como parte de la metodología se realizaron entrevistas directas (con un cuestionario predefinido) para identificar las expectativas de los futuros empleadores, dichos requerimientos fueron clasificados en categorías, acotados y priorizados. De esta

forma, las demandas de capacitación para trabajar en la industria se expresaron en características de calidad, mediante la aplicación de la metodología de QFD.

Se analizó también, cuáles eran las implicaciones de realizar el cambio curricular: dificultades técnicas

- a) presupuesto
- b) costo
- c) financiamiento, etc.

Las dificultades o facilidades fueron calificadas en una escala del 1 al 5, escala que ayudó a identificar las prioridades para la intervención.

Una de las principales conclusiones fue demostrar que si la correlación de contenidos curriculares y las demandas del mercado laboral son directas, el recién graduado no tiene problemas de adaptación en los puestos de trabajo, razón por la cual las industrias se interesan en involucrarse en los procesos de formación, ya que el éxito de estos programas repercute favorablemente en la curva de aprendizaje dentro de la empresa; en otras palabras en mayor eficiencia.

Finalmente, el resultado de los cuestionarios se concluye que es necesario proponer un nuevo plan de estudios (cursos, contenidos y duración) que refleje las necesidades reales de la industria de neumáticos, habiendo observado que no había una relación entre las necesidades de los clientes externos (futuros empleadores y alumnos).

De forma particular, este trabajo de investigación ha contribuido bastante a la identificación de objetivos y metas a lograr con la aplicación de la metodología diseñada y propuesta en la tesis.

Se han adoptado, principalmente dos enfoques, el primero es el de acercar la universidad a la industria, debido a la mutua conveniencia de ajustar curvas de aprendizaje al menor tiempo posible para optimizar la eficiencia.

El segundo enfoque adoptado, es el de la forma práctica de utilizar las herramientas de colección de información y clasificación, que además contempla dos grupos diferenciados de fuentes de información: el del sector académico y el del sector industrial.

### **Caso del Diseño del plan de estudio de Ingeniería Industrial y Sistemas, L. Rabelo 2005**

El año 2005, la Universidad de Florida central de Estados Unidos, gana el concurso de méritos para llevar a cabo un proceso de reingeniería del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Este nuevo plan de estudios debería implantarse en todo el sistema educativo universitario de Estados Unidos.

Este grupo de investigación lo dirigieron los doctores Sandra Furterer, Kent Williams, Luis Rabelo y Lesia Crumpton-Young.

La investigación se dividió en seis fases (Ver Figura 2-5)

- Fase 0: Planeación del proyecto
- Fase 1: Estudio del estado actual
- Fase 2: Currículo emergente

- Fase 3: Rediseño curricular
- Fase 4: Estrategia de reclutamiento de personal
- Fase 5: Mediciones y propuesta de mejora

El enfoque de la reingeniería responde a la necesidad de desarrollar un plan de estudios (de la carrera de Ingeniería Industrial) que sea capaz de preparar a los estudiantes para su encuentro con los futuros requerimientos de la industria.

La investigación parte del estudio de las teorías cognitivas de aprendizaje para poder identificar las pautas de qué se debe enseñar (conocimientos) en la Ingeniería Industrial; tomando en cuenta que es una carrera universitaria que cada año aumenta el porcentaje de nuevos graduados y que ellos deben ser líderes de la gestión de los cambios tecnológicos que se dan en la industria.

Siguiendo los fundamentos de la teoría del aprendizaje cognitivo; se trabajó en el desarrollo de cursos, objetivos de cursos y contenidos. Así mismo, el grupo de investigadores de la UCF<sup>22</sup> también se recurrió a la teoría del aprendizaje cognitivo para el desarrollo de estrategias.

Por otra parte, cada una de las fases del diseño de investigación, contribuyó al logro de los objetivos planteados, concentrándose en tareas específicas para las que se recurrió el uso y aplicación de metodologías y herramientas que se describen a continuación:

- Fase 0: Se determinaron e identificaron el plan del proyecto, las metas del proyecto y los objetivos particulares del proyecto.
- Fase 1: Se determinaron los temas de actualidad (a ser considerados en la formación del Ingeniero Industrial) y se identificaron los sectores industriales a nivel nacional. Para estas tareas se utilizaron herramientas para la recolección y tratamiento de información (encuestas, cuestionarios y análisis estadístico de los resultados).
- Fase 2: Se identificaron las carencias o vacíos del currículo mediante el uso de la metodología QFD.
- Fase 3: En esta fase se dedicaron a estudiar el currículo actual frente a las tecnologías usadas por la industria, una vez identificadas las correlaciones se estudió qué estrategias eran las más adecuadas para su enseñanza.
- Fase 4: En esta fase se analizaron las estrategias de reclutamiento de personal que llevan a cabo las industrias para seleccionar e incorporar en sus empresas a ingenieros industriales (ya que este es un objetivo final de las configuraciones curriculares). Además se estudiaron las mejores estrategias para la formación de los estudiantes.
- Fase 5: En esta fase se definieron los indicadores clave de desempeño (KPI: del inglés Key Performance Indicators) del proceso de enseñanza y aprendizaje en cumplimiento con las metas ya definidas en la Fase 0. Posteriormente se cuantificaron los indicadores así como se evaluaron los índices compuestos (CI: del inglés Composite Index) que pondera la calificación del estudiante en

---

22 UCF: abreviación en inglés de University of Central Florida

determinado curso sobre su promedio de calificación acumulado en toda la carrera.

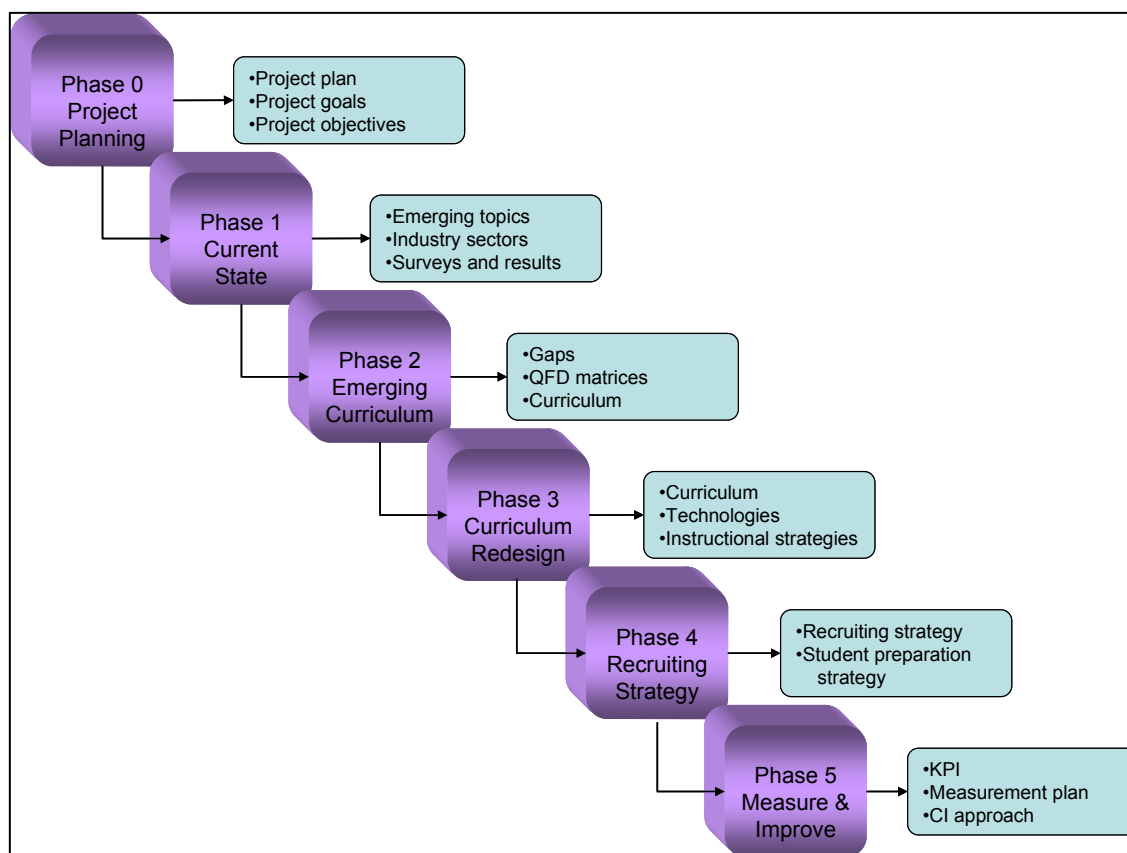


Figura 2-5. Fases de la reingeniería del currículo. Fuente: Luis Rabelo, UCF (2005)

Por otra parte, es de especial interés para la presente tesis doctoral, la aplicación de metodologías para la colección y tratamiento de información, señaladas en la Fase 1. En dicha fase se utilizó, principalmente el método Delphi para determinar el estado actual del currículo y su relación con la industria.

Un primer resultado del método Delphi fue la identificación de características del perfil profesional que las industrias valoran más en sus futuros empleados. Para llegar a estos resultados se conformaron dos grupos de expertos que representaron al sector industrial y al sector académico (responsable de la formación de ingenieros industriales). Las encuestas abarcaron todo el ámbito nacional de los Estados Unidos.

Finalmente, este trabajo ha sido imprescindible para el desarrollo de la metodología que propone esta tesis; ya que inspiró:

- El diseño de la metodología por fases
- Se utilizaron los datos de los resultados de la aplicación del método Delphi sobre las características que la industria valora en sus empleados; ya que la industria de estados Unidos es líder en la implementación de la tecnología CIM y sus pautas interesan mucho para proyectar las tendencias de esta tecnología en España. Toda la información utilizada, fue facilitada por el Dr. Luis Rabelo, quién además colaboró en la dirección de la tesis.

- Aplicación de la metodología de QFD para correlacionar variables de estudio.

### **Caso del Estudio de la relación entre producto/servicio y la universidad, S. Suliman 2006**

La aplicación de QFD también se extendió al continente africano, el profesor S. Suliman (2006) de la Universidad de Barhein, realizó estudios de investigación sobre la relación entre los productos/servicios y el papel de la universidad para lo que aplicó el uso de la herramienta de QFD.

Estas experiencias del profesor Suliman sirvieron para reflexionar sobre el papel de la universidad, como institución formadora de profesionales (que responden a las demandas del mercado laboral). Su principal hipótesis se basa en la mejora que se lograría en términos de eficiencia (industria) y en términos de satisfacción de los estudiantes por haber elegido una carrera de rápida colocación (estudiantes).

La propuesta de Suliman desarrolla un modelo de acercamiento para establecer colaboraciones multidisciplinarias entre la universidad y los mercados laborales emergentes. Los mismos son determinados por los productos y servicios demandados por las industrias en desarrollo o en pleno auge.

No obstante, también toma en cuenta el objetivo de orientar los planes de estudios de las carreras tecnológicas a nuevas tecnologías o tendencias tecnológicas en desarrollo, de forma tal que cuando el estudiante se haya graduado, las tecnologías estudiadas se encuentren en plena aplicación; así se asegurará que el graduado universitario poseerá una calidad de formación similar o equivalente a las necesidades del mercado laboral al que se ha dirigido su perfil.

Suliman, también aplica el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) como la herramienta más idónea para explorar las convergencias entre los requerimientos de la industria y los planes de estudio de especialización tecnológica. Con esta aplicación, se podrán identificar aspectos como la cobertura de los cursos, métodos y estilo de enseñanza.

Aunque no se tiene más información de este autor en fases posteriores a este estudio, ha sido muy interesante adoptar para la presente tesis doctoral el enfoque novedoso de la prospección de mercados laborales de tecnologías en desarrollo, para considerarlo como el potencial mercado laboral de los futuros graduados y de esta forma orientar los diseños curriculares.

También es importante destacar que una vez más se elige a la metodología de QFD para relacionar los diferentes grupos de variables o condicionantes para el desarrollo de diseños curriculares basados en las necesidades de la industria, en este caso.

Por tanto, se consolida más aún la elección de la metodología de QFD, como una de las principales herramientas para traducir los requerimientos (de la industria y de los propios estudiantes) en respuestas o pautas para el diseño curricular de una o varias asignaturas que estudien el uso de la tecnología CIM, en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial (del caso de estudio: IQS).



## **Caso del Estudio del cumplimiento de metas de aprendizaje, Z. Prusak 2007**

Uno de los estudios más recientes sobre el tema de la correlación entre la formación universitaria en tecnología y la industria, es el realizado por el profesor Zbigniew Prusak en el año 2007.

Prusak, doctor y profesor de la Universidad del Estado de Connecticut Central también aplica la metodología QFD para estudiar el aseguramiento del cumplimiento de las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial.

Con la ayuda de QFD logra determinar qué contenidos son los más valorados por los futuros empleadores y en qué nivel de la carrera de Ingeniería Industrial es adecuado dictar estos contenidos.

Recientemente, en los Estados Unidos de América se sigue promoviendo y apoyando las aplicaciones de QFD al sector académico, pues ha sido reconocida por este país, como la mejor herramienta de carácter objetivo y científico para traducir las necesidades del cliente, escuchar su voz e interpretar sus requerimientos en propuestas y soluciones concretas. Específicamente en el área educativa, las autoridades competentes han subvencionado estudios que apliquen esta herramienta y que sirvan para mejorar la calidad de la enseñanza tecnológica. Este es el caso del trabajo realizado por Prusak.

En una primera etapa, se identifican 22 clases de actividades estudiantiles para la enseñanza de contenidos tecnológicos, luego para cada actividad se determina el nivel en el que se aplicará así como los contenidos de enseñanza relacionados.

El grado de relación entre los conocimientos y habilidades requeridas por los empleadores y las características de los cursos, se analizan mediante las matrices de correlación QFD.

Como resultado de este estudio, el autor y su equipo logra identificar las principales habilidades a ser desarrolladas por los estudiantes, que son valorados por sus futuros empleadores, que a su vez corresponden a 10 objetivos priorizados en la enseñanza de asignaturas formales del programa de estudios de Ingeniería Industrial.

Cabe destacar que el estudio enfatiza metas relacionadas con el desarrollo de capacidades como el autoaprendizaje y la mejora continua.

Este trabajo ha aportado el enfoque del cumplimiento de metas de aprendizaje, a la presente tesis doctoral. Y del mismo, se han seleccionado las principales metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial, ya que estas han sido priorizadas en función a los requerimientos que la industria valora en los ingenieros industriales.

Además dadas las características de la industria de ese estado, el análisis de los sectores industriales puede orientar el análisis del sector industrial de España, en temas de tecnologías de fabricación. Por tanto, es un trabajo de investigación de bastante interés que ha sido considerado para el diseño de la metodología propuesta en la tesis.

## **Caso del Diseño curricular en la educación vocacional, Catherine Chang 2007**

El año 2007, Catherine Chang, candidata a doctora en la Universidad Politécnica de Hong Kong, desarrolló una aplicación de la metodología de QFD para configurar el currículo de Ingeniería en Textiles, basada en la educación vocacional.

Esta tesis doctoral ha sido galardonada con el Premio Dr. Yoji Akao 2007, por el amplio tratamiento de la metodología QFD en temas de organización curricular.

La propuesta de Chang, se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Diseño conceptual de la planeación del currículo de la educación vocacional
2. Determinación de la jerarquía de las expectativas de desempeño en las tareas fabricación
3. Priorización de los objetivos respecto a las metas de desempeño de las tareas de fabricación.
4. Ejemplo de procesamiento de la voz del cliente (gerentes de merchandising).
5. Priorización de seis asignaturas dedicadas al logro de los tres objetivos de desempeño de tareas de fabricación.
6. Estudio de la sensibilidad de las seis asignaturas cuando se encuentran con los tres objetivos de desempeño de tareas de fabricación.
7. Sugerencia de contenidos para el diseño del curso de fabricación.

A continuación se desagregan brevemente el desarrollo de cada uno de los pasos:

1. **Diseño conceptual de la planeación del currículo de la educación vocacional**
2. La autora propone un esquema cuya primera parte se enfoca en el análisis de un puesto de trabajo, propuesta que no es novedosa para los educadores de la formación vocacional, como el mejor mecanismo para poder entender las expectativas de desempeño de la industria manufacturera.
3. Además, plantea que para determinar los elementos del conocimiento técnico (requerido para desarrollar tareas) es necesario que los encargados del diseño curricular, entiendan primero las expectativas de desempeño que demanda el puesto de trabajo.
4. Por tanto, el esquema propone una estructura en forma de racimo, cuya cabeza es el puesto de trabajo, del que se desprenden tres ramas que simbolizan las tareas a partir de las cuales se determinan las actividades (Ver Figura 2-6).
5. La segunda parte del esquema resume los requerimientos de desempeño de conocimientos derivados de las demandas de los empleadores, y al mismo tiempo se podrán ir definiendo una serie de habilidades complementarias a los conocimientos mencionados.

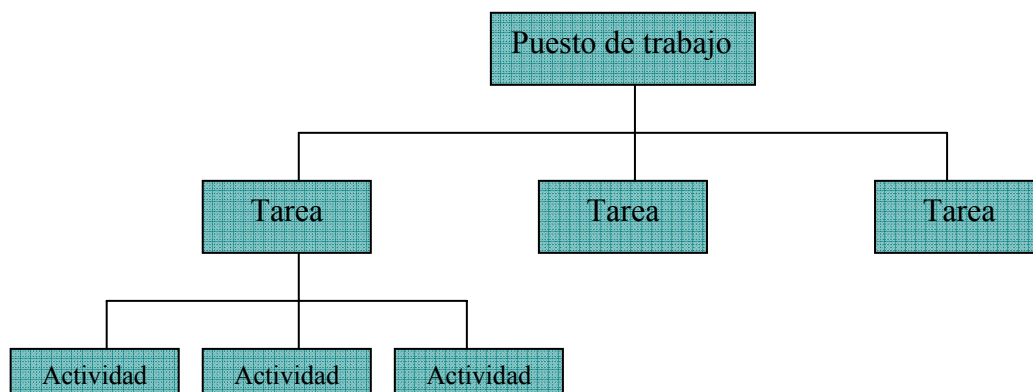


Figura 2-6. Esquema conceptual del diseño curricular (1ª parte). Fuente: Chang, 2007

Tanto conocimientos como habilidades definidas, dan lugar a la identificación de algunas asignaturas que se ajusten a la educación vocacional que desarrolle mejor estas características, por lo que el esquema se puede completar con una segunda parte (Ver Figura 2-7).

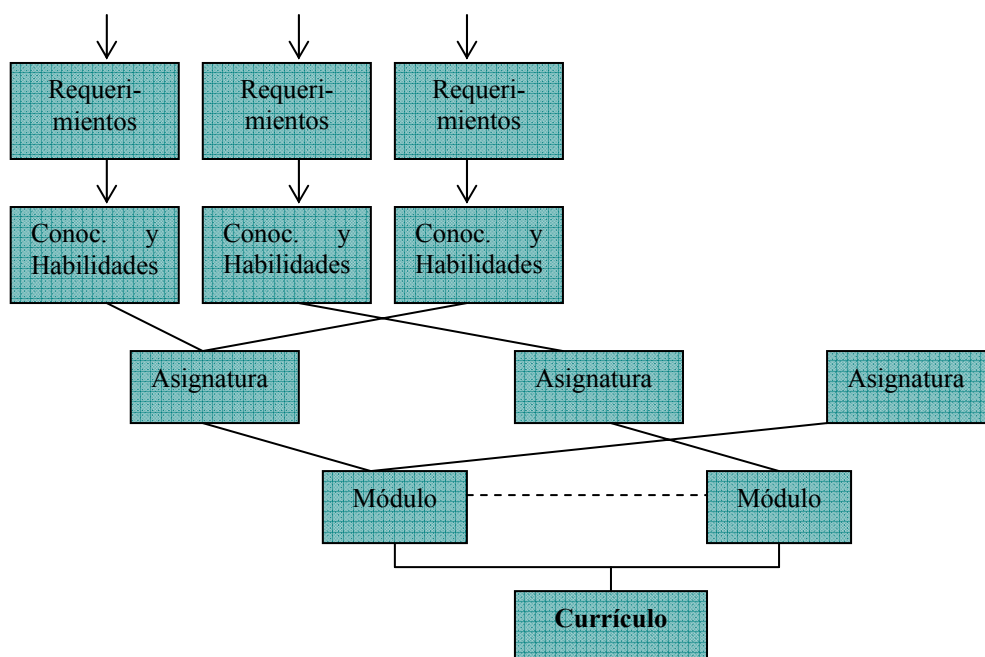


Figura 2-7. Esquema conceptual del diseño curricular (2ª parte). Fuente: Chang, 2007

### Determinación de la jerarquía de las expectativas de desempeño en las tareas fabricación

La determinación de jerarquía se calculó utilizando la herramienta de AHP (abreviatura del inglés Analytic Hierarchy Process), que es una de los soportes más robustos para la cuantificación de cualidades. En el caso de estudio, los resultados fueron los siguientes: el primer lugar de importancia la gestión de comercialización para que el comprador pueda apreciar el valor agregado de su compra. En segundo lugar la determinación de las variables de producción de textiles y en tercer lugar la facilidad de comercialización.

### **Priorización de los objetivos respecto a las metas de desempeño de las tareas de fabricación.**

En esta etapa se recopilaron todas las inquietudes de los gerentes de merchandising, proceso que se denominó como “escuchar la voz del cliente” ya definido por Akao. Todas las verbalizaciones fueron expresadas en frases positivas, lo que ayudó a definir cuáles eran los posibles elementos de los conocimientos que mejor responden a las necesidades de los gerentes, a la hora de incorporar a ingenieros especializados en producción textil.

Nuevamente se utilizó la herramienta de AHP para poder priorizar los temas de correlación entre demandas o necesidades y asignaturas (conocimientos).

### **Ejemplo de procesamiento de la voz del cliente (gerentes de merchandising).**

En esta fase se correlacionaron de forma directa, a través del uso de la metodología QFD, los conocimientos demandados en la cualificación profesional y los medios que permitan lograr el aprendizaje de dichos conocimientos (asignaturas en una organización formal de currículo).

Este proceso, también demandó el uso de cuestionarios y/o entrevistas para discutir resultados preliminares y finales, a cargo de un grupo de expertos.

### **Priorización de seis asignaturas dedicadas al logro de los tres objetivos de desempeño de tareas de fabricación.**

Una vez identificadas las 6 asignaturas prioritarias, esta fase tiene el objetivo de clasificar en una jerarquía a dichas asignaturas. Además se realizó un análisis de sensibilidad cómo cada una de las asignaturas es influenciada por los tres objetivos o metas de aprendizaje ya priorizadas en etapas anteriores.

### **Estudio de la sensibilidad de las seis asignaturas cuando se encuentran con los tres objetivos de desempeño de tareas de fabricación.**

A partir del análisis de sensibilidad, se preguntó al grupo de expertos, sobre la conveniencia de intensificar las asignaturas priorizadas dentro del currículo de estudios.

### **Sugerencia de contenidos para el diseño del curso de fabricación.**

Finalmente el resultado de los anteriores análisis, confecciona una lista de asignaturas indispensables para asegurar una formación profesional que satisfaga las expectativas de los gerentes de fabricación de textiles, que quieran contratar a nuevos profesionales a su cargo.

Además, gracias al análisis de sensibilidad y al proceso de encuestas directas a expertos, se pudo definir con qué intensidad cada una de las asignaturas debería ser impartida.

Este trabajo de investigación doctoral, es un importante aporte para la presente tesis, ya que contribuye con un enfoque nuevo; basado en la utilización de la herramienta de AHP para ajustar resultados. También es interesante el análisis de sensibilidad para poder apreciar las influencias de unas variables sobre otras, en el diseño curricular orientado a satisfacer las expectativas de los empleadores.

Asimismo, se considera valiosa la contribución del esquema propuesto por Chang para el desarrollo curricular.

Como lo reflejan las anteriores publicaciones ya referenciadas, la metodología QFD se ha convertido en una de las herramientas más consistentes y preferidas para el estudio del diseño de currículos académicos que se estructuran a partir de necesidades externas (potenciales mercados laborales, tendencias de la industria, tendencias tecnológicas, etc.).

En síntesis, las aplicaciones de QFD son tan variadas, que desde que en el año 1990 se incursionó en las primeras aplicaciones en el área académica, estas se consolidaron y se siguen usando el día de hoy por su demostrado valor científico y por su particular tratamiento de la información de fácil comprensión.

Mediante estas aplicaciones educativas se han revisado planes de estudio de distintas ramas o especialidades, así como se ha asistido a diseños curriculares; sin embargo, pese a que el área tecnológica se ha tratado con esta metodología, aún no se ha aplicado QFD al diseño curricular de la tecnologías de Fabricación Integrada por Ordenador en carreras como Ingeniería Industrial.

Es necesario justificar la novedad de esta tesis doctoral, que por una parte trata la temática de la fabricación integrada y por otra plantea una solución a la necesidad de contar con una metodología (que combine otras metodologías, métodos y herramientas) nueva.

Esta metodología que se diseñará, desarrollará y aplicará en los siguientes capítulos, aborda principalmente la correlación de variables atribuibles a las demandas de cualificación del mercado laboral industrial, usuario de CIM y las variables atribuibles al proceso de formación del estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial.

La nueva metodología, diseñada a partir de la revisión del estado actual reflejado en el capítulo 2: Estado del arte; incorporará varios conceptos y aspectos tratados en las aplicaciones de QFD, también considerará conceptos fundamentales pedagógicos y didácticos estudiados en las teorías del aprendizaje cognitivo y finalmente tomará en cuenta la tendencia tecnológica de la industria usuaria de CIM así como el mercado laboral y sus demandas.

Por este motivo, el aporte de esta tesis es el diseño de una metodología basada principalmente en el uso de QFD y Método Delphi, pero asistida por otras herramientas. Así mismo, sugiere una serie de pasos a seguir, ejemplificados y aplicados en el estudio del caso específico de la actualización de contenidos referidos al estudio de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS.

## **2.5 CIM en la actualidad**

Como ya se ha mencionado, CIM es una forma de coordinar todos los elementos que participan en el proceso de producción, fabricación asistida por ordenador (CAM), diseño asistido por ordenador (CAD), planificación de la producción asistida por ordenador (CAP), etc., de forma directa o indirecta, para conseguir los objetivos estratégicos marcados por la dirección de la empresa (Hitomi, 1994).

A diferencia de los proyectos de automatización convencionales (sistemas de fabricación flexibles, máquinas de control numérico, robots, etc.), CIM es un proyecto a largo plazo y de gran complejidad, ya que además de las estructuras técnicas, es necesario considerar también las estructuras organizativas (Rowlinson, Procter y Hassard, 1994). Sin embargo, debido a los beneficios que reporta para las empresas,

CIM se ha convertido en un componente de la estrategia que contribuye a mejorar su competitividad y se adapta a cada empresa.

Aunque es difícil identificar un único beneficio de la implementación de CIM, un estudio de la Comunidad Europea (Meyer, 1990) resume los criterios de valoración de las organizaciones que han implementado Sistemas CIM. Los beneficios cualitativos que las empresas industriales europeas han identificado responden a once criterios detallados a continuación:

1. Imagen de la empresa (Visión de los clientes, reputación).
2. Flexibilidad de programación (Adaptación de la programación a las situaciones reales cambiantes de la producción).
3. Moral de la mano de obra (Satisfacción de los trabajadores debido al cambio en los procesos).
4. Comunicaciones internas (Comunicaciones entre departamentos).
5. Calidad del producto (Calidad de los productos finales).
6. Respuesta a los cambios (Respuesta a las implicaciones externas, demanda del mercado).
7. Riesgo (Incertidumbre ante la adopción de grandes decisiones).
8. Comunicaciones externas (Comunicaciones con proveedores y clientes).
9. Innovación de productos - Desarrollo de productos (I+D).
10. Seguridad (Prevención de accidentes).
11. Variedad de productos (Número de productos que pueden ser fabricados).

Pero en general, las empresas consideran más importantes los beneficios cuantitativos que les puede representar implementar, en algún grado, la tecnología CIM. Razón por la cual se puede apreciar que los beneficios cuantitativos identificados por las empresas casi doblan en número a los beneficios cualitativos. Los beneficios cuantitativos se detallan a continuación:

1. Eficiencia (Utilización adecuada de los recursos).
2. Productividad (Cantidad producida por unidad de tiempo).
3. Desechos (Cantidad de despilfarro en el sistema de fabricación).
4. Productos terminados (Productos terminados almacenados en espera de su venta).
5. Mano de obra (Personal de taller y de oficinas).
6. Obra en curso – WIP (del inglés Work in Process que hace alusión a Materiales, piezas, componentes, montajes en espera para ser procesados).
7. Menor Flow time (Tiempo necesario desde que se realiza la primera operación hasta que se envía el producto terminado).
8. Menor Retraso de órdenes (Número de órdenes entregadas tarde).
9. Mayor Cuota de mercado (Proporción del mercado s/total que demanda nuestros productos).
10. Optimización de la Manipulación de materiales (Equipo necesario para mover materiales y productos).

11. Mayor y mejor Formación (Formación del equipo humano).
12. Menor cantidad de Productos terminados en tránsito (Productos terminados almacenados en espera de su venta).
13. Mayor Capital (Ventaja sostenida sobre la situación de la fábrica).
14. Mayor y mejor manejo de Herramientas (Utilización de máquinas herramientas).
15. Mayor y mejor Soporte al cliente (Seguimiento del cliente, servicio post-venta).
16. Menor cantidad de Reparaciones de Piezas (Componentes y productos que tienen que rehacerse o repararse).
17. Optimización del Espacio físico del taller (Área necesaria para producir).
18. Optimización de la Vida del equipo (Vida del equipo de producción dependiendo del tipo de proceso).
19. Adecuada gestión de Materias primas (Compras de materias primas o subcontratación de partes).
20. Optimización del Consumo de energía (Energía consumida en la fábrica).

Finalmente, haciendo referencia al artículo de Lázaro García, publicado en la Revista Iberoamericana de Educación el año 2003, titulado “Nuevas Relaciones entre Educación, Trabajo y Empleo del próximo Siglo”; el autor deja establecida la prioridad que existe para la formación en nuevas tecnologías. Al respecto justifica su análisis en la informática y la productiva<sup>23</sup>, por ser las dos grandes áreas de trabajo que integran las principales tecnologías.

La informática se aplica a las funciones del diseño, gestión, fabricación y comunicación. El sector en el que está más difundida es el terciario, que es el que mayor número de empleos genera en España.

La productiva consiste en la automatización de los procesos de producción, cambiando a la vez los modos de organización para satisfacer exigencias de calidad, rapidez y competitividad.

Por otra parte, la prioridad de formación puede responder al uso de las nuevas tecnologías de información, que han permitido las principales innovaciones técnicas y organizativas en los procesos de producción a partir de la mitad de la década de los setenta.

Entre las que el autor destaca a:

1. El uso de CAD, CAM, CAE y CIM
2. El uso de CN/CNC
3. La Robótica o Tecnología Industrial Robotizada
4. Sistemas Flexibles de Fabricación
5. La ofimática o racionalización de la oficina con ayuda del ordenador

---

<sup>23</sup> Productiva: Concepto que hace referencia al incremento de la competitividad de las empresas, logrando mayor productividad, mediante el uso de herramientas como CIM, CAD/CAM, Talleres flexibles, Automatas Programables, Robótica, Mantenimiento Total Productivo, etc.

El sistema de diseño asistido por ordenador (CAD: Computer Aided Design), los sistemas de fabricación asistidos por ordenador (CAM: Computer Aided Manufacturing), los de Ingeniería Asistida por ordenador (CAE: Computer Aided Engineering) y los sistemas de Fabricación Integrada por Ordenador (CIM: Computer Integrated Manufacturing) que implican diseños, dibujos, cálculos, simulaciones realizadas con ayuda del ordenador y la integración de funciones de producción y las empresariales propias de la industria.

Este conjunto de herramientas informáticas están cambiando las actividades de los proyectistas y planificadores. Requieren una mente activa, la habilidad de pensar en términos abstractos, la capacidad de concentración y la aptitud para planificar de forma autónoma.

Tienen numerosas aplicaciones en los campos de la industria del metal, de la construcción, del diseño artístico, de la planificación, de la ingeniería etc., por lo que parece imprescindible incluirlas en la formación profesional en diversas ramas e ingenierías.

Para García, existen también otras tecnologías emergentes que van a tener un tratamiento ocupacional prioritario en los próximos años, y que se apoyan en conocimientos de base de tecnologías tradicionales como la electricidad y la electrónica, la mecánica, la química y la biología, la metalurgia, la arquitectura y la ingeniería.

Entre estas tecnologías emergentes las que están recibiendo más atención en Estados Unidos, Europa y Japón parecen reducirse a cuatro campos: a) los nuevos materiales, como los superconductores; b) la electrónica y los sistemas informáticos, como dispositivos semiconductores, tecnología de imágenes digitales, la computación de alto rendimiento, optoelectrónica y fotónica; c) los sistemas de fabricación, como inteligencia artificial, perfeccionamiento del CAD, Sistemas de Fabricación Flexible, tecnología de sensores; y d) las aplicaciones de las ciencias de la vida, como la biotecnología o los dispositivos médicos y de diagnosis.

### **2.5.1 Perspectiva del futuro de CIM**

Una empresa no puede garantizar su competitividad simplemente adecuándose a los vaivenes del mercado, sino que debe hacerlo con un proceso de planificación a largo plazo con el objetivo de crear una estrategia que asegure el éxito económico.

La rapidez, tanto de CIM como de la robótica o la automatización en general, para incorporar nuevas tecnologías en los productos y llevarlos al mercado; los hace uno de los sectores más dinámicos siendo, en muchos casos, el motor del desarrollo de las tecnologías de las que hacen uso. Una de sus mayores diferencias con otros sectores es la adaptación de los sistemas a las necesidades de las empresas que son dinámicas y reconfigurables. La actualización, la diversificación y la continua relación con el usuario son otras de las características importantes del sector.

El futuro de CIM, tiene un horizonte a largo plazo, ya que sus aplicaciones están cada vez más extendidas, aunque tradicionalmente estas aplicaciones estaban centradas en los sectores de fabricación más desarrollados para la producción masiva (como es el caso de la industria del automóvil, transformaciones metálicas, industria química, etc.).



En la última década el peso de nuevas aplicaciones en sectores productivos, como la construcción, alimentación, agricultura; y de servicios, como la medicina o la asistencia a personas mayores o discapacitadas; ha aumentado de forma significativa creando nuevas oportunidades tecnológicas.

Entre las aplicaciones más innovadoras de la robótica y la automatización CIM cabe destacar algunos sectores como:

- Servicios
- Construcción
- Domótica
- Alimentación
- Medicina

## 2.6 CIM como Tecnología de Diseño y Producción en la Industria Española actual

Muchas industrias han optado la implementación de CIM como su estrategia competitiva, casi es un paso obligatorio para ciertos sectores en los que la innovación tecnológica y los ciclos de producción tienen tiempos cortos. Pese a que la implementación de CIM demanda importantes esfuerzos económicos, la tendencia de la industria (caso de España) se refleja en el creciente número de empresas que implementan la automatización integrada (Ver Gráfico 2-1) y esto implica que también aumentará la necesidad de contar con técnicos, programadores, ingenieros y gestores que conozcan y manejen estas tecnologías.

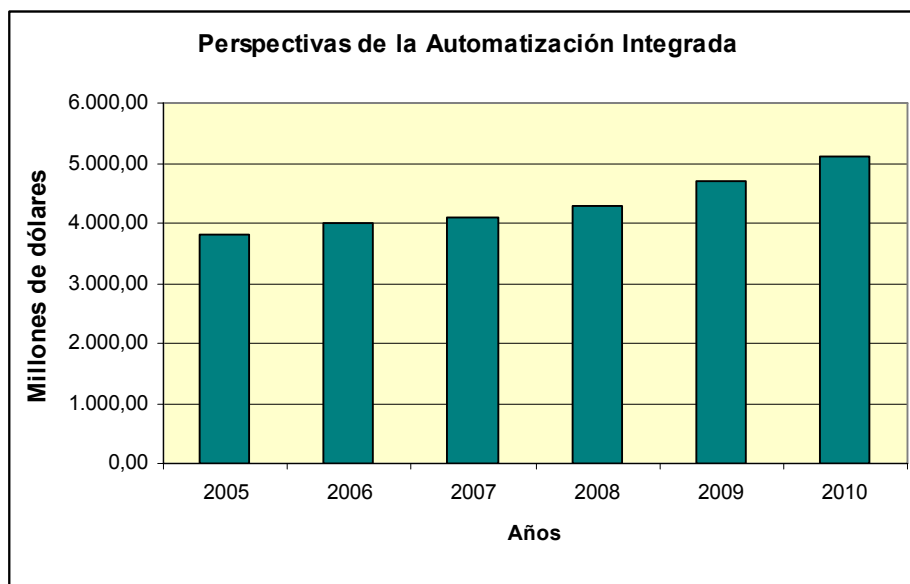


Gráfico 2-1. Inversión anual de España en tecnologías CIM. Fuente: Informe OPTI 2007

El último Informe de la Fundación Cotec<sup>24</sup> de Tecnología e Innovación en España, bosqueja las perspectivas del futuro de CIM y de las otras tecnologías de

---

24 COTEC: Fundación sin fines de lucro, con apoyo de la Corona para el fomento de la Innovación Tecnológica.

automatización integrada. Al respecto señala que el sector de la robótica y la automatización es uno de los sectores tecnológicos más importantes, ya que en él no solamente se producen sistemas, equipos, hardware y software, sino que también se diseñan e integran sistemas para soluciones “llave en mano”, y se desarrollan numerosas aplicaciones de servicios, tales como el mantenimiento y la actualización.

Tradicionalmente, el concepto de las actividades CIM ha sido confinado a las operaciones de fabricación. Sin embargo, la producción a demanda necesita mucho más que la fabricación integrada; requiere la formación de organizaciones virtuales capaces de afrontar proyectos en el nuevo mercado.

Por otra parte, la implementación de la tecnología CIM en las empresas españolas, cobra mayor importancia en el segmento de industrias que tienen un número de operarios superior a 250 (industrias medianas y grandes). Este hecho queda reflejado en las estadísticas elaboradas por el INE (Ver Cuadro 2-1 y Anexo 2-1).

Tecnologías Fabricación		Porcentaje (%) por tipo de Empresa						
		< de 50 emplea- dos	50 a 249 empela- dos	>250 emplea- dos	Innova- doras	No Innova- doras	Naciona- les	Multita- cionales
	Total							
<b>CIM</b>	2.80	2.28	13.90	<b>32.00</b>	12.32	1.77	2.62	19.08

Cuadro 2-1. Nuevas Tecnologías de Fabricación en empresas españolas (Fuente: INE 2005)

De este cuadro podemos concluir que, tanto empresas industriales medianas y grandes y las industrias multinacionales son los sectores que mayor preferencia muestran por la implementación de la tecnología CIM, como ventaja competitiva en procesos y gestión de la producción. Podría interpretarse también, que sólo estos grupos de industrias son capaces de invertir en la implementación de la tecnología CIM, ya que demanda recursos económicos importantes y sus rendimientos no son inmediatos.

En cuanto a las políticas, acciones y/o programas de mejora típicos en producción, el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España en labor conjunta con el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España; elaboraron una clasificación de las áreas estratégicas de decisión en producción, con el objetivo de orientar la toma de decisiones a la hora de mejorar las capacidades productivas y cuáles son las tecnologías sugeridas en función a las características de las empresas industriales.

Para este propósito se ordenaron el conjunto de áreas y tecnologías identificadas, las mismas que ayudan y dan pautas en el complicado (pero necesario) proceso de toma de decisiones. Dichas empresas que quieran adoptar una estrategia de producción, deberán ser capaces de traducir estas necesidades tecnológicas en diversos cursos de acción, programas y proyectos de mejora, que juntos hacen posible el logro de las prioridades competitivas.

Esta guía de acción (Ver Cuadro 2-2), permitió identificar la situación tecnológica en que se encontraban las industrias o empresas españolas con aspiraciones competitivas.

En base a datos proporcionados por los Ministerios anteriormente mencionados, ambas instituciones elaboraron un cuadro resumen de los sectores industriales a ser considerados por las ayudas al fomento de la automatización industrial.

Decisiones (Naturaleza)	Categorías de decisión	Políticas y programas generales de acción
Políticas y/o decisiones de producción de naturaleza estructural	Capacidad	Reconfiguración de la distribución en planta de la fábrica Reacondicionamiento y reorganización de la fábrica Inversiones en nuevas plantas, equipos e I+D Expansión de la capacidad de la fábrica Reducción del tamaño de la fábrica
	Localización	Localización y reubicación de la fábrica
	Tecnología	Diseño y Fabricación Asistido por Ordenador (CAD/CAM) Robots Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) Sistemas flexibles de fabricación (FMS) Tecnología de grupo (TG) / fabricación celular
	Integración vertical / relaciones con proveedores	Subcontratación de procesos de manufactura (outsourcing) Relaciones de cooperación / asociación con proveedores Integración y coordinación de sistemas con los proveedores Programas de evaluación y certificación de proveedores
	Fuerza de trabajo	Ampliación del rango de tareas a realizar por los trabajadores Formación y entrenamiento de trabajadores de producción Formación de directivos, supervisores y mandos intermedios Trabajo en equipo (team-work) Desarrollo de programas de formación continuada
	Gestión de Calidad	Gestión y Control de la Calidad Total (TQM) / (TQC) Implementación de Programas Cero Defectos, Círculos de Calidad Control Estadístico de la Calidad (SQC) / Proceso (SPC) Inspección automatizada / testing Despliegue (profundización) de la Función de Calidad (QFD) Programas de certificación serie ISO 9000 Sistemas de costo de la Calidad (Quality-Cost Accounting)
	Planificación y control de la producción y de los inventarios	Mejora de sistemas de planificación y control de producción Programas de reducción de los tiempos de cambio de útiles Programas de reducción del plazo de entrega (Lead time) Gestión de materiales e inventarios enfoque JIT (Just In Time) Gestión de Mantenimiento Preventivo y Predictivo Mantenimiento Productivo Total (TPM) Programas de fabricación JIT /MRP /OPT
	Desarrollo de nuevos productos	Análisis de valor y rediseño del producto Implementación de la ingeniería simultánea (o concurrente) Desarrollo de nuevos productos Desarrollo de nuevos procesos para nuevos productos Desarrollo de nuevos procesos para los productos actuales Equipos de diseño para "fabricabilidad" (DFM) y montaje (DFA). Equipos de desarrollo de productos. Inversión y desarrollo en actividades de I+D
	Gestión y Organización	Definición y/o desarrollo de una estrategia de fabricación Descentralización de la toma de decisiones de fabricación Mejora y cambio en las relaciones dirección – personal Equipos de trabajo plurifuncionales inter-departamentales Integración de los sistemas de información de producción Integración de sistemas de información entre los diferentes departamentos o áreas funcionales. Benchmarking Nuevos Sistemas de Control/Contabilidad de gestión/Cont.ABC Definición de nuevas medidas de desempeño /actuación

Cuadro 2-2. Mejora de producción. Fuente: Min. Industria, Turismo y Comercio de España

Por tanto, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España; propone políticas concretas para cada categoría o área de decisión; que impulsará mediante ayudas y subvenciones, a objeto final de fortalecer la competitividad del sector industrial.

De esta forma, destacamos que se propone afrontar la tecnología con la implementación de sistemas CIM y la gestión de calidad mediante el uso de la metodología QFD. Ambas tecnologías y metodologías estudiadas en esta tesis para el desarrollo de la metodología propuesta.

### **2.6.1 Evaluación de la tecnología CIM en España realizada por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial**

En los últimos años, diversos estudios de prospectiva tecnológica realizados en diferentes países han detectado la positiva evolución de los sectores productivos para desarrollar tecnologías que les permitan seguir siendo competitivos. El Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI), que depende del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, recientemente ha publicado un informe referido a las tendencias tecnológicas a mediano y largo plazo denominado “Tecnologías de Diseño y Producción”.

Este informe repasa las técnicas emergentes internacionales que, probablemente, serán de mayor relevancia en los sectores productivos en los próximos 15 años. Sus principales objetivos son:

- Crear una visión del entorno competitivo en fabricación y sobre la naturaleza de las empresas productivas en el horizonte del 2015.
- Determinar los principales retos en la fabricación para conseguir esta visión (mega-tendencias)
- Identificar las tecnologías clave para alcanzar estos retos.
- Recomendar estrategias y establecer indicadores para medir este progreso (Vigilancia Tecnológica de tecnologías críticas en cada subsector).

Respecto a las tendencias de mercado o las llamadas “Megatendencias”, el OPTI señala que el objetivo general de los sectores productivos es desarrollar procesos industriales que en el año 2015 sean flexibles, robustos y medioambientalmente benignos, permitiendo una alta productividad pero también la producción de lotes pequeños a precios asequibles (producción personalizada).

Por otra parte, en los próximos 15 años, los cambios en la industria serán provocados por los rápidos avances tecnológicos que se están dando y por las crecientes presiones competitivas.

El grado de desarrollo existente y las nuevas tecnologías están evolucionando por varias razones: las crecientes demandas de calidad del cliente, la reducción de los tiempos de desarrollo y entrega de productos, la globalización de mercados, la competencia de nuevos materiales, los bajos costes de mano de obra de otras economías, la demanda de sub-ensamblajes por parte de los fabricantes de equipo originales, la legislación medioambiental y la exigencia a los fabricantes de ofrecer servicios de alto valor añadido a clientes.

Todas estas dificultades se traducen en seis grandes tendencias en los sectores productivos, propuestas por el OPTI:

- Fabricación concurrente
- Conversión instantánea de información en conocimiento
- Procesos y productos innovadores
- Empresas reconfigurables
- Desarrollo sostenible
- Cualificación de los recursos humanos

Cabe destacar que la presente tesis doctoral se enmarca en el estudio de la correlación de mencionadas Megatendencias (Ver Figura 2-8), ya que las primeras cinco tendencias involucran la implementación de la tecnología CIM (al ser una tecnología de integración) y el desarrollo de una metodología para la actualización de contenidos de enseñanza de CIM en estudios universitarios de tipo tecnológico, trabaja en la sexta Megatendencia referida a la cualificación de recursos humanos.

Las tecnologías clave, asociadas a las Megatendencias, para que las empresas de los sectores productivos puedan alcanzar los retos propuestos, se han seleccionado según criterios de atractivo para la industria (impacto tecnológico alto y generación de desarrollo industrial) y según la posición actual de la industria española (capacidad de desarrollo científico-tecnológico, de producción, o de comercialización).

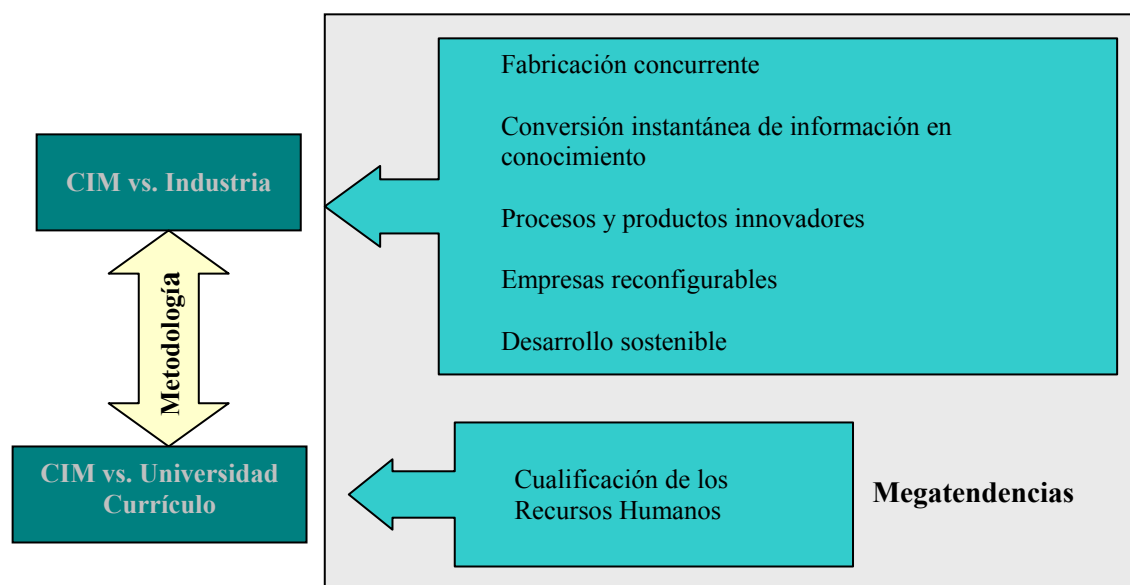


Figura 2-8. Correlación entre Megatendencias y CIM

En el Cuadro 2-3, se citan las tecnologías clave para el desarrollo de los sectores productivos agrupadas según los grandes retos en fabricación.

Tecnologías de fabricación	Capacidad	Horizonte temporal
Software de diseño y fabricación colaborativos: producción en entorno CIM	Favorable	> 2000
Virtual prototyping	Desfavorable	2006-2010
Implantación del Rapid Prototyping	Favorable	> 2000
Digitalización 3D	Media	> 2000
Sectorización de los softwares de simulación (CAD/CAM/CAE)	Desfavorable	> 2000

Cuadro 2-3: Tecnologías clave para el logro de retos tecnológicos

Si bien ya se ha mencionado en repetidas oportunidades que la tecnología CIM es una tecnología de integración, en el Cuadro 5 se puede apreciar las proyecciones del OPTI referidas a la potencialidad de las diferentes tecnologías de fabricación en el horizonte temporal.

En el cuadro se resumen (Ver Cuadro 2-4) las Megatendencias<sup>25</sup> de las tecnologías de Diseño y Producción de la industria española.

No obstante, es necesario mencionar algunas particularidades sobre la implementación de la tecnología CIM en España. A través del desarrollo de esta tesis doctoral, se ha identificado que no existe mucha documentación dedicada a recoger experiencias sobre el desarrollo o proceso de cambios de tecnologías hasta la implementación de CIM (en grado parcial o total).

Probablemente, esto se debe a que la mayor parte de las aplicaciones de CIM se realizan en departamentos o en procesos concretos de las industrias, situación que haría que las propias industrias no se identifiquen como usuarias de tecnología CIM al no lograr su implementación total.

Por estos motivos, la presente tesis doctoral ha realizado una importante búsqueda de información a través del contacto directo con el sector industrial (aplicación de la metodología QFD se basa en “escuchar” la “voz del cliente”).

Y de esta forma perfilar a las industrias usuarias de CIM, sus sectores, actividades y necesidades tecnológicas.

---

<sup>25</sup> Este trabajo fue realizado por el grupo de trabajo conformado por expertos del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Centro Tecnológico de Moldes, Matrices y Afines (ASCAMM), Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas (INESCOP) y del propio OPTI, quienes definieron las tecnologías que marcarán el futuro de cada sector industrial.

Megatendencia	2000-2005	2006-2010
Fabricación concurrente	Implantación del Rapid Prototyping	Software de diseño y fabricación colaborativos: producción en entorno CIM
	Digitalización 3D	
	Sectorización de los softwares de simulación (CAD/CAM/CAE)	Prototipado virtual
Conversión instantánea de la información en conocimiento	Tele-servicio, tele-mantenimiento y Diagnóstico	Inteligencia operativa
		Sistemas KBE y KBS
Procesos y Productos Innovadores	Sinterización (metal y cerámica)	Procesos para la obtención de producción multimaterial
	Aceros de alta resistencia (procesado)	Materiales compuestos 3D y LFTP
		Tratamientos térmicos, superficies y recubrimientos
	Técnicas avanzadas para la unión láser, adhesivos estructurales	Microtecnologías
Empresas Reconfigurables	Máquinas de alta velocidad	Nuevas arquitecturas de máquinas con controles abiertos
		Procesos combinados (máquinas modulares)
		Rapid Tooling (fabricación rápida de utillajes)
Desarrollo Sostenible	No existe verdadera conciencia	Reducción máxima del uso de fluidos contaminantes y reciclado
		Reciclado de piezas (procesos, maquinaria, aplicaciones)
		Reducción uso de energía (eco-máquinas, inyección eléctrica)
Recursos Humanos	Mano de obra cualificada será un factor crítico	Mano de obra cualificada será un factor crítico

Cuadro 2-4. Megatendencias y su horizonte de tiempo. Fuente: OPTI, 2000

Donde:



En la búsqueda bibliográfica se han empleado tres herramientas y fuentes de información para llegar a las industrias:

- El Ranking 50000 - Ranking de empresas España - Edición 2006
- El “Directorio de Empresas de Ingeniería del Conocimiento” (actualizado bianualmente) del Centro de Transferencia Tecnológica de Ingeniería del Conocimiento (CETTICO) realizado por la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid

- La “Guía’92 del Software CIM en España” de la revista CIMWORLD (1992), editada por IDG Communications bajo el patrocinio de la Dirección General de Electrónica y Nuevas Tecnologías del Ministerio de Industria

Para la identificación de las posibles empresas que implementan CIM, seguimos el siguiente razonamiento. En primer lugar, seleccionamos a las empresas que estuvieran en las tres listas.

La primera selección del “Ranking 50000” de 2000 empresas tecnológicas que trabajan en sectores en los que potencialmente se implementa CIM.

Posteriormente se encontraron 1000 empresas españolas del “Ranking 50000” que también estaban en el directorio del CETTICO, de las cuales 120 estaban incluidas en la Guía’92. En segundo lugar, analizamos a todas las empresas no españolas que aparecen en la guía CETTICO.

Se encontraron 200 empresas multinacionales que tenían una filial en España y que también se citaban en la Guía’92. Por último, analizamos todos los programas de la Guía’92 buscando sistemas expertos especializados en CIM: sólo encontramos 60, de los cuales dos fabricantes ya estaban en el directorio del CETTICO y los otros dos no aparecían, por lo que decidimos incorporarlos.

De esta forma, se decidió enviar los cuestionarios para la investigación a 2000 empresas industriales (que incluyen a las de la lista de CETTICO, Guía ’92 y Ránking 50000) ya que se estima que el 10% responde adecuadamente y en los plazos estipulados.

La expectativa quedaría cubierta si se alcanzara al menos 110 cuestionarios (10% de las empresas industriales que coinciden en ambas listas del Ranking 50000 empresas más importantes y Guía ’92).

El análisis preliminar sobre las respuestas de los cuestionarios realizados, orientados a diagnosticar los conocimientos generales de las empresas-industrias que implementan o potencialmente implementan CIM, nos señala algunos aspectos importantes sobre la situación en España:

- Las empresas tienen un desconocimiento notable sobre este tipo de tecnologías, a pesar de reconocerla como importante.
- Existe poca información sobre los productos existentes, principalmente debido al alto porcentaje de aplicaciones a medida.
- Las empresas, paulatinamente irán incorporándolos, pero para facilitar únicamente la resolución de problemas parciales, claramente delimitados.

De forma general, se puede afirmar que existen pocos e imprecisos conocimientos del proceso de implementación de CIM y sus consideraciones (beneficios, inversión, retorno, tamaño de industria, etc.).

A continuación se definirán los principales sectores industriales en los que se ha evidenciado el uso de la tecnología CIM en España.

### **2.6.2 CIM en la Industria Textil**

La implementación de una tecnología, como estrategia competitiva, implica la capacitación del personal que la gestionará. Es el caso del sector textil que apostó por la tecnología CIM para afrontar los cambios producidos en el entorno competitivo,



derivados, fundamentalmente, de la liberalización del comercio internacional de productos textiles y la lógica aparición de competidores de bajo coste.

Es un sector que se define como de demanda débil y contenido tecnológico bajo, caracterizado por un proceso productivo intensivo en mano de obra, especialmente en la confección.

A lo largo de las dos últimas décadas, el sector textil-confección ha sufrido sucesivos procesos de reconversión y reestructuración con el fin de adoptar nuevas tecnologías productivas para hacer frente a la competencia internacional. Pese a estos esfuerzos, ha sufrido los efectos recesivos derivados del estancamiento de la demanda interna y del endurecimiento de la competencia.

Ante estas dificultades, las empresas del sector reaccionaron adoptando modificaciones tecnológicas y organizativas, que les han permitido mantener la competitividad, con independencia de las fluctuaciones de los precios.

La respuesta de las empresas se enmarcó en términos de modificaciones de la tecnología (materiales y/o procesos y productos) y de la propia organización de la industria (producción y/o distribución).

Estas respuestas han tomado diferentes matices, en función de los factores de la empresa respecto a la cadena de valor y el mercado, la competencia y experiencia adquirida históricamente y la capacidad de innovación e imitación.

El cambio tecnológico de la industria textil-confección se desarrolló a partir de tres innovaciones cruciales:

1. Los materiales (básicamente las fibras sintéticas).
2. Los rotores open-end en la hilatura.
3. Los telares sin lanzadora en los tejidos.

Sin embargo, han sido fundamentales las aplicaciones de la electrónica en las fases de diseño (CAD) y de corte (CAD-CAM), y su utilización en la transmisión de información entre las diferentes fases tanto de elaboración como de venta.

El conjunto del sector textil está formado por una serie de procesos interrelacionados que comprenden desde la producción de fibras hasta la confección de prendas, artículos de vestuario para el hogar y para usos industriales.

Desagregando los procesos y la adopción de las innovaciones tecnológicas (Ver Figura 2-9), encontramos que en los procesos preliminares a la hilatura, las nuevas tecnologías se trasladan al ámbito del laboratorio, con la utilización de aparatos electrónicos de medida y evaluación y aplicaciones de la robótica.

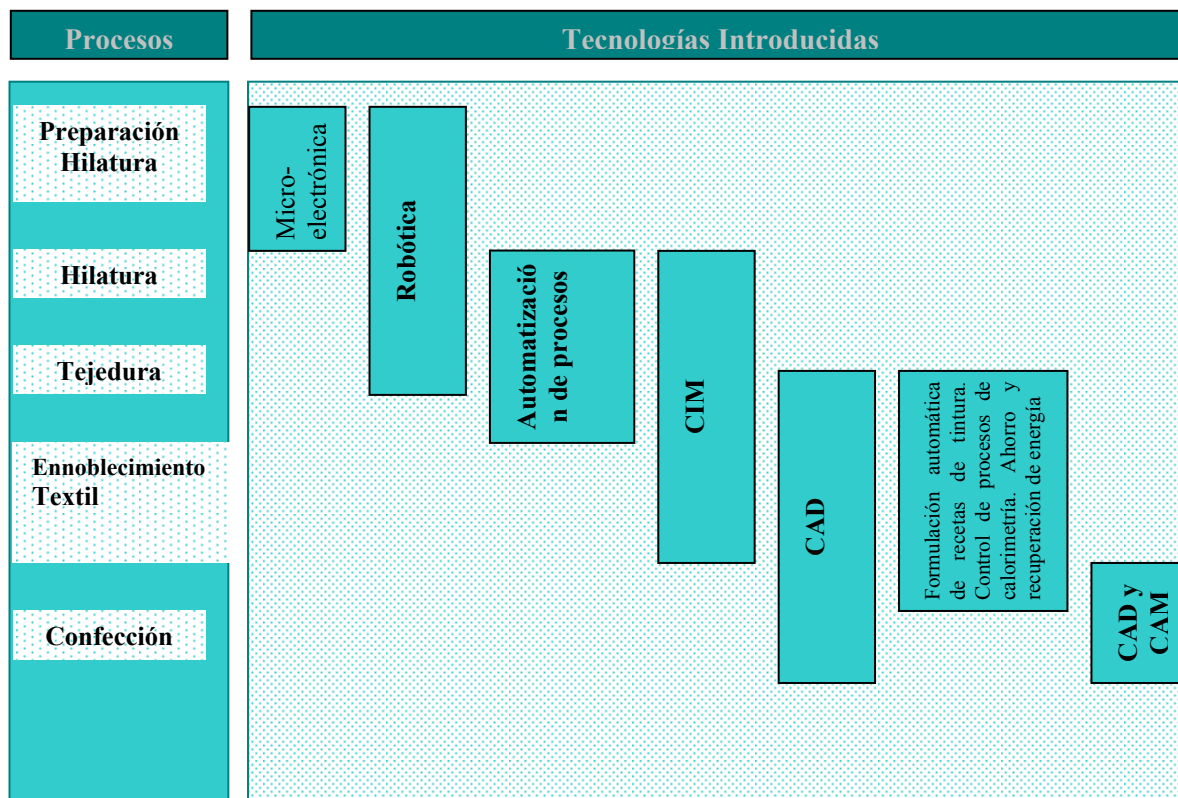


Figura 2-9. Nuevas Tecnologías en la industria Textil-Confección

Fuente: Estudio de la Renovación del sector Textil- Confección en España (2002)

En la hilatura se ha detectado la necesidad de automatizar los procesos y la aplicación de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM), tecnología que permitirá hacer controles periódicos o constantes de calidad del producto o de la evolución de los lotes de productos que se están fabricando.

En la tejeduría de calada y género de punto, además de la aplicación de la robótica y de CIM, se ha introducido el diseño asistido por ordenador (CAD).

En las actividades de ennoblecimiento textil, las aplicaciones de las nuevas tecnologías van desde la formulación automática de recetas de tintura, hasta el control de procesos, pasando por la colorimetría.

También cabe destacar la importancia del CAD en los procesos de estampación.

En este sentido, los cambios más importantes han ocurrido en las fases de pre-ensamblaje, es decir, de precorte (selección y preparación) y de corte, en las que la utilización del CAD-CAM-CIM permite ahorros en costes de mano de obra estimados, respectivamente, en el 50%-70% y en el 25%-50%, así como ahorros en materiales del orden del 5%-10%.

Evidentemente, la introducción de estas nuevas tecnologías demanda recursos humanos calificados para desempeñar tareas en cada uno de los niveles de actuación de las tecnologías, sin embargo, no hay bibliografía que describa la problemática de esta implicación; de todas formas las empresas industriales o recurrieron a la contratación de personal especializado en CIM o tuvieron que capacitar a su personal en CIM.

Situación que valida la importancia de esta tesis doctoral, ya que uno de los resultados de la implementación del diseño metodológico es la actualización de contenidos de enseñanza CIM en la formación de ingenieros industriales, producto que reducirá las curvas de aprendizaje, al ya contar con un graduado que responda a las necesidades de solvencia en esta tecnología.

No olvidemos que una de las principales virtudes de la herramienta de QFD, es la de traducir las demandas en especificaciones técnicas del contenido curricular, ya que es la misma industria la que plantea sus necesidades en la formación de su personal y estas son interpretadas en conocimientos, habilidades y rasgos de personalidad.

Las tecnologías, en este sector, han dado un salto increíble en diez años, como lo demuestran las nuevas soluciones de diseño y fabricación asistidos por el ordenador. Gracias a ellas se puede agilizar el proceso de producción de una prenda, desde el diseño hasta la entrega. En manos de un personal calificado, inclusive la entrega, se han convertido en armas decisivas para la conquista de los mercados.

El impacto de los sistemas CAD/CAM/CIM han representado para le empresa las siguientes cifras:

- Reducción de Mano de Obra 60 al 75 %
- Optimización del Tejido en Marcador 2 al 4 %
- Reducción de los inventarios en curso 20 %

La implementación de CAD/CAM/CIM aportará de una forma inmediata en los siguientes aspectos:

- Un aumento del potencial creativo.
- Una agilidad en la obtención de nuevos patrones (la eliminación de moldes de cartón).
- Una elevación muy significativa de la calidad del producto basada en la estandarización de los escalados y la precisión de los trazos.
- Un ahorro de tejido y de tiempo en la marcada.
- La creatividad en el diseño.
- Ahorro de tiempo en el diseño.

Finalmente, en los últimos años los especialistas de este sector han profundizado el desarrollo de equipos y sistema CAD/CAM/CIM y empresas como ETON, GERBERT, LECTRA, entre otras, ofrecen a la industria una nueva alternativa de proceso que recibe el nombre de sistema unitario de producción, basado en el desarrollo de CIM.

### **2.6.3 CIM en la Industria del Calzado**

El impacto de los sistemas informáticos en todas las áreas de la actividad humana es innegable y la industria del calzado no podía quedar ajena a este fenómeno y por esto se ha puesto al servicio de este sector la más moderna tecnología. Uno de los mayores aportes informáticos es el Diseño Asistido por Ordenador (CAD). Gracias el CAD se puede digitalizar, por ejemplo, la horma para luego añadir las líneas de diseño, los detalles y los colores en tres dimensiones (3D). La imagen resultante puede poseer una calidad casi fotográfica.

Las ventajas de la implementación de CIM en la industria del calzado, empiezan en la gestión de proveedores, pasan por el proceso de producción, gestión de venta y postventa y podrían terminar incluso hasta en la gestión de los residuos de los productos terminados. Algunas de las ventajas que los industriales del calzado las notan con mayor fuerza son:

- Es un método más rápido que los métodos convencionales en los que se utiliza la cuchilla y el papel. El proceso de clasificación es mucho más rápido. (CAD)
- Gran exactitud y adaptación completa a la clase de horma. (CAM)
- Permite utilizar los datos para accionar otro equipo controlado por ordenador, como las máquinas de coser o las fresadoras. (CAD/CAM/CAE)
- La información sobre los patrones puede enviarse por enlace telefónico de módem. (CIM)
- Los datos relativos a los patrones en dos dimensiones o 2D pueden ser utilizados para accionar máquinas de corte, puede obtenerse a partir de los datos MCAD. (CIM)
- El área del patrón y la tolerancia del área de corte puede obtenerse a partir de los datos del CAD.
- Facilita el cumplimiento rápido del pedido, res puesta rápida que exige el comprador.
- Reduce el número de muestras y fábrica, éstas con mayor rapidez cuando existe un enlace entre el CAD y la cortadora.

En la fabricación de calzados, el costo de la mano de obra empleado en el cierre o aparado es el segundo rubro más importante en cuanto a gastos se refiere. Estos costos se pueden reducir también gracias al empleo del sistema CIM ya que en la actualidad existen máquinas de coser automáticas que pueden ser accionadas mediante la automatización e integración de todos los procesos involucrados en la producción.

#### **2.6.4 CIM en la Industria de Defensa**

La industria de defensa nacional es puntera en algunos campos tecnológicos, disponer de capacidades militares superiores a las de un posible adversario es un requisito esencial para que las fuerzas armadas de un país puedan cumplir con éxito sus misiones. Una forma de lograrlas es empleando medios y sistemas de armas con mejores prestaciones.

Pero ello sólo se puede conseguir mediante el empleo de un conjunto de tecnologías avanzadas, únicamente al alcance de naciones con una adecuada infraestructura de investigación científica y tecnológica y un tejido industrial capaz de desarrollarlas e implementarlas (Sempere, 2000).

En los sistemas de información, hay un buen dominio de empresas españolas en el desarrollo de sistemas de mando y control, interfaz de usuario (consolas), sistemas inteligentes, procesamiento de señal, software, y CAD/CAM/CAE/CAT y CIM civil.

Este sector tiene amplias posibilidades de aplicación militar. En cuanto a las redes de datos y comunicaciones y sistemas de transmisión también hay capacidad, conseguida fundamentalmente a través de programas civiles, aunque no todos los equipos que se

emplean son de diseño y fabricación española. En simulación se ha conseguido una considerable especialización, especialmente en simuladores de vuelo.

En fabricación, los sistemas de CAD/CAM y de fabricación flexible se han introducido lentamente en la industria durante la última década, siendo su objetivo mayor el alcanzar grados de automatización hasta llegar la cúspide de la pirámide de automatización: CIM. Además, las actividades en robótica también están en sus inicios.

Por lo que se refiere a tecnologías relacionadas con el espacio, empresas españolas desarrollan y fabrican estructuras, control térmico, antenas, y electrónica de control, de vuelo, de potencia, y procesamiento para satélites y lanzadores. En esta industria, también se está implementando la tecnología CIM, cada vez en más procesos, los que son integrados a los que ya estaban desarrollados, como CAD o CAM.

Finalmente, si se tiene en cuenta la demanda futura de material de defensa, expuesto por Sempere; los componentes que requieren elevadas prestaciones; las tecnologías asociadas a esos componentes y la posible aplicación en el área civil de algunas de ellas, deben especializarse y actualizarse en España a través la implementación gradual de tecnologías en entornos CIM; principalmente en las siguientes áreas:

- Sistemas aeronáuticos y espaciales, cuya producción demanda CIM.
- Comunicaciones y sistemas de información, esenciales también para el sector civil, centran hoy la mejora de las capacidades militares al potenciar la capacidad de dirigir las operaciones (gestión integrada por ordenador)
- Fabricación, ya que es necesaria una mayor evolución hacia técnicas de fabricación avanzada y el empleo del diseño asistido por ordenador y de máquinas de control numérico por sus beneficiosos efectos sobre la producción y la calidad (entorno integrado de CIM). La fabricación y empleo de robots tendrá cada día mayor importancia (apertura de campos de minas, sistemas de vigilancia remota), en este caso la tecnología CIM permite gestionar y controlar las operaciones a distancia.
- La capacidad de integración, fabricación avanzada y control de tareas va a ser determinante para ocupar un nicho importante en el sector de sistemas navales.

### **2.6.5 CIM en la Industria de Plásticos**

El sector del envase y embalaje continúa siendo el principal mercado consumidor de materias plásticas con una participación del 45,0%, respecto del total de los plásticos consumidos por la industria transformadora en España durante el ejercicio 2006, creciendo un 3,9% respecto al año anterior.

El Centro Español de Plásticos, en su estudio “El sector de los Plásticos: Estadísticas, Situación y Perspectivas”, edición 2004, señala que el mercado de envase y embalaje continúa realizando esfuerzos tecnológicos y de producción con el objetivo de reducir posibles sobre costos del producto final. Razón por la cual, expertos en innovación tecnológica han sugerido la implementación de la tecnología CIM (parcial o total) en este sector industrial.

La selección de materiales, la síntesis de modelos, la simulación, la creación de prototipos y la documentación son grandes campos en los que la aplicación de los

sistemas CAD/CAM/CIM pueden ofrecer verdaderas soluciones a la industria de los plásticos de ingeniería.

Haciendo un análisis del cambio tecnológico para poder implementar CIM en este sector industrial, encontramos que el primer paso es el uso de robots industriales que está concentrado en operaciones muy simples, como tareas repetitivas que no requieren tanta precisión.

Las ventas anuales de robots industriales, dedicados a la industria del plástico, han ido creciendo en Europa con tasas que oscilan en torno al 25%. El valor creciente de ésta tasa se debe a factores muy diversos.

En primer lugar, el número de personas en la industria que tienen conocimiento de la tecnología y de su potencial para sus aplicaciones de utilidad.

En segundo lugar, la tecnología de la robótica mejorará en los próximos años de manera que hará a los robots más “amistosos” con el usuario, más fáciles de integrar a CIM y más sencillos de instalar.

En tercer lugar, el crecimiento del mercado; donde son previsibles economías de escala en la producción de robots para proporcionar una reducción en el precio unitario, lo que haría los proyectos de aplicaciones de robots más fáciles de justificar desde el punto de vista del retorno de la inversión.

En cuarto y último lugar, se espera que el mercado de la robótica sufra una expansión más allá de las grandes empresas, que son clientes tradicionales para ésta tecnología.

La robótica es una tecnología con futuro y también para el futuro. Si continúan las tendencias actuales, y si algunos de los estudios de investigación en el laboratorio actualmente en curso se convierten finalmente en una tecnología factible, los robots del futuro serán unidades plenamente móviles, con múltiples capacidades de sensores y con la misma potencia de procesamiento y de cálculo que las grandes computadoras actuales; y todo esto implica perfectamente la integración dentro del entorno CIM.

### **2.6.6 CIM en la Industria Farmacéutica**

En el laboratorio farmacéutico "Roberto Escudero Díaz" de la industria Médico Farmacéutica (IMEFA), cuenta con un sistema automatizado para el control de las actividades de la Subdirección de calidad, que forma parte del sistema CIM para el control de todas las actividades realizadas en el laboratorio.

La actividad de esta subdirección es decisiva dentro del proceso productivo del centro, pues sin una materia prima correctamente analizada y aprobada no se puede pasar a la producción de determinado medicamento y a su vez sin una producción adecuada y aprobada en tiempo no puede pasarse a su correspondiente distribución, es por eso que la automatización de toda esta actividad ayuda a la eficiencia de esta subdirección.

### **2.6.7 CIM en la Industria de Circuitos Electrónicos e Integrados**

Las constantes innovaciones tecnológicas son causantes de la reducción de la vida útil de los productos electrónicos, por lo que el fabricante debe enfrentarse al reto de producir productos cada vez más complejos en el menor tiempo y con bajo costo posible. Esto se puede lograr gracias a la ayuda de sistemas de fabricación integrados

por ordenador, ya que proporcionan un soporte tanto en la creación y diseño como en la automatización de la producción.

El auge y avance en la microelectrónica está íntimamente ligado al CAD, donde el paso más importante es el diseño y la experimentación. CIM colabora no sólo en el diseño (CAD), sino en el mejoramiento continuo del proceso de fabricación (CAE/CAM), donde interviene reduciendo horas-hombres y costos.

Otro aspecto importante de CIM es la verificación de los circuitos integrados diseñados y fabricados cuya complejidad aumenta constantemente, siendo las principales ventajas:

- Se logra la obtención de circuitos con las características deseadas.
- Asegura la completa ausencia de errores.
- Minimiza el tiempo de diseño.
- Disminución de costos.
- Sincronización con la tecnología existente.

En todo este proceso, desde el diseño hasta la fabricación, se encuentran realizados los sistemas CAD/CAM/CAE, siendo la finalidad de CIM ayudar al ingeniero de diseño en todas las etapas del desarrollo del producto, englobando los conceptos CAD/CAM/CAE.

Como resultado de la implementación de CIM, el proceso de desarrollo de un producto se reduce drásticamente, agilizando y anulando toda posibilidad de cometer errores. Para lo que antes era necesario desarrollar un prototipo físico, ahora ya no lo es, hasta se puede comprobar su funcionamiento mediante una simulación.

### **2.6.8 CIM en la Industria del Automóvil**

La industria de la automoción, ha sido, indiscutiblemente, una de las principales promotoras del desarrollo y aplicación de la tecnología CIM. La fabricación de automóviles, es un agregado de muchos procesos (que no siempre se realizan en una misma planta).

La fabricación de automóviles de alta tecnología demanda procesos sofisticados de fabricación, desde los modernos motores hasta los accesorios de su interior.

El entorno físico de una planta actual de la industria de automoción, propicio para la implementación de CIM, puede constar de varias células de fabricación que producen su propio producto.

Las ventajas de la implementación de CIM se pueden apreciar cuando hay una serie de parámetros específicos que se deben administrar y transferir a las distintas células en determinadas etapas del proceso. Ya que solamente el personal calificado y autorizado puede tener acceso a estos datos protegidos por contraseña, este proceso podría ubicarse con claridad en niveles superiores de la pirámide de automatización CIM.

Así, las bondades de CIM en la gestión de la información, permitirá garantizar el seguimiento continuo de las operaciones, pues todos los cambios deben registrarse en una base de datos.

Todas las células están conectadas tanto al servidor como al terminal central del operador mediante una red abierta, en tanto que los ordenadores de la sala de control están comunicados mediante una red Ethernet.

Además de la base de datos, el servidor principal actúa como elemento de intercambio de datos con cada una de las células, las cuales están comunicadas mediante servidores y el servidor de alarmas también forma parte del servidor principal.

El terminal del operador incluye las funciones “Control de producción” y “Cliente de alarmas”. Además, es posible establecer una conexión con un sistema superior a nivel de planta, que acceda a la base de datos relacional mediante Ethernet.

Se puede acceder al sistema de control y a todos los sistemas controladores programables (PLC) de las células mediante un módem, lo cual asegura que el cliente no pierda el control del sistema en caso de avería.

Si bien es cierto que la tecnología CIM es aplicable a muchas industrias, no es menos cierto que la industria del automóvil necesita de manera imperativa la aplicación de esta tecnología, dadas sus características de gran variedad de productos, alto volumen de producción, su competitividad y su agresividad para llegar al usuario final en las mejores condiciones de calidad y precio.

### **2.6.9 CIM en la Industria Pesada**

La industria pesada se caracteriza por producir equipos de grandes dimensiones y grandes pesos, complejos y en cantidades reducidas, y muchos son productos unitarios y no repetitivos.

En atención a las características mencionadas se hace imprescindible el uso de la tecnología CIM, si se quiere reducir drásticamente el tiempo de diseño y el costo de producción de un prototipo en el que se puedan efectuar pruebas de suficiencia.

La reducción del ciclo de vida de muchos productos hace que cada vez se disponga de menos tiempo para el desarrollo de los mismos, complicando el hecho de su complejidad creciente, las exigencias de calidad y las garantías exigibles de seguridad.

Al producir bienes en cantidades pequeñas o unitarias se hace impensable el tener que construir un prototipo. Las técnicas de CIM pueden aplicarse en las diferentes fases de desarrollo de un equipo pesado.

### **2.6.10 CIM en la Industria Alimentaria**

Desde 1977 se viene trabajando en el ámbito del Desarrollo y la Venta de software ERP especial y personalizado para empresas del sector agroalimentario, así como el asesoramiento empresarial.

Con la implementación de sistemas integrados de gestión de la producción, como es CIM, los empresarios disponen de un soporte empresarial y de producción enfocado a la optimización integrada de los procesos y sistemas de información gerencial que deben contar con las siguientes características de prestación:



- Enterprise Resource Planning (ERP) con Compras, Almacén, Producción, Gestión de la disposición, Ventas, Trazabilidad, Gestión de calidad, Sistema de gestión e información de datos de laboratorio (QLS/LIMS), Gestión de sustancias y mercancías peligrosas.
- Sistema de planificación de procesos (PPS).
- Registro de Datos de Empresa (BDE con CSB-Rack).
- Registro móvil de datos (Mobile Business con M-ERP).
- **Computer Integrated Manufacturing (CIM).**
- Manufacturing Execution System (MES).
- Recursos humanos (RRHH).
- Contabilidad y Finanzas (CyF).
- Comunicación corporativa con Gestión integrada de la cadena de suministro (iSCM) y Gestión integrada de las relaciones con clientes (iCRM).
- Business Intelligence (BI).
- Sistema de gestión de documentos (DMS).
- Gestión de procesos de negocio (BPM).

En España ya son varias las empresas proveedoras de software ERP específicos para cada sector industrial. Recientemente se ha desarrollado un nuevo proyecto con IRTA<sup>26</sup> (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria), cuyo objetivo es potenciar la investigación, el desarrollo y la innovación de soluciones tecnológicas para el sector alimentario.

Con el apoyo de la infraestructura del Centro de Nuevas Tecnologías Alimentarias, ubicado en Monells (Girona), se desarrollan investigaciones y servicios para las empresas agroalimentarias, que disponen de las más modernas tecnologías de procesado, como son el tratamiento por alta presión hidrostática, microondas, radiofrecuencia y maduración ultra rápida.

El centro cuenta también con una zona de recepción de materias primas, salas de pre-tratamientos, salas de tratamientos, sala blanca, sala de envasado, paletizado y una zona de expedición del producto tratado. Dentro de los servicios que ofrece a las empresas destacan el tratamiento "a maquila" de todo tipo de productos.

Los proyectos del IRTA ofrecen asistencia especializada, a través del uso de módulos integrados que gestionan soluciones de trazabilidad individual de planta y por lotes, que son requerimientos legales impuestos por la UE.

La implementación de Sistemas Integrados para la Producción agroalimentaria se desarrolla progresivamente en todas las áreas de las plantas, como son: a) La gestión de mercancías, b) Gestión de Compras, c) Gestión de Comunicaciones (EDI), d) Gestión de Almacenes, e) Gestión de Producción, F) Gestión de Ventas que incluye la integración del etiquetado homologado por AECOC, g) Gestión de calidad, h) Seguridad Alimentaria.

---

26 IRTA: Abreviación del catalán Institut de Recerca y Tecnología Agroalimentàries

La gestión integrada de todas estas áreas se logra gracias a la implementación de la tecnología CIM, que además asiste a la conexión en línea a básculas que contarán con las etiquetadoras y lectores de la empresa.

## **2.7 Contenidos CIM en estudios de la actual Ingeniería Industrial en España**

Las nuevas prácticas de fabricación automatizada, forzaron a migrar lejos desde los paradigmas tradicionales de la era de la fabricación en masa hasta la era de la fabricación basada en el producto o proceso. De tal forma que, las filosofías que se armonizan e integran en la tecnología CIM, ahora cobran mayor importancia en los currículos universitarios.

Algunos investigadores criticaron el excesivo énfasis en la optimización teórica de los modelos referidos a las tecnologías de fabricación porque no se correspondían a situaciones reales de la práctica industrial. Por este motivo, se centraron los objetivos en propiciar el mayor acercamiento posible entre la universidad y la empresa usuaria de CIM.

Un claro ejemplo son los esfuerzos realizados por la organización CIRP<sup>27</sup>. CIRP es una institución europea dedicada a la Investigación de la Ingeniería de Producción y patrocinó un seminario internacional para la enseñanza y entrenamiento de temas relacionados con los sistemas de fabricación CIM.

Una de las conclusiones señaló, que los ingenieros necesitan estar más entrenados para afrontar problemas de situaciones reales y emplear su capacidad de gestión de la tecnología CIM de forma intensiva.

Por tanto, se determinó que era necesario reforzar las habilidades, conocimientos y solvencia de los profesionales en la gestión de tecnologías integradas de fabricación. Ya que estas tecnologías son las más adecuadas para dar soluciones integrales con valoraciones técnicas – tecnológicas y administrativas – empresariales.

Sin embargo, el instrumento para el diseño de contenidos (resultado del acercamiento entre la universidad y la industria) actualmente no está definido; no obstante, se notó que los contenidos, métodos de enseñanza, didáctica, etc. necesitaban una revisión.

De forma general se puede decir que la industria usuaria de CIM, demanda ingenieros con cultura industrial generalista pero con un alto nivel de desarrollo de habilidades en tecnologías de fabricación integradas por ordenador.

Cualidades que permiten a dicho profesional, poder actuar en posiciones de toma de decisiones, las que serán desarrolladas con el suficiente criterio de un profesional que puede ver una cuestión en particular pero que es capaz de apreciar el conjunto que rodea el ámbito de la situación particular.

Otro aspecto a tomarse en cuenta es el que históricamente las escuelas de ingeniería han formado a técnicos expertos, los que después desarrollan su capacidad en dirección cuando ya llevan muchos años de experiencia laboral.

---

27 CIRP: Abreviación del francés College International pour la Recherche en Productique

Sin embargo, los empleadores esperan que los ingenieros recién contratados sean técnicamente competentes en los “pernos y tuercas” y que también estén listos para asumir el rol de líder en la aplicación de nuevas tecnologías con éxito.

En la búsqueda bibliográfica realizada para este trabajo de investigación, no se han encontrado trabajos que propongan o identifiquen los contenidos más adecuados para la capacitación y entrenamiento de estudiantes en tecnología CIM, por lo que consideramos importante proponerlo, ya que la importancia de CIM para la empresa nacional, queda refrendada con los índices de utilización anteriormente mencionados.

Sin embargo, no solo no se proponen los contenidos sino tampoco las metodologías para identificar estos contenidos o diseñar el currículo.

La tesis doctoral propone solucionar esta carencia, pudiendo (la metodología diseñada para la actualización del currículo en determinado tema) extrapolarse a cualquier otra necesidad de diseño de contenidos que consideren ciertas variables (voz del cliente, evaluadores externos, evaluadores internos, estudiantes, profesores, etc.), necesarias en el modelo.

Desde la década de los años 80, el estudio de la capacitación profesional en la especialidad de tecnología CIM en España, se ha limitado a muy pocas experiencias documentadas. Analizando desde las primeras hasta las últimas experiencias en la capacitación e implementación de CIM en España, encontramos que el primer caso que fue el programa de MBA<sup>28</sup>. Esta posibilidad de estudio se ofreció a los estudiantes de la Escuela de Negocios, mediante la cuál podían especializarse en la dirección de sistemas de tecnologías avanzadas de fabricación. Como caso práctico de aplicación, emplearon un simulador de Sistemas de Fabricación Flexible (FMS<sup>29</sup>).

Por otra parte, una de las últimas aplicaciones de la tecnología CIM en la actualidad y que ha demandado la capacitación de personal en esta tecnología; es el caso de la renovación de la industria textil y de confección española.

Este sector industrial demandó un proceso de ajuste y contenido tecnológico en su personal. Dicho caso es interesante de analizar, porque al igual que en este sector industrial, la tecnología CIM se hace necesaria en todas las empresas industriales que quieren permanecer líderes en el mercado y escogieron la tecnología CIM como ventaja competitiva.

### **2.7.1 Enseñanza de tecnología CIM en la actual Ingeniería Industrial de España**

La enseñanza de tecnología en carreras universitarias, es bastante compleja, ya que no solo los profesores deben tener una particular formación sino que también los contenidos deben ser preparados con mucho cuidado.

Esta preocupación motiva a que la Revista Europea de Enseñanza de Ingeniería (EJEE: abreviatura del inglés European Journal of Engineering Education) dedique un número completo refleja a publicaciones del estudio de las características de la enseñanza tecnológica en la ingeniería en Europa. Una de sus principales

---

28 MBA: Abreviatura del inglés Master in Business Administration

29 Sigla del vocablo en lengua inglesa FMS: Flexible Manufacturing Systems

conclusiones es la necesidad de enmendar los errores de prácticas de enseñanza anteriores, referidos a los siguientes aspectos:

1. Habilidades pedagógicas de los profesores de ingeniería
2. Competencias y Cualificaciones en la enseñanza de la ingeniería superior.
3. Programas de entrenamiento técnico para los profesores de ingeniería.
4. Recursos pedagógicos para universidades técnicas.
5. Control de Calidad y retroalimentación en el proceso de enseñanza técnica universitaria.
6. Mejora del atractivo de los estudios de ingeniería (marketing de revalorización).

La Sociedad Europea para la Enseñanza de Ingeniería (SEFI<sup>30</sup>: abreviatura del francés *Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs*) encabezó la propuesta de mejoras, planteó el perfil de los profesores de ingeniería, las mismas que eran de carácter de orientación y no obligatorio.

El énfasis de la propuesta se basó en la importancia del aprendizaje la tecnología en las ingenierías y los recursos que demandan su enseñanza, así como la fortaleza de los profesores con experiencia no solo en recursos didácticos sino también con experiencia de trabajo en el ejercicio profesional fuera de las aulas.

Si bien el objetivo que se exige de un trabajo de ingeniería no es sólo que se encuentre la solución a un problema determinado, sino que esta solución sea la más adecuada en términos que generalmente son antagónicos: coste, tiempo, calidad, respeto por el medio ambiente, etc.

La formación que permite, a los graduados en ingeniería, abordar la resolución de problemas o proyectos de esta forma, aconseja el uso de metodologías que favorezcan aspectos tales como:

- a) El carácter interdisciplinar de la formación.
- b) El énfasis en el diseño enfrentándose a problemas con solución abierta, interpretación de resultados, búsqueda de soluciones alternativas.
- c) El trabajo en equipo, como medio para integrar capacidades y gestionar problemas complejos.

Este análisis describe perfectamente a la carrera de Ingeniería Industrial y se replica en la enseñanza de contenidos tecnológicos específicos, como es la enseñanza de la tecnología CIM, pues es una tecnología que integra varias tecnologías y por tanto, tiene un carácter interdisciplinar.

Su estudio plantea la simulación de situaciones reales en la industria y la resolución de sus problemas en entornos reales y finalmente la integración de las tecnologías de fabricación abarcan la gestión integral, esto quiere decir que no solo se centra en las operaciones de producción sino que también interviene a nivel gerencial en la toma de decisiones o participación en procesos de gestión de proveedores, gestión de calidad, gestión de postventa, gestión de residuos, etc.

---

30 El día 3 de julio de 2008 en la ciudad de Aalborg, Dinamarca; se ha presentado una publicación sobre parte de esta tesis en la conferencia anual de esta institución (ISBN: 978-90-8790-571-2)

### **2.7.2 Planes de Estudio de Ingeniería Industrial de Universidades de España**

La Ingeniería Industrial ha conseguido su máximo prestigio y reconocimiento no sólo por ser parte fundamental en la industrialización de España y en su desarrollo económico, sino también porque la formación generalista del ingeniero industrial ha favorecido su incorporación a todas las áreas de gestión de las empresas, industrias y organizaciones.

Por esto, se ha trabajado en la posibilidad de que en el futuro catálogo de títulos europeos siga figurando el de Ingeniero Industrial, con su carácter actual, gozando del prestigio y la consideración que tiene en la actualidad (Marín, 2003).

Los graduados en Ingeniería Industrial están capacitados para, diseñar y conducir experimentos y proyectos, analizar e interpretar datos, comunicarse clara y eficazmente, así como comprender el impacto de las soluciones de la ingeniería en la que están participando, en los contextos económico, industrial y social.

Los conocimientos fundamentales que actualmente proporcionan una formación adecuada en las bases teóricas y en las tecnologías propias de la Ingeniería Industrial, se reúnen en la relación de asignaturas troncales de obligada inclusión en todos los planes de estudios, según establece el Real Decreto 921 de 17 de julio de 1992, actualmente vigente.

Estos conocimientos fundamentales suponen aproximadamente el 50% de la formación recibida por el Ingeniero Industrial, el restante 50% se distribuye en materias obligatorias, optativas y de libre configuración, fijadas por el plan de estudios de cada Universidad y acordes con la formación específica que requiere cada entorno industrial.

Una vez conocida la división por asignaturas, de carácter obligatorio, de la carrera de Ingeniería Industrial; el presente trabajo de investigación propone un mapeo de la ubicación de asignaturas de Ingeniería Industrial, en las que se considera la enseñanza de contenidos CIM.

Para esto, una decena de universidades representativas del todo el contexto nacional, especialmente del entorno del Institut Químic de Sarriá (Barcelona) que es el caso de estudio; han respondido a una sencilla encuesta.

Las Universidades participantes fueron: Universidad Alfonso X (Madrid), Universitat de Lleida (Lleida), Universidad Pontificia Comillas (Madrid), Universidad de Navarra (Navarra), Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona), Universidad Politécnica de Valencia (Valencia), Universidad Politécnica de Madrid (Madrid), Universidad Ramón Llull (Barcelona).

Para mantener la confidencialidad de los datos, las respuestas se muestran en los cuadros resumen, denominando a las universidades como Universidad 1, Universidad 2, etc. en orden aleatorio.

Así, en una primera etapa se realizó el mapeo de los planes de estudio y sus asignaturas, conformando grupos o áreas de enseñanza para cada curso de la carrera, como se muestra en el Cuadro 2-5.

	UNIVERS. 1	UNIVERS. 2	UNIVERS. 3	UNIVERS. 4	UNIVERS. 5	UNIVERS. 6	UNIVERS. 7	UNIVERS. 8	PRINCIPALES ÁREAS de ENSEÑANZA
PRIMER CURSO	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT
	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG	EXPG
	INF	INF	INF	INF	INF	INF	INF	INF	INF
SEGUNDO CURSO				CADD			MCMAQ		
		EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT	EXT
		MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT
	EELEC	ESTD	EELEC	EELEC	ORGADM	ESTD	ESTD	EELEC	ORGADM y ECO
	TECFAB	ORGADM	MCMAQ	MCMAQ	MCMAQ	MCMAQ	EELEC	MCMAQ	MCMAQ y TECFAB
	ECO		ECO	INF	INF	ECO	ECO	EXPG	
TERCER CURSO					CADD				
		MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT	MAT
	ESTD	PRY	ESTD	ECO	ESTD	TECFAB	TECFAB	MCMAQ	MCMAQ y TECFAB
	MCMAQ	MCMAQ	MCMAQ	MCMAQ	ECO	CONST	ORGADM	ECO	EELEC y ELAUT
	EELEC	CONST	EELEC	EELEC	ECO	ELAUT	MCMAQ	ELAUT	
				QAL		EXT	EXT	TRSP	
CUARTO CURSO									
	CONST		CONST	CONST	CONST	CONST	CONST	CONST	MCMAQ y TECFAB
	ORGADM		MAMB	CONST	ORGADM	QAL	ORGADM	MAMB	CONST
	TECFAB		TECFAB	TECFAB	TECFAB	MCMAQ	TECFAB	INGLES	EELEC y ELAUT
	ELAUT		ELAUT	EELEC	ELAUT	TECFAB	ELAUT	ELAUT	
						TRSP	MAT	MAT	
QUINTO CURSO									
	MAMB		ORGADM	MCMAQ	MAMB	TECFAB	TECFAB	TECFAB	PRY
	PRY		PRY	PRY	PRY	PRY	PRY	PRY	
	TRSP			TRSP	ENR		ORGADM	ORGADM	

Cuadro 2-5. Universidades españolas por Temáticas tecnológicas en cursos de Ingeniería

Las abreviaturas que corresponden al cuadro se detallan a continuación:

EXT: Ciencias Exactas

EXPG: Expresión Gráfica

INF: Informática

MAT: Materiales

EELEC: Electricidad y Electrotecnia

TECFAB: Tecnologías de Fabricación

MCMAQ: Mecánica, Máquinas

ECO: Economía

CONST: Construcción

ORGADM: Organización Industrial, Administración de Empresas y Recursos

ELAUT: Electrónica y Automática

MAMB: Medio Ambiente

PRY: Proyectos

TRSP: Transportes

CAD: Diseño Asistido por Ordenador

QAL: Calidad

Un análisis complementario muestra, en el Cuadro 2-6, las cifras que reflejan el porcentaje de universidades (del total de universidades elegidas por su importancia o cercanía al contexto de la universidad Ramón Llull) que coinciden en la enseñanza de asignaturas o áreas de conocimiento en la carrera de Ingeniería Industrial, las principales conclusiones son:

- En primer curso el énfasis de la enseñanza se enfoca en las Ciencias Exactas, Expresión Gráfica e Informática.

ASIGNATURAS O TEMÁTICAS	1º CURSO (%)	2º CURSO (%)	3º CURSO (%)	4º CURSO (%)	5º CURSO (%)
EXT	100%	88%	25%	0%	0%
EXPG	100%	13%	0%	0%	0%
INF	88%	25%	0%	0%	0%
MAT	0%	88%	88%	25%	0%
MCMAQ y TECFAB	13%	75%	100%	88%	38%
ESTADISTICA	0%	50%	38%	0%	0%
EELEC y ELAUT	0%	63%	75%	75%	13%
PRY	0%	0%	13%	0%	88%
CONST	0%	0%	25%	88%	0%
ORGADM y ECO	0%	75%	50%	50%	38%
MAMB y ENR	0%	0%	0%	25%	38%
CADD	13%	13%	13%	0%	0%
QAL	0%	0%	13%	13%	0%
TRSP	0%	0%	13%	13%	25%

Cuadro 2-6. Porcentaje de coincidencia en la enseñanza de Asignaturas por cursos

- En el segundo curso el énfasis de enseñanza se enfoca en Ciencias Exactas, Materiales, Organización – Administración - Economía y el estudio de Mecánica – Máquinas – Tecnología – Fabricación.
- En el tercer curso el énfasis de enseñanza se enfoca al estudio de Materiales, Mecánica – Máquinas – Tecnología – Fabricación y el estudio de Electricidad – Electrotecnia – Electrónica – Automática .
- En el cuarto curso el énfasis de enseñanza se enfoca al estudio de Mecánica – Máquinas – Tecnología – Fabricación, Construcción y el estudio de Electricidad – Electrotecnia – Electrónica – Automática.
- En el quinto curso, el énfasis de enseñanza se enfoca al estudio de Proyectos.

Para contextualizar la situación inicial, es importante conocer las características de la enseñanza de los contenidos CIM (Ver Cuadro 2-7). Es decir, en qué curso se imparten las asignaturas, qué carácter tiene la asignatura (obligatoria, optativa, general, intensificación, etc.). Como en el caso anterior, se ha tomado en cuenta a 8 universidades (referentes de prestigio y cercanía física por la potencial competencia).

ASIGNATURAS QUE ABARCAN LA ENSEÑANZA DE CIM POR CURSO							
1º CURSO	U4:Lab. CAD/CAE I y II (optativa)	U4:Lab. CAD/CAM I (optativa)	U4:Lab. ctrl de sistemas de fabricación I (optativa)				
2º CURSO	U1:Ingeniería de Fabricación (obligatoria)	U2:Admin. empresas y Org. producción (obligatoria)	U4:Lab. Ctrl. de sistemas de fabricación II (optativa)				
3º CURSO	U3:Robótica (obligatoria)	U6: Sistemas Automáticos (obligatoria)	U7: Electrónica y reg. automática (Intensificación Automática / Fabricación)				
	U6: Tec.fabricación y tec.máquinas (obligatoria)	U7: Org. Ind.(Intensificación Automática)	U7: Fabricación I (Intensificación Autom/Fab)	U7: Tec. Automatización I (Intensificación Fab.)			
4º CURSO	U1: Org.Ind. y Admin. Empresas (obligatoria)	U1: Tec.fabricación y tec.máquinas (obligatoria)	U3: Automatización Industrial (obligatoria)	U3: Tec.fabricación y tec.máquinas (obligatoria)	U4: Ingeniería de control (obligatoria)	U4: Org.de Prod. (obligatoria)	U4: Tec. Fabricación (obligatoria)
	U5: Tec.fab. y tec.máquinas (obligatoria)	U5: Ctrl con ordenador (obligatoria)	U5: Tec. de Ctrl (optativa)	U5: Tec. Fabricación I (obligatoria)	U5: Org. Ind. (obligatoria)	U7: Fabricación II (Intensificación Autom/Fab.)	U8: Sist. electrónicos y Automáticos (obligatoria)
5º CURSO	U3: Integr. Proc. y diseño de fab. (optativa intensificación Ing. Mecánica)	U3: Org. y Ctrl de la prod. (obligatoria)	U5: Fabricación Asistida por Ordenador (Optativa)	U5: Ctrl. avanzado (optativa)	U5: Tec.Fabricación II (optativa)	U5: Fabricación Flexible (Optativa)	U7: Automatización de sistemas de producción (Intensificación Automática)
	U7: Fabricación II (Intensificación Fabricación)	U7: Integ. de Sist. de Fab. (Intensificación Fabricación)	U8: Reg. y automatismos (Intensificación const.ind.)	U8: Proc. avanzados de fabr. (intensificación Const.)	U8: Tec. de fab. y máquinas (obligatoria)		

Cuadro 2-7. Contenidos CIM en asignaturas universitarias clasificadas por cursos



En el Cuadro 2-7, las casillas verdes denotan una relación directa con la enseñanza de CIM, es decir, una enseñanza amplia sobre la fabricación integrada por ordenador; mientras que las casillas en blanco denotan un estudio parcial entre otras temáticas que se enseña en esa asignatura. La denominación U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7 y U8 se refiere a las universidades de las que se desagregó sus planes de estudio para este análisis.

### **2.7.3 Caso de Estudio: Ingeniería Industrial en el IQS**

El IQS fue fundado en Tortosa en 1905 con el nombre de Laboratorio Químico del Ebro; gracias a gestiones del jesuita valenciano P. Eduardo Vitoria. La finalidad de esta obra era el profundizar en el campo de la química con el fin de crear puentes de diálogo entre la ciencia positiva y el humanismo cristiano, que en aquellos momentos, parecían incompatibles.

Conservando la misma finalidad, habiéndose ampliado al ámbito universitario, dicho laboratorio se trasladó en 1916 a Sarriá (Barcelona) y tomó el nombre de Instituto Químico de Sarriá (IQS). Su actividad docente e investigadora se orientó cada vez más hacia el servicio de la sociedad, colaborando en la resolución de las dificultades del sector industrial.

En 1991 el IQS pasó a formar parte, como miembro fundador, de la Universidad Ramón Llull (URL), de inspiración cristiana. Al mismo tiempo empezó a diversificar su ámbito de estudios creando una Facultad de Economía y luego, en el año 2000 siguió esta diversificación incorporando la titulación en Ingeniería Industrial, estudios que el IQS ya había impartido 40 años antes.

El 31 de julio del año 2003, fue aprobada la adaptación a la normativa vigente del plan de estudios de Ingeniero Industrial del Instituto Químico de Sarriá CETS de la Universidad Ramón Llull, en sesión de la Junta Académica de fecha 20 de febrero de 2003.

Una vez emitido el informe favorable por acuerdo de la Subcomisión de Evaluación de Enseñanzas Técnicas, reunidos el día 26 de marzo de 2003 y subsanadas las deficiencias referenciadas en dicho informe; y homologado por acuerdo de la Comisión Académica del Consejo de Coordinación Universitaria de fecha 17 de junio de 2003, la Rectora resolvió ordenar la publicación del plan de estudios conforme a lo establecido en el artículo 10.2 del Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre (“Boletín Oficial del Estado” de 14 de diciembre), que sustituirá al plan de estudios anterior, publicado en el Real Decreto 901/2001, de 27 de julio (“Boletín Oficial del Estado” número 191, de 10 de agosto). Por tanto el nuevo plan de estudios, actualmente vigente, fue aprobado mediante resolución BOE 204, 26/08/03.

Esta nueva carrera profesional fue concebida para que los estudiantes con interés por las matemáticas, la física, la mecánica, la electricidad, la gestión, la informática y la química; pudieran adquirir conocimientos y desarrollar habilidades para integrarse como futuros profesionales en el mundo de la industria y resolver problemas en el diseño, desarrollo, fabricación, control y organización de todo tipo de productos y procesos.

Además, esta formación les permitiría usar las bases de la Ingeniería en la investigación, diseño, desarrollo, gestión y aplicación de nuevos productos y procesos en una gama amplia de sectores industriales; para el beneficio de la sociedad.

Las salidas profesionales se orientan a los campos de las industrias productivas y de servicios: en la metalurgia, los nuevos materiales, el transporte, la energía convencional y renovable, la logística, la electrónica, el cálculo de estructuras, medio ambiente, el automóvil, etc. Y las funciones a desarrollar van desde la organización de la producción a la gestión técnica, del diseño de nuevos equipos al mantenimiento de las instalaciones industriales y del control de calidad de todo tipo de productos y materiales hasta la actividad como técnico comercial.

El plan de estudios al que se refiere mencionada Resolución quedó estructurado de la siguiente forma que se detalla a continuación:

*Primer curso*

- Álgebra lineal
- Cálculo I
- Fundamentos de Informática
- Fundamentos Físicos de Ingeniería
- Fundamentos Químicos de Ingeniería
- Cálculo numérico
- Enlace químico y estructura de la materia

*Segundo curso*

- Expresión gráfica
- Métodos estadísticos de la ingeniería
- Teoría de circuitos
- Teoría de máquinas
- Ampliación de química
- Cálculo diferencial
- Mecánica aplicada
- Dibujo industrial
- Inglés

*Tercer curso*

- Economía industrial
- Elasticidad y resistencia de materiales
- Fundamentos de ciencia de materiales
- Sistemas eléctricos
- Termodinámica y mecánica de fluidos
- Electrónica básica
- Fenómenos de transporte
- Máquinas eléctricas
- Práctica integrada

- Inglés

*Cuarto curso*

- Ciencia y tecnología del medio ambiente
- Ingeniería del transporte
- Métodos matemáticos
- Sistemas electrónicos y Automáticos
- Tecnología de materiales
- Teoría de estructuras y construcciones industriales
- Inglés técnico
- Optativa 1
- Optativa 2
- Libre configuración 3

*Cuarto curso intensificación – construcciones industriales*

- Diseño asistido por Ordenador
- Ampliación de teoría de estructuras
- Arquitectura y construcción Industrial

*Cuarto curso Intensificación – Fabricación y Máquinas*

- Diseño asistido por Ordenador
- Ampliación de teoría de estructuras
- Cálculo de elementos de máquinas

*Cuarto curso intensificación en materiales*

- Materiales polímeros y cerámicos
- Ingeniería de superficies
- Selección de materiales

*Cuarto curso intensificación Química*

- Experimentación en Ingeniería
- Operaciones de separación
- Reactores químicos

*Cuarto curso intensificación en Gestión y Administración de Empresas*

- Aspectos legales de la empresa
- Contabilidad y Finanzas
- Gestión de la calidad

*Quinto curso*

- Ingeniería Térmica y de fluidos
- Organización Industrial y Administración de empresas

- Proyectos
- Tecnología Eléctrica
- Tecnología Energética
- Tecnologías de Fabricación y Tecnología de Máquinas
- Ética profesional
- Proyecto (PFC)
- Optativa 1
- Libre configuración 2

*Quinto curso Intensificación en Construcciones Industriales*

- Regulación y automatismos
- Estructuras de Hormigón y metálicas
- Intensificación en Fabricación y Máquinas
- Regulación y automatismos
- Procesos avanzados de fabricación

*Quinto curso Intensificación en Materiales*

- Técnicas de la caracterización de materiales
- Ingeniería de corrosión

*Quinto curso Intensificación en Química*

- Diseño de equipos e instalaciones
- Química industrial

*Quinto curso Intensificación en Gestión y Administración de empresas*

- Gestión Estratégica
- Gestión de la Innovación y la Tecnología

Una segunda clasificación complementaria se basa en los criterios de las características de las asignaturas, pudiendo ser estas: Troncales, Obligatorias, Optativas o de Libre Configuración.

Las asignaturas troncales son aquellas que se tienen que cursar obligatoriamente y corresponden a los contenidos básicos de cada titulación. Deben figurar en todos los planes de estudios que conducen a un mismo título oficial, sea cual sea la universidad que lo imparte. Las asignaturas troncales son establecidas por la Directriz General Propia de cada titulación que la establece el Ministerio de Educación a propuesta del Consejo de Coordinación Universitaria.

Las asignaturas obligatorias son aquellas que se establecen como obligatorias en cada universidad. No necesariamente figuran en los planes de estudio, conducentes al mismo título, en otras universidades. Se tienen que cursar obligatoriamente.

Las asignaturas optativas son aquellas establecidas por cada universidad, con la particularidad de que el alumno puede elegir las libremente. Normalmente suelen concentrarse en los últimos cursos de cada titulación y se agrupan para formar

orientaciones o especialidades, en este caso, para obtener la intensificación o especialidad.

Las asignaturas de libre configuración, son aquellas también conocidas como créditos de libre elección. Están regulados por el Art.7.1.c del RD. 1497/1987 y se establecieron para que el estudiante pudiera completar su currículo con asignaturas que fueran de su interés, aunque no se impartieran en su plan de estudios.

El estudiante puede obtener los créditos de libre elección a través de asignaturas de otras titulaciones, impartidas por su universidad, que se le oferten en los catálogos de asignaturas de libre elección.

También se pueden cursar como créditos de libre elección las asignaturas optativas del propio plan de estudios, que no se esté obligado a cursar para completar una determinada orientación o especialidad. El porcentaje de créditos para libre configuración deberá ser al menos del 10% de la carga lectiva global del plan de estudios. Por tanto el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, ofertada por el IQS, está conformado por las siguientes asignaturas.

#### *Asignaturas Troncales*

1. Economía Industrial
2. Elasticidad y Resistencia de Materiales
3. Expresión Gráfica
4. Fundamentos de Ciencias de Materiales
5. Fundamentos de Informática
6. Fundamentos de Físicos de la Ingeniería
7. Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería
8. Fundamentos Químicos de la Ingeniería
9. Métodos Estadísticos de la Ingeniería
10. Teoría de Circuitos y Sistemas
11. Teoría de Máquinas
12. Termodinámica y Mecánica de Fluidos
13. Ingeniería del Transporte
14. Ingeniería Térmica y de Fluidos
15. Métodos Matemáticos
16. Organización Industrial y Administración de Empresas (contenidos CIM)
17. Proyectos
18. Sistemas Electrónicos y Automáticos
19. Tecnología Eléctrica
20. Tecnología Energética
21. Tecnología de Materiales
22. Tecnologías de Fabricación y Tecnología de Máquinas (parte de contenidos CIM)

## 23. Tecnología de Estructuras y Construcciones Industriales

### *Asignaturas Obligatorias*

1. Enlace Químico y Estructura de la Materia
2. Cálculo Numérico
3. Ampliación de Química
4. Cálculo Diferencial
5. Mecánica Aplicada
6. Máquinas Eléctricas
7. Fenómenos de Transporte
8. Electrónica Básica
9. Proyecto (PFC)
10. Inglés Técnico
11. Ética Profesional

### *Asignaturas Optativas*

1. Comportamiento Organizativo
2. Contabilidad de Costes
3. Contabilidad General - Análisis Contable
4. Dibujo Industrial (estudio de parte de contenidos CAD/CIM)
5. Entorno Económico
6. Inferencia Estadística
7. Práctica Integrada (estudio de parte de contenidos CIM)
8. Ampliación de Teoría de Estructuras
9. Arquitectura y Construcción Industrial
10. Aspectos Legales de la empresa
11. Cálculo de elementos de Máquinas
12. Ciencia, Tecnología y Sociedad
13. Comercio Electrónico
14. Comercio Internacional
15. Diseño Asistido por Ordenador (estudio de parte de contenidos CIM)
16. Diseño de Equipos e Instalaciones
17. Entorno Social
18. Estructuras de Hormigón y Metálicas
19. Experimentación en Ingeniería
20. Gestión de la Calidad
21. Gestión de la Innovación Tecnológica

22. Gestión de Operaciones (estudio de parte de contenidos CIM)
23. Gestión Empresarial
24. Gestión Estratégica
25. Ingeniería de la Corrosión
26. Ingeniería de las Superficies
27. Materiales Poliméricos y Cerámicos
28. Operaciones de Separación
29. Pensamiento Social Cristiano
30. Procesos Avanzados de Fabricación (estudio de parte de contenidos CIM)
31. Química Industrial
32. Reactores Químicos
33. Regulación y Automatismos (estudio de parte de contenidos CIM)
34. Selección de Materiales
35. Técnica de Caracterización de Materiales

Después de haber revisado al detalle cada asignatura, sus contenidos y sus características (curso en que imparte, carácter obligatorio, optativo, troncal o de libre configuración, así como su temporalidad: cuatrimestral, semestral o anual).

Se ha podido advertir que los contenidos relativos a la Fabricación Integrada por Ordenador en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS, se hallan dispersos en asignaturas que le dedican contenidos parciales, que no abarcan todo su estudio, por tanto no respondería a una demanda profesional especializada en CIM.

No se ha encontrado una asignatura dedicada exclusivamente al estudio de CIM, ni prácticas de laboratorio para el aprendizaje exclusivo de esta temática. Sin embargo, es interesante referirnos a una encuesta que se realizó a los profesores del IQS de las asignaturas, que de alguna forma, sus contenidos se relacionan directa o indirectamente con CIM.

En mencionada encuesta se les preguntó a los profesores, previa descripción y definición de CIM, si consideraban que su asignatura tenía relación con CIM y si consideraban que esta tecnología era importante enseñarla en la carrera. A estas dos respuestas un mayoritario porcentaje respondió que si.

Por lo que se concluye que es importante analizar los motivos por los que no se han podido articular todos los contenidos para la enseñanza de CIM en una o varias asignaturas de la carrera, así como el estudio de la mejor forma de realizarlo.

Para esto la tesis propone el diseño de una metodología capaz de combinar varias herramientas, entre ellas QFD y el método Delphi, para obtener resultados que se ajusten a las necesidades de las demandas del mercado laboral. Para que este diseño tenga vigencia por un periodo considerable, será necesario que se considere la estructura de un sistema que incluya la retroalimentación entre clientes y los generadores del bien o servicio.





### **3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DEL DISEÑO DE METODOLOGÍA**

En este capítulo se propone el diseño de una metodología para la actualización de contenidos curriculares de CIM en carreras universitarias tecnológicas; que identifica, define, prioriza y formaliza la información proporcionada por:

- El sector industrial (en su calidad de usuario/proveedor de tecnología CIM y empleador o mercado laboral de futuros graduados).
- El sector académico (en su calidad de encargados de la formación profesional que enseña contenidos CIM).
- Estudiantes de carreras tecnológicas (como beneficiarios finales del diseño metodológico y futuros profesionales cuyo ejercicio profesional gestione la tecnología CIM).

#### **3.1 Introducción**

La propuesta de metodología diseñada, se basa en la aplicación e integración de varias metodologías y herramientas entre las que se destacan: QFD, Método Delphi, Encuestas, Diagramas de Afinidad, Proceso Analítico de Jerarquía, etc.

Los resultados del desarrollo de esta metodología se emplearán para definir un modelo general a partir del cuál se aplicará al caso de estudio.

En primer lugar se describe el establecimiento de la problemática por la cuál se decide trabajar en la propuesta de la tesis doctoral.

En segundo lugar se exponen las consideraciones previas al desarrollo del diseño de la metodología.

En tercer lugar se describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del diseño de la metodología.

En cuarto lugar se propone el esquema que describe el diseño de la metodología y luego se detallan las etapas de la misma.

Finalmente, se expone el prototipo del diseño de la metodología.

#### **3.2 Consideraciones previas**

Hoy en día es necesario que el Ingeniero Industrial posea conocimientos y destrezas necesarios en cuanto se refiere a tecnologías de fabricación, en especial en la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM), ya que es un profesional llamado a dirigir y tomar decisiones importantes en la empresa industrial. Esta situación hace que su formación demande una cualificación en aspectos gerenciales pero también en aspectos técnicos-tecnológicos.

Dado que el grado de automatización logrado a través de CIM permite controlar, desde un entorno integrado, todos los procesos involucrados en la producción de un bien o servicio (gestión de proveedores, estudio de mercado, mercadeo, fabricación, gestión de venta, gestión de postventa, gestión de residuos, gestión de la información, etc.) la formación profesional para garantizar solvencia en problemas relacionados a esta tecnología; implica una combinación de factores: conocimientos, habilidades o destrezas y las características de la personalidad.

Considerando, que CIM es una tecnología de pleno uso actual y futuro, empleado por las grandes industrias a nivel mundial, la importancia de su estudio en Ingeniería Industrial o carreras universitarias de contenidos tecnológicos, es una necesidad.

Sin embargo, los contenidos para su enseñanza no están estandarizados ni existe una metodología sugerida para revisar y actualizar los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial, a fin de garantizar la cualificación en CIM. Para lo que esta tesis doctoral hace una propuesta del Diseño de una Metodología para Revisar y Actualizar los Contenidos de Enseñanza, que responda a las demandas industriales que trabajan implementando CIM y que por otra parte, es el punto de encuentro con lo que el sector académico considera didáctico y oportuno para su enseñanza.

Así debemos entender que Metodología, se refiere a los métodos de investigación que se sigue para alcanzar una gama de objetivos en una ciencia, son el conjunto de métodos que se rigen en una investigación científica. En otras palabras, es la parte del proceso de investigación que permite sistematizar los métodos y las técnicas necesarias para llevarla a cabo. Por lo que la Hipótesis de trabajo es el desarrollo de un documento que sustente la conceptualización y organización dentro de un marco metodológico; que logra la determinación de contenidos de enseñanza CIM en el currículo de Ingeniería Industrial.

La acertada formación en tecnología CIM, tendrá un impacto positivo desde el punto de vista de los futuros graduados (estudiantes de CIM) y de los empleadores (usuarios de CIM), ya que el objetivo final de todo centro de formación es preparar profesionales que se adecuen y coloquen de mejor forma en el mercado laboral de su especialidad.

El universo población y muestra de este estudio comprende a las Universidades Españolas que imparten la carrera de Ingeniería Industrial y carreras que están relacionadas con el estudio de CIM como Ingeniería Técnica Industrial, Ingeniería en Organización Industrial, Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial, etc. También incluye a las empresas industriales de España que tienen implementada la tecnología CIM en grado parcial o total.

En cuanto a las delimitaciones de espacio, contenido y tiempo para el desarrollo de esta tesis se tendrá únicamente en cuenta a las universidades del entorno de la Universidad del caso de estudio, así como las universidades más reconocidas en la enseñanza tecnológica. Es decir, por la proximidad y prestigio se han tomado en cuenta principalmente a universidades de Cataluña, Valencia y Madrid. Por otra parte el estudio toma en cuenta la información proporcionada por las empresas industriales más importantes de España, según su implementación tecnológica y el movimiento económico que generan.

El Tipo de Investigación realizada en la propuesta aplica el método de recolección de datos de tipo descriptivo, ya que el objeto principal de desarrollo es demostrar la importancia que tiene para los futuros graduados en ingeniería industrial y para los futuros empleadores de los graduados (industrias que operan con CIM), la actualización de contenidos de enseñanza CIM.

Para ello se realizarán encuestas y grupos de expertos con participantes del sector académico de formación y del sector industrial empresarial. Se realizará un diagnóstico para luego proponer el Diseño Metodológico para la identificación,

estructuración y oportunidad de enseñanza de contenidos CIM en el currículo señalado anteriormente.

### 3.3 Establecimiento del Problema

Después de haber realizado un análisis detallado, en la Introducción y el Estado del Arte en los Capítulos 1 y 2, de todos los aspectos que involucran el estudio de: Diseño Curricular, la Tecnología CIM y la Metodología QFD; la problemática en la que se centra esta tesis se puede resumir en los siguientes puntos:

- La Educación Superior Tecnológica, con la carrera de Ingeniería Industrial entre otras, tiene el objetivo de cualificar en el manejo y conocimiento de los procesos tecnológicos de los diferentes sectores productivos. Supone el desarrollo de capacidades creativas, de toma de decisiones en la solución de problemas, de aprendizaje, de practicidad, de organización, de responsabilidad, de liderazgo y de valores para participar de manera eficiente en el desarrollo de la economía. Dado que la tecnología es un factor globalizador de especial interés en la Ingeniería Industrial, conviene que su estudio se haga en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).
- La formación profesional universitaria en el EEES propuesta por el Proceso de Bolonia, es una oportunidad que permitiría el estudio de contenidos curriculares como las tecnologías de fabricación (Fabricación Integrada por Ordenador - CIM) en ámbitos referidos a la actualidad científica y no limitados a entornos regionales.
- Por otra parte, el estudio de CIM es importante debido a que la tendencia tecnológica mundial está marcada por el reemplazo de los métodos tradicionales de la organización del trabajo por nuevas estructuras organizacionales caracterizadas por sistemas flexibles, integrados y abiertos, administración horizontal, énfasis en auto administración y un ambiente activo de autoaprendizaje; siendo CIM una tecnología que integra todas estas características.
- Sin embargo, el estudio del diseño curricular de contenidos de enseñanza de CIM en la carrera de Ingeniería Industrial no está definido ni estructurado, ya que el Proceso de Bolonia, faculta a las universidades para que estas desarrollen su propia configuración de contenidos y organización de sus planes de estudio, siempre y cuando se tomen en cuenta un mínimo de asignaturas obligatorias.
- Por tanto, se ha identificado la necesidad de sugerir una metodología para el diseño o actualización curricular de contenidos referidos a la tecnología de Fabricación Integrada por Ordenador en carreras universitarias tecnológicas, que de forma particular tome en cuenta las demandas de los futuros empleadores de los graduados de Ingeniería Industrial, así como las opiniones de los responsables de la formación académica que se especializan en la enseñanza de esta tecnología y sus temáticas afines.
- La metodología de la Función de Despliegue de la Calidad (QFD) servirá como base del diseño metodológico propuesto, debido a sus características de procesamiento matemático, objetivo y científico de la información proporcionada por los actores que intervienen en el diseño de un producto o servicio. QFD interpreta las necesidades del cliente en: características técnicas de diseño,

características técnicas de procesos productivos, características técnicas de subprocesos y en características técnicas de actividades para cada subproceso.

- Si bien ya existen experiencias de la aplicación de QFD para el diseño curricular de ciertos cursos, estos solo se limitaban a la identificación de características técnicas de las temáticas referidas a los contenidos. Por lo que esta tesis propone la identificación de los contenidos CIM, su ubicación en la malla curricular, su temporalidad y su relación con otros contenidos. Para lo que además de esta metodología hizo falta integrar otras metodologías y herramientas complementarias como el método Delphi, Diagramas, Encuestas, Análisis, etc. Así, este conjunto de prácticas se denominó “Diseño metodológico para la actualización de contenidos curriculares referidos a la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial”.

### **3.4 Herramientas Utilizadas en la propuesta de Diseño de Metodología**

A continuación se describen las principales características de las herramientas utilizadas en el diseño de la metodología propuesta.

#### **3.4.1 Encuestas**

La Encuesta es un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa de una población o instituciones, tiene el objetivo de obtener información indefinida.

Las encuestas se clasifican en tres grandes grupos según los siguientes criterios:

- *Fines científicos*: atendiendo a su contenido (encuestas referidas a hechos, opiniones, actitudes, motivaciones o sentimientos)
- *Procedimiento de administración del cuestionario*: entrevista personal, telefónica y autorrellenada.
- *Dimensión temporal*: si se analizan uno o varios momentos temporales (encuestas transversales y longitudinales).

Las encuestas que analizan varios momentos temporales pueden tener una segunda clasificación según el momento temporal referido (presente o pasado) y según el diseño de la investigación.

Las encuestas de carácter científico o de investigación tecnológica, generalmente distingue cinco tipos de encuestas: a) exploratorias, b) descriptivas, c) explicativas, d) predictivas y e) evaluativas (Hyman, 1971).

La Investigación Exploratoria es una investigación de reducidas dimensiones anterior a la investigación propiamente dicha, cuyo elemento definitorio es su consideración de prueba o ensayo y el carácter restringido de su planteamiento (Alvira, 1984). La investigación exploratoria se utiliza, fundamentalmente, cuando no existe información previa sobre un determinado fenómeno.

De tal modo, que el investigador la utilizará cuando desee realizar una primera "toma de contacto" con un objeto de estudio que no es muy conocido, ó para tener una primera familiarización con el problema de la investigación. Los usos más importantes de los estudios exploratorios son:

- Describir o formular una cuestión de manera más concreta.
- Determinar los cursos de acción alternativos.
- Desarrollar hipótesis.
- Aislar variables clave y conexiones para posteriores investigaciones.
- Conocer o conseguir intuiciones para desarrollar un enfoque del problema.
- Seleccionar prioridades para posteriores investigaciones.

Otro de los objetivos que inciden en el empleo de una investigación exploratoria es el deseo de conocer la estrategia de investigación que mejor se adecua al análisis de un determinado problema.

La investigación exploratoria se utiliza también para verificar la factibilidad de la investigación y para documentar los medios que se precisan para hacerla viable (Alvira, 1984).

Grande y Abascal (1999) sugieren tres estrategias para realizar esa primera "toma de contacto" con el objeto de estudio; estrategias que pueden utilizarse de forma aislada o conjunta y se describen a continuación:

1. Consulta a expertos. Conversaciones y discusiones con las personas que toman decisiones o puedan aportar ideas, con el fin de realizar una puesta en común de conocimientos, valoraciones e inquietudes sobre el problema.
2. Búsqueda y análisis secundario de datos disponibles.
3. Análisis de situaciones similares para conocer cómo se actuó.
4. Realizar una recopilación de información adicional mediante técnicas exploratorias: entrevistas en profundidad, grupos de discusión, etc.
5. Aunque la encuesta por muestreo no es la técnica más adecuada para realizar una investigación exploratoria se ha utilizado en numerosas ocasiones con el fin de conocer aspectos concretos del universo objeto de estudio.
6. La presente tesis doctoral hará uso de la Encuesta basada en los Fines Científicos y para la toma de contacto con el objeto de estudio, utilizará estrategias de Consulta de Expertos y de Búsqueda de Análisis secundario de datos disponibles.

### **3.4.2 Función de Despliegue de la Calidad (QFD)**

Después de la Segunda Guerra Mundial, la industria de Japón, como de otros países, atravesaba una difícil situación. Tras estudios exhaustivos un grupo de investigadores a la cabeza del ingeniero japonés Yoji Akao, pudo concluir que para lograr la recuperación económica de la industria haría falta centrarse en dos puntos estratégicos:

- a) Reconocer la importancia del diseño de productos de calidad.
- b) Implementar el concepto de diseño de calidad antes de empezar la etapa de producción (uso de gráficas de control de procesos).

Akao integró estos dos conceptos y desarrolló la metodología "Hinshitsu Kino Tenka" que en japonés significa Despliegue de Función de la Calidad (QFD: abreviatura del inglés Quality Function Deployment).

Años posteriores, esta metodología recibió aportes de ingenieros de las Industrias Pesadas de Mitsubishi y de la Sociedad Japonesa de Control de Calidad para consolidar la metodología como actualmente se la conoce.

El Despliegue de Función de Calidad (QFD) es una metodología de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce, a través de una secuencia de pasos sistematizados y ordenados, en características de diseño y operación; las mismas que satisfacen las demandas y expectativas del mercado. Su evolución ha convertido a QFD en una metodología capaz de sistematizar la información obtenida del cliente hasta llegar a definir las características de producto o servicio, adaptándolo a las necesidades y expectativas detectadas.

Con su aplicación se facilita la obtención del diseño del producto o servicio, ya que precisa cuáles deben ser sus características, permite definir en qué áreas invertir y de qué manera, cómo acercarse a las expectativas del cliente, cómo ajustar el producto o servicio de modo que se consigan clientes satisfechos y también permite que el usuario pueda compararse con la competencia para enfocar sus estrategias. Larry Smith<sup>31</sup> define la denominación de “despliegue” como la actividad de extensión o de ampliación que se produce en dos sentidos:

1. La atención que la investigación de mercado tradicional presta a los requerimientos de los clientes se amplía, a fin de incluir la interpretación de estos requerimientos al lenguaje de los técnicos de diseño.
2. La voz del cliente (necesidad o demanda) se despliega hacia las distintas funciones de la organización, tales como I+D, aseguramiento de la calidad, fabricación y otras para lo que la metodología ha diseñado una matriz de calidad también llamada “Casa de la Calidad” (por su forma).

Mediante este diagrama se lleva la “voz del cliente” a niveles cada vez más específicos, dándose el denominado Despliegue de la Calidad (Ver Figura 3-1).

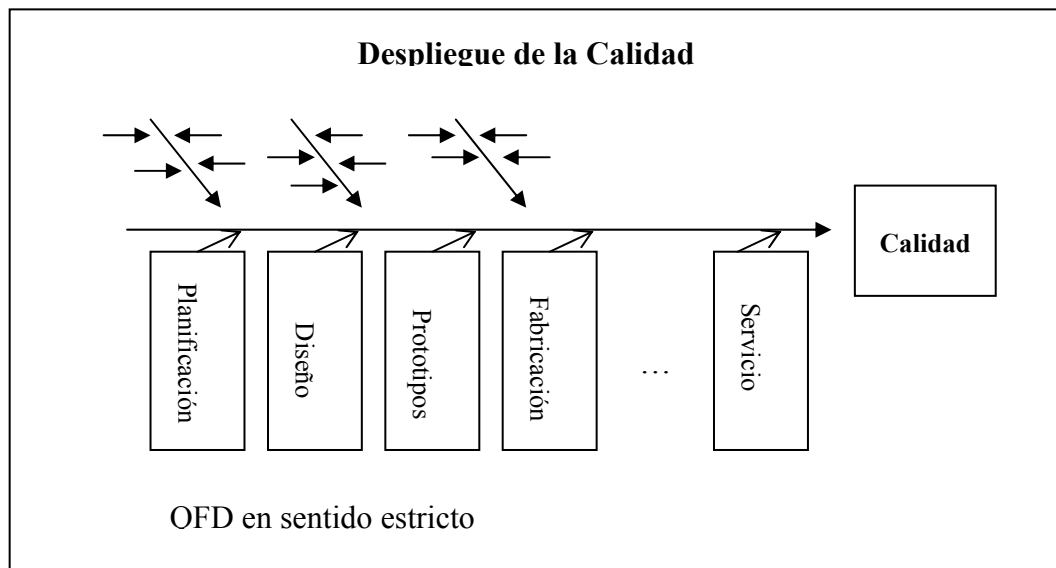


Figura 3-1. Sistema de Despliegue de la Calidad. Fuente: Mazur y Akao (1998)

31 Larry Smith: Experto en temas de calidad y uno de los principales impulsores de las metodologías QFD y TRIZ, su experiencia profesional la desarrolla en Ford Motor Company.

El resultado del despliegue de la calidad produce varias matrices, que son una forma clara de establecer relaciones entre demandas y herramientas técnicas. Por otra parte, indican el grado de satisfacción de los deseos o necesidades.

### Estructura del QFD

El principal elemento de QFD es el diagrama de matriz. Es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos con las características.

Es decir que cada una de las expectativas de los clientes (o potenciales clientes) se correlaciona con cada una de las características del producto/servicio o las funciones que lo afectan; midiendo así el grado de impacto que los une (en caso de que exista).

La estructura general de QFD la componen cuatro matrices (Ver Figura 3-2) en forma de cascada en el siguiente orden:

1. Matriz de la calidad o Casa de la Calidad
2. Matriz de producto-proceso
3. Matriz de proceso-subproceso
4. Matriz funcional

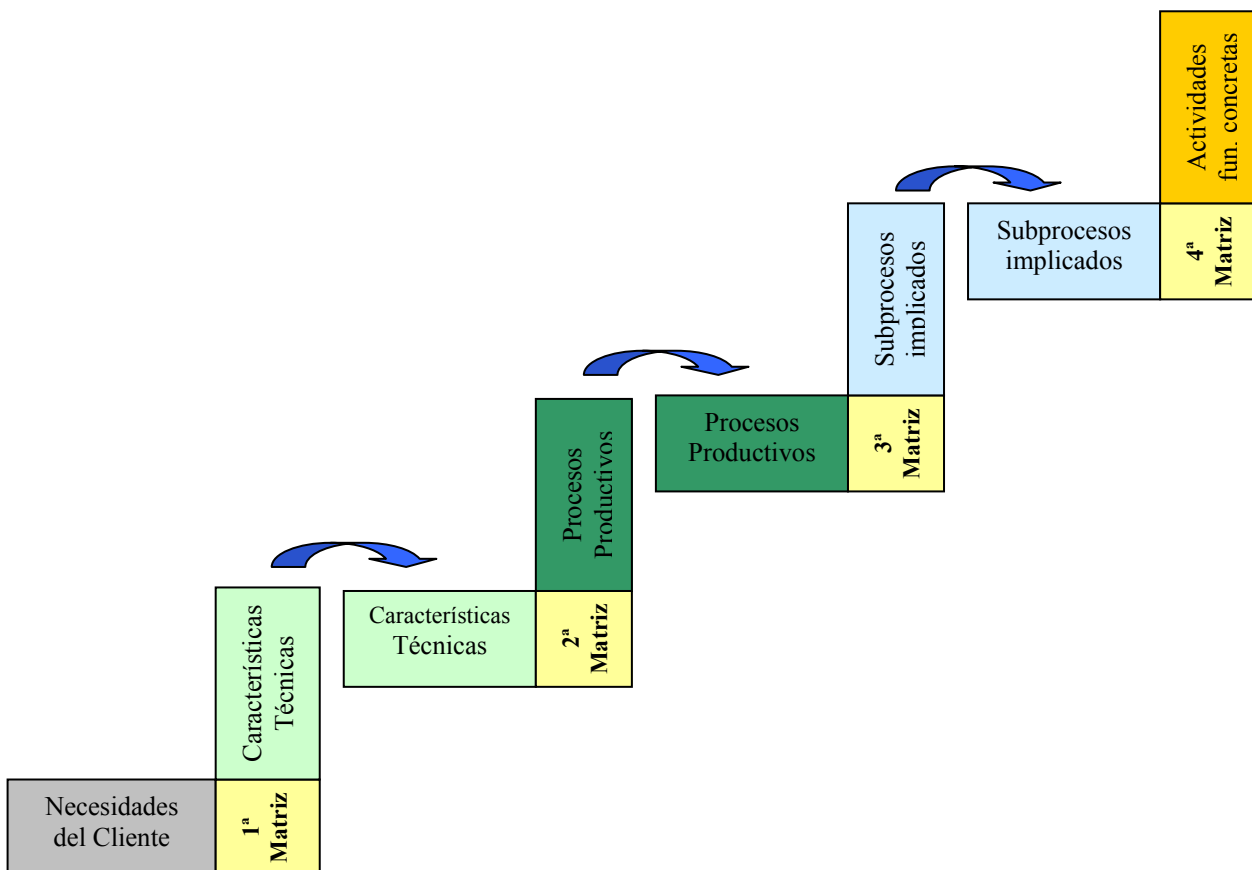


Figura 3-2. Matrices base de QFD en cascada

### **Primera matriz o Casa de la calidad (HOQ)**

La primera matriz de QFD es el elemento más importante, en base al cuál se desarrolla la metodología, se denomina también Casa de Calidad (HOQ: abreviatura del inglés House of Quality).

Tiene el objetivo de relacionar los requerimientos que el cliente valora como importantes del producto o servicio con sus características técnicas.

Las necesidades del cliente (Voz del Cliente) se registran en el cuerpo izquierdo de la estructura de esta matriz y la respuesta técnica del grupo de desarrollo, se registra en la parte superior.

Los datos ingresados en la matriz son, en general, el resultado de la aplicación de otras dos herramientas como el Diagrama de Afinidad y el Diagrama Sistemático o de Árbol (ambas herramientas y la matriz, forman parte de las denominadas “7 nuevas herramientas”).

La estructura de la Primera Matriz se describe a continuación (Ver Figura 3-3) y para su mejor comprensión se designan sus contenidos con las iniciales A, B, C, D, E y F.

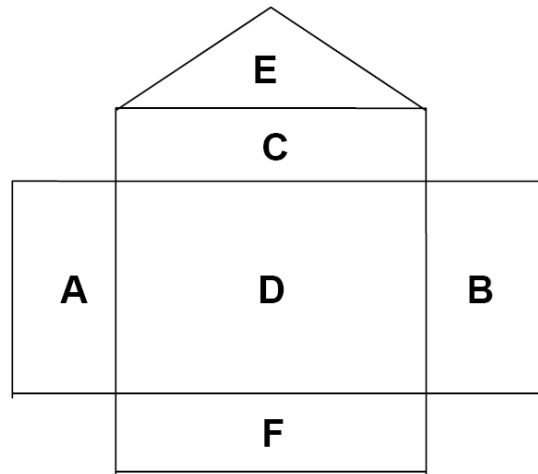


Figura 3-3. Esquema de la Primera Matriz QFD o Casa de Calidad

**Sección A:** Registra una lista estructurada de las pretensiones o necesidades del cliente. Esta información se obtiene generalmente de un estudio de mercado previo y puede estar organizada en forma de diagrama sistemático o de árbol. Adicionalmente, presenta una columna que asigna una ponderación de importancia relativa de las necesidades que el cliente prioriza. Algunos autores definen a esta sección como el “Qué”.

**Sección B:** Contiene dos tipos de información:

- Datos cuantitativos del estudio de mercado y los niveles de satisfacción con respecto a los productos o servicios que ofrece la industria o empresa y sus competidores.
- La meta estratégica para el nuevo producto o servicio.

**Sección C:** Describe en lenguaje técnico las características del producto o servicio que la industria o empresa está planeando desarrollar o modificar. Generalmente esta descripción técnica está basada en la voz del cliente de la sección A. Algunos autores definen a esta sección como el “Cómo”.



**Sección D:** Expresa la fuerza de correlación (según el juicio del grupo de expertos o de desarrollo) entre cada elemento de las necesidades del cliente y las características enunciadas en la sección C.

**Sección E:** Está conformada por una matriz triangular, la cual muestra cierta similitud con un techo de una casa (de ahí que se conoce a esta planilla como la casa de la calidad). Esta sección contiene las evaluaciones del grupo de expertos de las relaciones de implementación entre los elementos de la respuesta técnica (características técnicas), es decir, cómo cada característica técnica influye o no sobre las restantes. Algunas matrices han modificado esta forma triangular por su dificultad de diseño y se ha sustituido por columnas a continuación de la Sección B.

**Sección F:** Contiene tres tipos de información:

- La importancia absoluta de cada una de las características técnicas, que resulta de la sumatoria de los productos entre la importancia relativa de las necesidades del cliente (sección A) y la ponderación de la fuerza de las correlaciones (sección D).
- Información comparativa basada en el desempeño técnico de la competencia.
- Los objetivos del desempeño técnico.

Más allá de esta primera matriz QFD, la metodología ofrece la opción de acoplar una serie de matrices adicionales que exploran con mayor profundidad las necesidades del cliente hasta definir los menores detalles del proceso que se esté analizando. Suelen ser cuatro matrices, pero pueden llegar a ser muchas más según la necesidad concreta. En este sentido el beneficio es extraordinario, ya que se puede conocer la importancia de cada parte o paso del proceso en función de su impacto final sobre el cliente.

### **Segunda matriz o matriz de producto-proceso**

Toma las Características Técnicas (transformadas ahora en el "qué" debo hacer) de la matriz de calidad y las analiza en términos de los procesos que intervienen para satisfacer las características técnicas (el "cómo" analizaré las características técnicas en su relación con los procesos productivos y las métricas que garantizarán su cumplimiento).

### **Tercera matriz o matriz de proceso-subproceso**

Establece las relaciones entre los procesos (el "qué" procesos considero) con los subprocesos que los integran y las métricas que aseguran la calidad (el "cómo" sabré operativamente si los procesos responden a las exigencias globales del producto).

### **Cuarta matriz o matriz funcional**

Relaciona los requerimientos operativos de los subprocesos (el "qué") con las actividades funcionales concretas para cumplir en última instancia con las exigencias de los clientes (el "cómo").

### **Beneficios del Despliegue de Función de Calidad**

QFD es un enfoque de mejora continua que introduce a los clientes en el diseño de los procesos. Aporta buen número de beneficios a las industrias o empresas que intentan incrementar su competitividad mejorando continuamente en calidad y productividad.

A continuación se mencionan los cuatro aspectos más destacados.

- a) Orientación al cliente: QFD requiere el análisis de las expectativas y la retroalimentación del cliente, esta información se traduce en un conjunto de requisitos específicos del cliente sobre el producto o servicio que demanda.

- b) Eficiente en tiempo: QFD puede reducir el tiempo de desarrollo del producto o servicio porque se centra en requisitos específicos del cliente que los ha identificado claramente.
- c) Orientado al trabajo en equipo: Todas las decisiones están basadas en el consenso del equipo de trabajo que desarrolla la metodología, implica el uso de técnicas de discusiones, tormenta de ideas, encuentros virtuales, mensajería inmediata electrónica, puesta de archivos compartidos, encuestas electrónicas, etc.
- d) Orientado a la documentación: Uno de los productos del proceso QFD es un documento amplio y completo que reúne todos los datos relativos a todos los procesos y cómo éstos afectan al cumplimiento de los requerimientos del cliente.

### **Definición de Actividades en el desarrollo de QFD**

Las actividades para desarrollar QFD son:

1. Obtención de los datos para los Requerimientos del Cliente: Se refiere a la expresión en forma jerárquica los atributos que los clientes consideran importantes. Dado que en general se cuenta con muchos datos, es necesario agruparlos por categorías. Los datos se obtienen de diversas fuentes: encuestas, método Delphi, resultados de quejas de los clientes, investigación de mercado, entrevistas individuales y grupales; es importante se hable en el lenguaje del cliente, sin que su voz sea reinterpretada por los técnicos, que podrían introducir sus propios sesgos. Griffin et al. (1992) sugieren las entrevistas individuales porque son muy eficientes. Con un número entre 5 y 10 entrevistas se puede lograr definir el 80% de los requerimientos del cliente.
2. Clasificación de los datos de los clientes: Se refiere a la agrupación de los requerimientos del cliente en categorías estándar como, por ejemplo, la clasificación de Garvin de las dimensiones de la calidad (rendimiento, características, confiabilidad, conformidad, durabilidad, utilidad y estética). Aunque existen más de un método para clasificar los datos de los clientes, una de las herramientas más recomendadas es el *diagrama de afinidad*.
3. Priorización de los Requerimientos de los Clientes: Esta asignación es clave para orientar al industrial en cuanto a qué aspectos del diseño rendirán mejores frutos según la percepción del cliente, para que inviertan sus recursos en lo mejor valorado por el cliente. Las prioridades se pueden obtener por medio de encuestas, grupo de expertos u otras herramientas similares que empleen escalas numéricas, con instrumentos como el método de Kano<sup>32</sup> (González y Tamayo, 2001).
4. Diseño de la lista de las Características Técnicas: Es la definición de las respuestas técnicas al cómo poder satisfacer las demandas de los clientes, es decir cómo el equipo técnico logra materializar los aspectos valorados por el cliente en el producto o servicio ofrecido. Los procedimientos utilizados son similares a los empleados en la Clasificación de los datos del cliente.

---

32 Modelo Kano: propuesto por el profesor Noriaki Kano para clasificar las preferencias de los clientes en cinco categorías.

5. Diseño de un diagrama jerárquico de las Características Técnicas: Es la esquematización de las Características Técnicas a partir de un diagrama de afinidad o, en casos excepcionales (en los que se trabaje con productos o procesos conocidos y estructurados) se aplica un esquema jerárquico ya existente.
6. Correlación entre las dimensiones de Requerimientos del cliente y Características Técnicas: Expresa La intensidad de la relación entre las Características Técnicas y Requerimientos del Cliente, aclara si una característica de laboratorio o de ingeniería contribuye a satisfacer a un Requerimiento del Cliente dado. Utiliza una escala numérica (0: No correlacionado, 1: Poco correlacionado, 3: Medianamente correlacionado, 9: Muy correlacionado).
7. Registro de la evaluación del producto o servicio en el mercado: Se refiere a la puntuación de las evaluaciones del mercado del producto con respecto a cada Requerimiento del cliente comparado con otros de la competencia. Es posible ponderar las evaluaciones del mercado en función a la prioridad asignada a cada Requerimiento del cliente, es decir, dando más peso a los Requerimiento del cliente que los clientes consideran más importantes.
8. Desarrollo de medidas objetivas para cada Característica técnica: Es una actividad técnica que debe ser enfocada en la comparación de cada medida con las de los productos de la competencia.
9. Selección de las Característica técnicas prioritarias: Es un criterio técnico mediante el cuál se asigna prioridad a las características más atractivas del producto, el grado de dificultad u otros criterios. Se constituye en un buen elemento de criterio técnico.

### **Fases del desarrollo de QFD**

Las fases que se deben completar para desarrollar QFD son:

- Fase 1. Identificar y jerarquizar a los clientes: Este paso es indispensable para comprender a los clientes y considerar correctamente sus expectativas. Permitirá seleccionar el (los) segmento (s) de clientes adecuados para obtener la información necesaria para realizar el despliegue de la calidad demandada y planificada.
- Fase 2. Identificar de las expectativas del cliente: Esto implica "ir al lugar de los hechos, ir a donde está la acción". No se puede escuchar la voz del cliente a distancia. Es necesario visitar, preguntar, volver a preguntar y volver a preguntar hasta entender claramente "qué es lo que el cliente necesita". De esta forma se descubrirán las demandas explícitas y latentes sobre el producto o servicio y si es posible, se podrá conocer el producto o servicio ofrecido por la competencia y la opinión del cliente sobre ellos. En esta fase deben implicarse distintos departamentos, especialmente, las personas que habitualmente tienen contacto directo con los clientes.
- Fase 3. Conversión de la información en descripciones verbales específicas: Los datos anteriores deben servir para adquirir una primera orientación sobre las preferencias del cliente. De este modo se contará con una información base que se reelaborará en esta fase, con el fin de presentar un cuestionario completo a una muestra de clientes más amplia. Este rediseño es necesario si las demandas no son muy específicas. Se trata de convertir la información directa en información verbal más precisa que permita obtener medidas concretas.

- Fase 4. Elaborar y gestionar la encuesta a clientes: El último paso de la toma de datos es distribuir una encuesta a usuarios del producto o servicio, en este cuestionario se pedirá a los encuestados que evalúen la correlación de cada una de las demandas estudiadas respecto a la característica técnica ofrecida.
- Fase 5. Despliegue de la calidad demandada: Definidos los datos a obtener y conseguidos éstos, se pasa a elaborar la tabla de planificación de la calidad. Se trata de una matriz en la que tenemos, por una parte, los factores acerca de los cuales se ha interrogado a la muestra de clientes. Por otra, tenemos la importancia que se ha dado a cada uno de ellos, así como la valoración que han hecho de nuestra organización y de la competencia.

La columna puntos estratégicos permite introducir la orientación estratégica que se quiere dar al producto o servicio. En función de la importancia concedida por el cliente en un factor concreto y la valoración recibida por la propia organización y las de la competencia, se decidirá la calidad planificada a obtener en el futuro. Ese valor será el objetivo y en relación con la situación actual, se asignará un factor de importancia de la calidad en esa variable.

Con estos datos, se estará en condiciones de obtener la importancia absoluta de los distintos factores. El siguiente paso es la determinación de los valores relativos de cada una de las variables en la mejora del producto o servicio. Evidentemente, se trata de determinar en qué aspectos hay que comprometer mayor esfuerzo para ajustar nuestro servicio a las demandas del cliente (Qué hay que mejorar, en función de la situación actual de la organización y de la competencia).

- Fase 6. Despliegue de las características de calidad: Una vez que se sabe qué mejorar la otra interrogante a despejar es “Cómo” se logrará. Para ello, es necesario elaborar una tabla en la que se cruzan los factores evaluados con las características de calidad.

Las características de calidad se refieren a aquellos elementos que la organización puede modificar en determinada medida y que son indicadores cuantificables y medibles. El diseño de esta lista de indicadores debe hacerse por un grupo interdisciplinar, pudiendo llevarse a cabo paralelamente a las fases anteriores.

Estos indicadores tienen una importancia fundamental, ya que representan el mundo de la organización, y será sobre ellos sobre los que hay que actuar. La lista resultante deberá ser, por tanto, exhaustiva y consistente.

La metodología QFD permite invertir con el máximo rendimiento en la definición del producto o servicio, haciéndolo en aquellos elementos relevantes en función del análisis realizado que, como puede observarse, considera las opiniones de los clientes, tanto sobre la propia organización como sobre las de la competencia, en las variables sustanciales del producto o servicio.

### **Consideraciones para el desarrollo de QFD**

QFD debe implantarse en una forma sistemática y ordenada, siguiendo seis pasos típicamente usados.

1. Formar el equipo del proyecto: La naturaleza del proyecto impondrá la composición del equipo del proyecto. ¿Va el equipo a mejorar un servicio existente o a desarrollar uno nuevo? En función de la respuesta, se debe asegurar que el equipo se conforme con representantes de todos los actores involucrados.

Es importante garantizar que los miembros del equipo sean capaces de comprometer el tiempo necesario y que tengan el apoyo de sus responsables. También es importante asegurar que los miembros del equipo comprendan el propósito del equipo y de sus papeles individuales en el equipo.

2. Planificar el desarrollo del proyecto: La Dirección deberá controlar el avance del equipo. Sin embargo, debe evitarse el control del equipo por la Dirección. El balance adecuado entre ignorar y administrar puede lograrse planificando cuidadosamente y realizar un seguimiento. Al hacer esto, se deben contestar las tres preguntas siguientes: ¿Qué será controlado?, ¿Cómo será controlado?, ¿Con qué frecuencia será controlado? La misión del equipo determinará lo que se debe controlar. Puede utilizarse cualquier tipo de informe oral o escrito. La frecuencia con la que deben hacerse éstos es cuestión de juicio.
3. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que una vez por semana puede ser muy frecuente y una vez por mes, demasiado infrecuente. Un informe cada dos o tres semanas sería más apropiado. Las decisiones relacionadas con la frecuencia deben adoptarse en función de la personalidad, la naturaleza de la misión del equipo, y otros factores concretos a considerar. No hay reglas rígidas y rápidas. Lo que funciona bien con un equipo puede no hacerlo con otro. La clave es llegar a una frecuencia que mantenga a la dirección adecuadamente informada sin dirigir al equipo.
4. Seleccionar un proyecto: Es buena idea empezar con un proyecto de mejora y no con un proyecto de desarrollo de un nuevo servicio. Los proyectos de mejora tienen la ventaja de contar con información existente y cierta experiencia. Un nuevo equipo de QFD involucrado con un nuevo servicio puede ser demasiada innovación a la vez. Con un proyecto de mejora, los miembros del equipo que no estén familiarizados con QFD, al menos estarán familiarizados con el servicio y con la información del cliente asociada al servicio en cuestión. Esta familiaridad impide que se desarrolle una situación en la que los miembros del equipo están tratando de aprender acerca de QFD y de un nuevo servicio simultáneamente.
5. Desarrollo de las matrices: Una vez que el equipo ha comprendido QFD, las herramientas del QFD, y su formato, puede empezar el proceso de desarrollar matrices. Un ciclo completo del proceso incluye el desarrollo de seis matrices, cada una estructurada conforme a las especificaciones específicas, definidas anteriormente.

### 3.4.3 Método Delphi

El método Delphi es un proceso sistemático e iterativo que busca la obtención de las opiniones y si es posible del consenso de un grupo de expertos. La denominación Delphi es la traducción inglesa de Delfos, ciudad de la antigua Grecia, célebre por sus oráculos.

Gracias al anonimato de sus participantes se evita el efecto negativo de los miembros dominantes del grupo y el proceso de retroalimentación asegura una interacción libre de ruidos entre los expertos. Parisca (1995) considera que el Método Delphi se basa en el principio de la inteligencia colectiva y que trata de lograr un consenso de opiniones expresadas individualmente por un grupo de personas seleccionadas cuidadosamente como expertos calificados en torno al tema, por medio de la iteración

sucesiva de un cuestionario retroalimentado de los resultados promedio de la ronda anterior, aplicando cálculos estadísticos.

Las características de la estructura de Delphi (Ver Figura 3-4) la diferencia de otras técnicas ya que:

- Mantiene el anonimato de los participantes.
- Retroacción o Retroalimentación es controlada.
- Facilita una respuesta estadística de grupo.

Por lo tanto, la capacidad de predicción de la Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. Es decir, el método Delphi procede por medio de la interrogación a expertos con la ayuda de cuestionarios sucesivos, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.

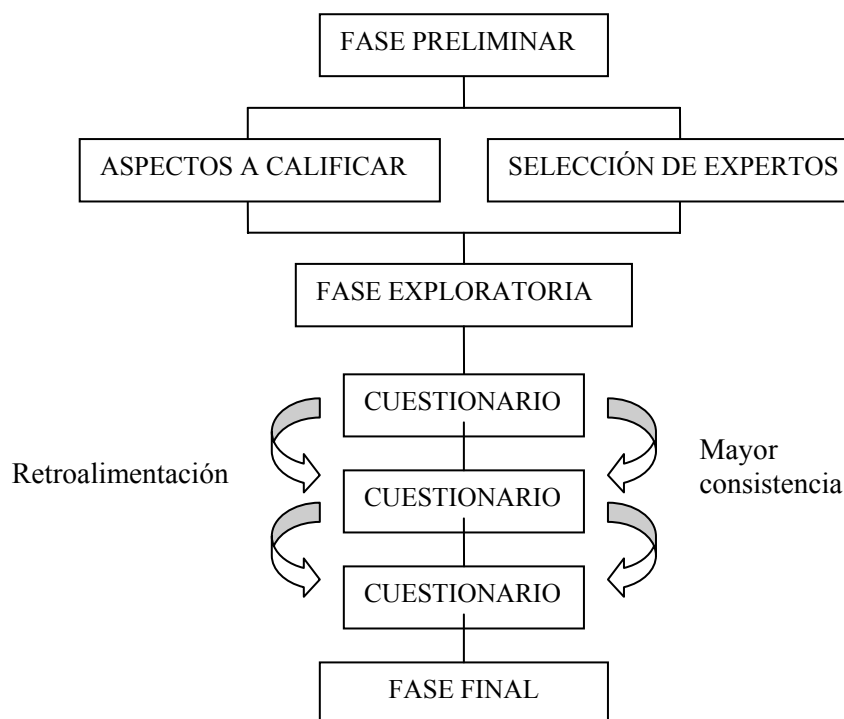


Figura 3-4. Diagrama de desarrollo del Método Delphi

La encuesta se lleva a cabo de una manera anónima (actualmente es habitual realizarla haciendo uso del correo electrónico o mediante cuestionarios web establecidos para el efecto) y así evitar los efectos de "líderes". El objetivo de los cuestionarios sucesivos, es "disminuir el espacio intercuartil precisando la mediana".

Las preguntas se refieren, por ejemplo, a las probabilidades de realización de hipótesis o de acontecimientos con relación al tema de estudio (que en este caso serían los aspectos más valorados en la formación universitaria de contenidos referidos a la tecnología CIM). La calidad de los resultados depende, sobre todo, de la consistencia del cuestionario y de la elección de los expertos consultados.

Por lo tanto, el método Delphi permitirá prever las transformaciones más importantes que puedan producirse en el fenómeno analizado en el transcurso de los próximos

años. En la familia de los métodos de pronóstico, habitualmente se clasifica al método Delphi dentro de los métodos cualitativos o subjetivos.

Aunque, la formulación teórica del método Delphi propiamente dicho comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de vaciado y de explotación, en buena parte de los casos puede limitarse a dos etapas, lo que sin embargo no afecta a la calidad de los resultados tal y como lo demuestra la experiencia acumulada en estudios similares.

Como se sabe, el objetivo de los cuestionarios sucesivos, es "disminuir el espacio intercuartil", que es cuánto se desvía la opinión del experto de la opinión del conjunto, precisando la mediana de las respuestas obtenidas. El objetivo del primer cuestionario es calcular el espacio intercuartil.

El segundo suministra a cada experto las opiniones de sus colegas, y abre un debate interdisciplinario, para obtener un consenso en los resultados y una generación de conocimiento sobre el tema. Cada experto argumentará los aspectos positivos y negativos de las demás opiniones y de la suya propia. Con la tercera consulta se espera un todavía mayor acercamiento a un consenso.

De manera resumida los pasos que se llevarán a cabo para garantizar la calidad de los resultados, deberían ser los siguientes:

### **Fase 1: Formulación del Problema**

Se trata de una etapa fundamental en la realización de un Delphi. En un método de expertos, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es muy grande, por cuanto es preciso estar muy seguros de que los expertos reclutados y consultados poseen la misma noción de este campo.

La elaboración del cuestionario debe ser llevada a cabo según ciertas reglas: las preguntas deben ser precisas, cuantificables (porcentajes, probabilidades de realización de hipótesis y/o acontecimientos, la mayoría de las veces sobre datos de realización de acontecimientos) e independientes (la supuesta realización de una de las cuestiones en una fecha determinada no influye sobre la realización de alguna otra cuestión).

### **Fase 2: Elección de Expertos**

La etapa es importante, con independencia de los títulos, función o nivel jerárquico de los preliminarmente elegidos; cada experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y por poseer conocimientos sobre el tema consultado.

La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son recogidas por vía postal o electrónica y de forma anónima; así se obtiene la opinión real de cada experto y no la opinión distorsionada por un proceso de grupo (se trata de eliminar el efecto de los líderes).

Aunque no hay forma de determinar el número óptimo de expertos para participar en una encuesta Delphi, estudios realizados por investigadores de la Rand Corporation (Landaeta, 1999), señalan que si bien parece necesario un mínimo de siete expertos y por cada experto añadido el error se reduce, no es aconsejable recurrir a más de 30 expertos, pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en coste y trabajo de investigación no compensa la mejora.

### **Fase 3: Elaboración y cuestionarios (en paralelo con la fase 2)**

Los cuestionarios se elaborarán de manera que faciliten, en la medida en que una investigación de estas características lo permite, la respuesta por parte de los consultados. Preferentemente las respuestas podrán ser cuantificadas y ponderadas (año de realización de un evento, probabilidad de realización de una hipótesis, valor que alcanzará en el futuro una variable o evento, etc.).

Se formularán cuestiones relativas al grado de ocurrencia (probabilidad) y de importancia (prioridad), la fecha de realización de determinados eventos relacionadas con el objeto de estudio: necesidades de información del entorno, gestión de la información del entorno, evolución de los sistemas, evolución en los costes, transformaciones en tareas, necesidad de formación, etc.).

En ocasiones, se recurre a respuestas categorizadas (Si/No; Mucho/Medio/Poco; Muy de acuerdo/ De acuerdo/ Indiferente/ En desacuerdo/Muy en desacuerdo) y después se tratan las respuestas en términos porcentuales tratando de ubicar a la mayoría de los consultados en una categoría.

### **Fase 4: Desarrollo práctico y explotación de resultados**

El cuestionario es enviado a cierto número de expertos, se debe considerar que no todos los invitados responderán, es posible que existieran cuestionarios incompletos, cuestionarios mal respondidos y abandonos.; por lo que se recomienda que el grupo inicial no sea inferior a 25. Naturalmente el cuestionario va acompañado por una carta de presentación que precisa las finalidades, el espíritu del Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato). Además, en cada cuestión, puede plantearse que el experto deba evaluar su propio nivel de competencia.

El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir la dispersión de las opiniones y precisar la opinión media consensuada. En el curso de la 2ª consulta, los expertos son informados de los resultados de la primera consulta de preguntas y deben dar una nueva respuesta y sobre todo deben justificarla en el caso de que sea fuertemente divergente con respecto al grupo.

Si resulta necesaria, en el curso de la 3ª consulta se pide a cada experto comentar los argumentos de los que disienten de la mayoría. Un cuarto turno de preguntas, permite la respuesta definitiva: opinión consensuada media y dispersión de opiniones (intervalos intercuartiles).

### **Obtención de los principales resultados**

Los principales estadísticos que se emplearán en el estudio serán medidas por su tendencia central y dispersión: Media, mediana, moda, máximo, mínimo y desviación típica. Esto permite tener una visión de conjunto de los resultados obtenidos en cada una de las preguntas, aunque luego sólo se utilice como valor para la segunda vuelta la media o la mediana.

La media y la mediana nos indican la tendencia central de la distribución o conjunto de respuesta de expertos, al igual que la moda. El máximo y el mínimo nos indican las respuestas extremas. La desviación nos señala el grado de dispersión en las respuestas (si más o menos los expertos se hallan en torno a las cifras de la media o no). Los cuartiles, vendrían a ayudar también en la visión del grado de dispersión de las respuestas.



El cuartil 1 (Q1), que es igual al percentil 25, sería el valor que deja el 25% de las respuestas por debajo de ella y el 75% por encima. El cuartil 3 (Q3), que es igual al percentil 75, sería el valor que deja el 75% de las respuestas por debajo de ella y el 25% por encima. Es decir entre Q1 y Q3, se situaría la mitad central de las respuestas obtenidas. Para llevar a cabo estas tareas cualquier programa de tratamiento estadístico e incluso una hoja de cálculo, resulta válida.

Por ejemplo, el programa Excel podría valer para grabar y tener los datos registrados y también obtener las medias, medianas, etc. de cada una de las cuestiones planteadas en la consulta realizada a las empresas.

### 3.4.4 Método Delphi Rotatorio

El Método Delphi Rotatorio es una modificación del método Delphi estándar, fue creado y desarrollado por el Dr. Joseph Scarcella (Director del Programa de Desarrollo Curricular de la Universidad Estatal de California) y Rodney Custer (Director de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Illinois).

Este nuevo método puede ser aplicado como una fase complementaria del método Delphi normal o como un método independiente que puede o no usar la información obtenida de un método Delphi anterior.

Es un método ideal cuando se quiere comparar las respuestas de dos grupos diferentes de expertos o cuando se quieren calificar dos grupos de aspectos determinados. A diferencia del método regular, el Delphi Rotatorio no discrimina el tipo del grupo al que se encuesta para la formulación de las preguntas pero aplica diferentes escalas de ponderación a cada grupo.

Al grupo A asigna la ponderación porcentual de 1 a 100% para cada concepto a calificar, mientras que al grupo B asigna una ponderación porcentual de 1 a 100% con la variación que la suma de porcentajes de todos los conceptos a calificar sumen el 100%.

El término Rotatorio surge debido a la característica de la rotación de las preguntas, de forma tal que en la segunda ronda de preguntas, se repitan en otros términos las mismas preguntas o contenidos de las preguntas de la primera ronda; para lograr una mayor consistencia en los resultados.

De forma general el Método Delphi Rotatorio modificado se desarrolla en tres etapas:

#### **Etapas:** **Etapas 1: Definición de grupo de expertos y conjunto de aspectos a calificar**

Se define claramente si el cuestionario se aplicará a dos grupos de expertos, a continuación se definen los dos (o múltiplos de dos) conjuntos de aspectos a calificar mediante cuestionario a los expertos. Asimismo se definen los subconjuntos de respuestas y se rotan o mezclan ambos conjuntos o subconjuntos para volverlos a preguntar en la segunda ronda de preguntas o cuestionario, a fin de lograr mayor consistencia.

#### **Etapas 2: Priorización o calificación por importancia**

Se define la escala de calificación para ponderar o jerarquizar los aspectos en estudio. Una escala habitual es la de 1 a 6, correspondiendo 1 a la calificación que denota mayor importancia y 6 la calificación que denota menos importancia o no importancia. Sin embargo se puede adoptar la calificación sugerida por QFD, ya que

esta tesis compatibiliza ambas metodologías. Así la escala elegida será porcentual del 1% al 100% para cada grupo de expertos. Cada elemento del conjunto o subconjunto será calificado por los grupos de expertos con la escala elegida.

### **Etapa 3: Determinación del Consenso**

Dado que el Método Delphi es una herramienta que busca lograr el consenso de determinados aspectos encuestados, la modificación con un método de carácter Rotatorio por una parte elimina el sesgo de las calificaciones obtenidas del procesamiento de información colectada de grupos aislados de expertos y por otra parte refuerza la consistencia de un consenso en las respuestas, ya que son reafirmadas en la rotación o repetición de las preguntas en otros contextos.

De la etapa anterior se obtendrán las calificaciones, según la escala elegida, en esta etapa se realizará el estudio estadístico de los resultados a través la construcción y cálculo de:

- Rangos intercuartiles
- Desviación típica o estándar
- Mediana
- Moda
- Marcadores de tendencia central

Se podrá concluir que la respuestas son consensuadas cuando un equivalente al 80% o superior porcentaje defina la respuesta como la elegida o calificada. Para facilitar el estudio deberán construirse intervalos intercuartiles en el que el tercio superior corresponda a los valores altos, el segundo tercio corresponda a los valores de calificación media y el último tercio corresponda los valores de calificación bajos.

#### **3.4.5 Diagrama de Afinidad**

El Diagrama de Afinidad es una herramienta que sintetiza un conjunto de datos verbales (ideas, opiniones, temas, expresiones, etc.) agrupándolos en función de la relación que tienen entre sí. Se basa, por tanto, en el principio de que muchos de estos datos verbales son afines por lo que pueden reunirse en pocas ideas generales. Es considerado como una clase especial de "tormenta de ideas".

Las ventajas del Diagrama de Afinidad son las siguientes:

- Promueve la creatividad de todos los integrantes del equipo.
- Derriba barreras de comunicación y promueve conexiones no tradicionales entre ideas y asuntos.
- Promueve la "apropiación" de los resultados que emergen porque el equipo crea la introducción detallada de contribuciones y los resultados generales.

Las utilidades que aportan los Diagramas de Afinidad son las siguientes:

- Aborda un problema de manera directa.
- Organiza un conjunto amplio de datos.
- Recomendable cuando el tema sobre el que se quiere trabajar es confuso.

Los pasos a seguir para elaborar un diagrama de afinidad son:

1. Definir el tema o problema a tratar.
2. Recoger los datos verbales: Es posible que estos datos ya estén disponibles al haber sido registrados previamente. Si no es así, las ideas serán generadas mediante una “tormenta de ideas”. En cualquier caso, se debe considerar lo siguiente:
  - La información verbal debe ser redactada y resumida de la manera más precisa posible.
  - Solo se tomarán en cuenta las expresiones que contengan, al menos, un verbo y un sustantivo
3. Organizar la información, de forma tal que se pueda visualizar toda la información en un mismo plano.
4. Clasificar las ideas agrupándolas en función de la relación que tienen unas con otras. Este proceso puede llevarse a cabo del modo siguiente:
  - Comenzar identificando dos ideas que estén relacionadas entre sí, y situarlas juntas en un extremo del diagrama inicial.
  - Buscar otras ideas que estén relacionadas entre sí o con la agrupación ya conformada.
  - Repetir el proceso hasta que todas las ideas hayan sido agrupadas.
  - Las ideas que no encajen en ningún grupo pueden quedarse solas, o ser reunidas en un grupo propio.
5. Definir ideas de afinidad o encabezamientos. Una afinidad es una idea que refleja la relación esencial de una agrupación de ideas. Esta idea principal es identificada en términos claros y precisos, y se colocará en la cabecera de un grupo de ideas ya identificado en el paso anterior.
6. Dibujar el diagrama de afinidad: Para ello se escribe la formulación del problema en la parte superior del diagrama. Posteriormente se situarán los encabezamientos sobre sus respectivos grupos de ideas (Ver Figura 3-5).

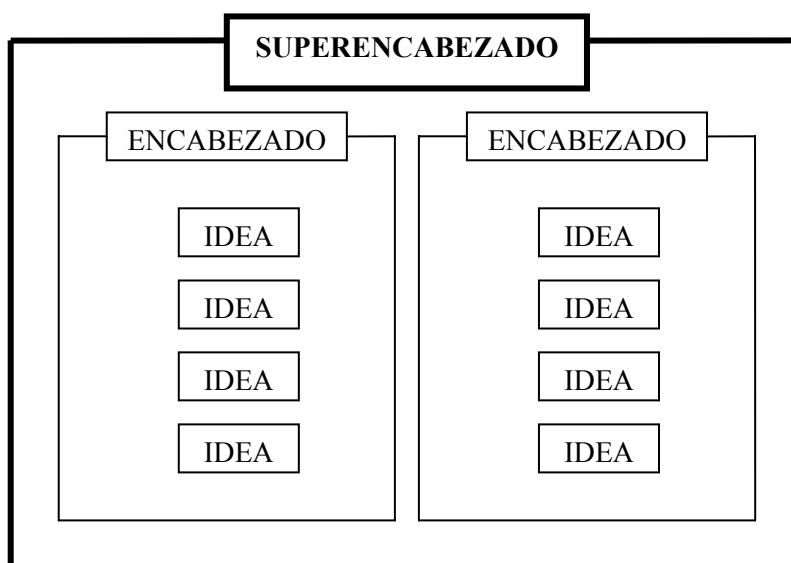


Figura 3-5. Esquema de Diagrama de Afinidad

### **3.4.6 Tabla de Segmentos de Clientes (TSC)**

Es una herramienta de planificación que sirve para identificar a los clientes de un servicio bajo diferentes escenarios. Esto significa que el mismo cliente puede ser más atractivo para un mismo servicio bajo diferentes condiciones. Por otra parte, la TSC ayuda a identificar clientes potenciales con una necesidad que no está siendo cubierta por los servicios existentes en el mercado (competencia). Asimismo, la TSC resulta de mucha utilidad cuando se está planificando una observación del cliente, ya que detecta necesidades no explícitas.

Se utiliza el método “quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo” y consta de los siguientes pasos a describir:

1. Preparar una Tabla con las preguntas: quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo.
2. Llenar la columna del ¿Quién? Poner el tipo de clientes potenciales o existentes para el servicio en estudio. Es importante considerar todos los diferentes tipos de clientes. Cuantos más segmentos de clientes se documenten, el análisis posterior es mejor pero más difícil de procesar. Entre 3 y 7 segmentos son interesantes para un ejercicio inicial. La pregunta completa es ¿Quién es el cliente?
3. Llenar la columna del ¿Qué? Poner la actividad que el cliente realiza con el servicio (o qué podría estar haciendo el cliente si tuviera el servicio). Se recomienda utilizar verbos en gerundio (esperando, corriendo, visitando, etc.). Nuevamente, cuantas más actividades pongamos es mejor, pero el análisis es más difícil. Entre 3 y 7 elementos serían válidos para un estudio inicial, pero se recomienda entre 8 y 12 para un análisis más completo. Esta misma cantidad también es adecuada para las columnas siguientes. La pregunta completa es ¿Qué está haciendo el cliente cuando usa o podría estar usando el servicio?
4. Llenar la columna del ¿Cuándo? Poner la temporalidad (hora, día, temporada) en la que el cliente usa o podría estar usando el servicio. Es importante considerar sólo segmentos de tiempo diferentes. Si las 7:00 am y las 11:00 am no marcan diferencia, es mejor decir "en la mañana" o "entre 7:00 am y 11:00 am". También se podría definir un evento necesario para que el cliente use el servicio, por ejemplo ¿cuándo? (¿cuándo es urgente?). Aunque gramaticalmente la respuesta es correcta, para fines de esta tabla es mejor solo anotar elementos asociados a la temporalidad y dejar para la columna del ¿por qué? los asociados a causalidad. La pregunta completa es ¿cuándo en el tiempo el cliente usa o podría usar el servicio?
5. Llenar la columna del ¿Dónde? Anotar la ubicación (lugar) en la que el cliente usa o podría estar usando el servicio. Al igual que el caso anterior, es importante identificar clasificaciones diferentes. Cuantos más lugares se consideren, es mejor. Esta sección de la TSC ayuda a planificar, la pregunta completa es ¿dónde está o podría estar ubicado el cliente cuando usa el servicio?
6. Llenar la columna del ¿Por qué? Esta es posiblemente la pregunta más difícil de contestar, ya que no siempre puede ser observada (a diferencia de qué, dónde y cuándo) y tiene que ver con la motivación del cliente, la cual no siempre (o casi nunca) es evidente. Por otra parte, un buen entendimiento de estos ha llevado en numerosas ocasiones al desarrollo de servicios ingeniosos y rentables. La pregunta completa es ¿por qué el cliente usa o podría querer usar el servicio? o ¿Cuál es la causa o evento que hace que el cliente quiera o tenga que usar el servicio? Y quizá

la forma más efectiva de averiguar los por qué es precisamente, preguntándole al cliente.

7. Llenar la columna del ¿Cómo? Esta pregunta busca encontrar condiciones adicionales del uso del servicio. Muchas veces los clientes nos terminan enseñando cómo nuestro servicio debe ser utilizado (independientemente de lo que digan las instrucciones). La pregunta completa es ¿De qué manera el cliente está usando o podría estar usando el servicio? ¿Qué hace con él? ¿Durante cuánto tiempo? ¿Qué problemas tiene?
8. Asignar porcentajes a cada elemento de cada columna. Si se asigna el porcentaje de clientes que pertenecen a cada segmento del ¿Quién? o el porcentaje de clientes con la motivación X para usar los servicios en estudio en el ¿Por Qué? Se obtendría información muy valiosa para tomar decisiones. Sin embargo, no siempre es factible hacer esto (por los recursos en tiempo y coste necesarios). Es recomendable hacer estudios iniciales con 20 observaciones y en base a los resultados estimar porcentajes iniciales. A medida que el estudio se vaya depurando y se vayan eliminando segmentos no interesantes, se puede ir aumentando y enfocando el tamaño de la muestra a los segmentos que nos son de interés. Otra recomendación es buscar información sobre servicios asociados o similares. Esto puede dar una referencia interesante a un bajo costo.
9. Circular los segmentos más interesantes. Vistos los porcentajes y haciendo un análisis consensuado con el equipo de trabajo sobre los clientes con mejor relación de coste - beneficio, se deben seleccionar los segmentos prioritarios para los servicios en estudio. Se deben seleccionar segmentos escogiendo un elemento de cada columna (es decir un cliente, con una actividad, en un tiempo-lugar, con un motivo, con un tipo de uso). Se pueden repetir algunos de los elementos. Se recomienda seleccionar finalmente 3 ó 4 clientes prioritarios. O bien seleccionar a los clientes que potencialmente puedan contribuir más a que la organización logre su misión.
10. Enfocar los recursos a los clientes prioritarios. Una vez identificados los clientes prioritarios, es necesario concentrar en ellos los recursos disponibles. Esto no significa que los demás clientes no sean importantes, pero es prácticamente imposible satisfacer a todos los segmentos simultáneamente con el mismo producto o servicio. Por ello, el análisis inicial deberá estar orientado a satisfacer a estos clientes seleccionados. Quizá se encuentre que los segmentos seleccionados son opuestos y no podrán ser satisfechos con el mismo servicio; entonces, se necesitará analizar si es viable desarrollar más de un servicio. Otras veces se tendrá que el mismo servicio servirá para satisfacer necesidades de segmentos que no se estaban considerando inicialmente.

El QFD es un proceso de aprendizaje interactivo sobre las necesidades de los clientes y cómo los servicios estudiados las satisfacen (o podrían satisfacerlas). La TSC es una herramienta sencilla que inicia este ciclo de aprendizaje al señalar los diferentes segmentos de cliente posibles y algunas de sus características.

### 3.4.7 Diagrama de Árbol

El Diagrama de Árbol es una técnica que permite obtener una visión de conjunto de los medios necesarios para alcanzar una meta o resolver un problema.

Partiendo de una información general, como la meta a alcanzar, se incrementa gradualmente el detalle sobre los medios necesarios para su consecución. Este mayor detalle se representa mediante una estructura en la que se comienza con una meta general (el "tronco") y se continúa con la identificación de niveles de acción más precisos (las sucesivas "ramas"). Las ramas del primer nivel constituyen medios para alcanzar la meta pero, a su vez, estos medios también son metas, objetivos intermedios, que se alcanzarán gracias a los medios de las ramas del nivel siguiente.

Así repetidamente hasta llegar a un grado de concreción suficiente sobre los medios necesarios. Las ventajas de esta herramienta son las siguientes:

- Exhorta a ampliar el modo de pensar al crear soluciones.
- Mantiene siempre presentes las metas y submetas generales de una tarea.
- Logra un acercamiento de planificación de la teoría al mundo real.

Los pasos a seguir para la construcción de este diagrama son:

1. Identificar la meta u objetivo principal, que se anotará en el extremo izquierdo del diagrama.
2. Identificar los medios primarios, los que conducirían directamente a la meta. Un medio primario es aquél que, de ser implementado, hará que se alcance el objetivo.
3. Identificar los medios secundarios, en otro nivel. Estos medios los son respecto a los primarios que, desde este punto de vista, se han convertido en metas. Al identificarse se anotarán en una tercera columna.
4. Continuar identificando medios de orden superior, del mismo modo ya indicado. Generalmente, se llega hasta un tercer o cuarto nivel.
5. Revisar el diagrama, para asegurar que la secuencia medios-meta es la correcta.

En esta técnica puede ser de gran utilidad utilizar la metodología de "tormenta de ideas".

### **3.4.8 Blitz**

Blitz es una herramienta muy práctica que no requiere un software específico y permite alinear los recursos que intervienen en el diseño de un producto o servicio, con las verdaderas necesidades del cliente; su estudio es importante porque sus resultados pueden ser complementos útiles a QFD.

Consta de 7 pasos, descritos a continuación:

1. Obtener la Voz del Cliente: Esto implica "ir al lugar de los hechos, ir a donde está la acción"; no se puede escuchar la Voz del Cliente a distancia. Es necesario visitar, preguntar, volver a preguntar y volver a preguntar hasta entender claramente la verbalización<sup>33</sup> de qué es lo que el cliente necesita.

---

33 Una verbalización es una cita literal de lo que el cliente dice o expresa. Se escribe entre comillas y tal como el cliente lo dijo, para tener la frase como referencia para pasos posteriores de estudio.

2. Clasificar las Verbalizaciones: El objetivo de este paso es clasificar las verbalizaciones por temas afines. Hay "voces del cliente" similares. Otras son complementarias. Otras incluso son opuestas.

Al clasificar las verbalizaciones, se buscan patrones que permitan entender mejor las necesidades del cliente. Es un estudio cualitativo. En esta etapa no interesan las estadísticas sobre "el número de verbalizaciones de cada tipo", sino más bien clasificar las verbalizaciones para poder obtener de ellas las necesidades reales del cliente.

3. Estructurar las Necesidades del Cliente: Una vez que clasificamos las verbalizaciones, se deben "extraer" de ellas las necesidades de los clientes. Este es un paso crítico, ya que algunas son explícitas y muy claras; otras son implícitas y algunas hasta nos podrán parecer absurdas.

Sin embargo, es vital recordar que se está buscando las necesidades reales del cliente, no "nuestra versión de las necesidades del cliente". Se debe tener especial precaución de no sesgarse por criterio propio.

4. Analizar la Estructura de las Necesidades del Cliente: Hay necesidades que tienen relaciones de dependencia. Por ejemplo, al preguntar sobre las necesidades del cliente con respecto al diseño de un maletín un cliente comentó "necesito que sea ligero".

Esta necesidad suena obvia en un maletín. Sin embargo, el responsable de la entrevista volvió a preguntar: ¿para qué necesita que sea ligero? Y respondió que para poderlo trasladar fácilmente por el aeropuerto. De aquí podemos obtener una segunda necesidad. En la tabla (Ver Cuadro 3-1) se explica este proceso.

Nº	Verbalización	Necesidad
1	"necesito que sea ligero"	Necesito que sea ligero
2	"para poderlo trasladar fácilmente por el aeropuerto"	Necesito que sea fácil de trasladar en lugares dónde hay mucho tráfico de personas

Cuadro 3-1. Construcción del cuadro Blitz

Si el analista en este caso hubiera sólo tomado la primera necesidad explícita, hubiera solicitado a los diseñadores que quitaran todo el peso posible del maletín. Pero al tener una segunda necesidad con una relación jerárquica (necesito A para lograr B), nuestro analista pudo sugerir más opciones, como poner ruedas al maletín para facilitar el transporte.

5. Priorizar las Necesidades del Cliente: Esto implica establecer cuáles necesidades son más importantes para los clientes. ¿Bueno, Bonito o Barato?, ¿Cuánto invertiría en cada necesidad? La mejor forma de hacer esto es preguntar directamente a los clientes.
6. Desplegar las Necesidades Priorizadas. Una vez identificadas las necesidades priorizadas de nuestros clientes, entonces debemos identificar qué parámetros, procesos o elementos del sistema contribuyen más a cumplir (o a no cumplir) estas necesidades. Se debe enfocar en aquellos factores que afecten más a las necesidades prioritarias.

7. Analizar sólo las relaciones prioritarias a detalle: Al evaluar el producto o servicio, los puntos más importantes son aquellos que impactan en las necesidades prioritarias. Se da un enfoque a los recursos, ya que el nivel de calidad de los productos y servicios estarán determinados por la medida en que se logre alinear el valor de los recursos con la prioridad de las necesidades de los clientes.

### **3.4.9 Proceso Analítico de Jerarquía (AHP<sup>34</sup>)**

Esta herramienta fue diseñada en 1970 por el Dr. Thomas Saaty, con el objetivo principal de apoyar la toma de decisiones, a través de ponderar prioridades cuando se tienen que considerar aspectos tanto cuantitativos como cualitativos en una decisión.

Si bien el AHP es un proceso completo, también necesita hacer algunas consideraciones y supuestos que ayudan a entender claramente las necesidades de los clientes antes de empezar a tomar acciones. Para iniciar el proceso, es necesario hacer una Matriz de Comparación Pareada, en una matriz simétrica.

El AHP trabaja a través de comparar parejas de opciones (por ejemplo, Precio vs. Servicio, Sabor vs. Servicio, etc.) con una escala numeral predefinida (Ver Cuadro 3-2). Al ser simétrica la matriz con los mismos elementos a calificar tanto en columnas como en filas, la diagonal tendrá el valor de 1 (ni más importante ni menos importante en la comparación). Se trata de comparar y calificar qué aspecto es más importante que su par cruzado en la matriz.

Valoración de la importancia	Definición
1	Igual de importante
2	Ligeramente más importante
3	Moderadamente más importante
4	Importancia intermedia entre el nivel 3 y el 5
5	Fuertemente más importante
6	Importancia intermedia entre el nivel 5 y el 7
7	Importancia muy fuerte
8	Importancia intermedia entre el nivel 7 y el 9
9	Extremadamente más importante

Cuadro 3-2. Escala de valoración para la comparación pareada de AHP

---

34 AHP: Abreviatura del inglés Analytic Hierarchy Process, aún no tiene una traducción oficial en castellano.



Las comparaciones se deben hacer de forma ordenada, la comparación es trivial, se debe decidir qué elemento es más importante y en caso de no ser más importante se deberá invertir el valor como fracción, en la que el numerador será 1 y el denominador la intensidad de la importancia (es menos importante en la intensidad recíproca a 1, 2, ..., ó 9).

Como ya se ha mencionado, AHP es una herramienta ideal para dar mayor consistencia a la aplicación de la metodología QFD. Ambas metodologías se complementan y logran combinar el análisis cualitativo y cuantitativo eliminando el probable sesgo de los grupos evaluadores.

Supongamos que queremos aplicar QFD para mejorar la competitividad de un restaurante (ejemplo tomado de la página oficial de la Asociación Latinoamericana de QFD), cuyo dueño está convencido de que necesita entender claramente las necesidades de sus clientes antes de empezar a tomar acciones. El dueño del restaurante pida ayuda a un experto certificado en QFD (Black Belt<sup>35</sup>). Juntos van al gemba<sup>36</sup>, obtienen la voz del cliente y extraen de la voz del cliente para clasificarlas en 4 tipos de necesidades:

1. Precio competitivo
2. Servicio rápido
3. Sabor de la comida
4. Ambientación

El gerente del restaurante piensa que es momento de tomar una acción de cambio, por ejemplo; piensa que puede ofrecer algunas promociones para mejorar la percepción del precio, trabajar junto con los meseros para agilizar el servicio, incluir algunos platos nuevos y comprar algunos adornos para mejorar la ambientación.

El consultor Black Belt, en este caso puede recurrir a algunos de los conceptos clave de su curso o formación y podría ser un error empezar a tomar acciones, ya que todavía no se sabe si todas estas necesidades tienen la misma prioridad. Algunas de las valoraciones podrían ser quizás que el servicio rápido sea más importante que el sabor de la comida, o que el precio sea más importante que la ambientación, etc.

El gerente del restaurante debe escuchar los comentarios del consultor Black Belt, y con su ayuda determinar si para los clientes estas necesidades probablemente son igualmente importantes. El consultor Black Belt propone buscar alguna metodología que les permita ponderar estas necesidades del cliente de forma efectiva. El gerente del restaurante, ya podría estar en condiciones de empezar a entender mejor los principios fundamentales del QFD y podría proponer ir directamente a escuchar a los clientes.

Como ambas ideas son razonables, el experto Black Belt y el gerente podrían remitirse a la aplicación de más herramientas de apoyo a QFD. En este caso es ideal

---

35 Black Belt: es un grado de experiencia certificada en la aplicación de QFD otorgado a tutores capaces de liderar proyectos con éxito. La única institución facultada para emitir estas titulaciones es el QFDI (Michigan - USA)

36 Gemba: es una expresión japonesa que quiere decir “lugar de trabajo” en el proceso de aplicación de QFD hace referencia a obtener la información del cliente en el sitio de trabajo, es decir en la fuente directa para ser más objetivos.

aplicar una metodología para ponderar necesidades del cliente como es el AHP. Hipotéticamente analizaremos a un primer cliente llamado Manolo. Manolo es un cliente frecuente e importante, pero paciente y muy dispuesto a cooperar.

Para iniciar el proceso, es necesario construir una Matriz de Comparación Pareada (Ver Cuadro 3-3), como la que se muestra a continuación:

AHP	Precio	Servicio	Sabor	Ambientación
Precio				
Servicio				
Sabor				
Ambientación				

Cuadro 3-3. Matriz de Comparación Pareada AHP

El AHP trabaja comparando parejas de opciones (por ejemplo, Precio vs. Servicio, Sabor vs. Servicio, etc.) Como Precio vs. Precio no es comparable (son el mismo elemento), las celdas dónde se cruzan elementos idénticos (Precio vs. Precio, Servicio vs. Servicio, etc.) se les pone un valor de 1 (Ver Cuadro 3-4). Con esto, la Matriz de Comparación Pareada queda inicializada.

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)		1		
Sabor (F3)			1	
Ambientación (F4)				1

Cuadro 3-4. Matriz de Comparación Pareada AHP inicializada

Ahora se deben hacer las comparaciones de forma ordenada. Para facilitar la explicación, se añadió una F a los elementos en las Filas y una C a los elementos en las Columnas.

**Comparación 1: Precio (C1) vs. Precio (F1).**

Esta comparación es trivial (son el mismo elemento) y el valor ya estaba inicializado como 1.

**Comparación 2: Precio (C1) vs. Servicio (F2).**

En esta comparación, Manolo debe decidir qué elemento es más importante. Para facilitar esta decisión, se debe usar la Tabla de Ponderación (Ver Cuadro 3-2) que define la escala de calificación. Esta tabla se debe usar para cualquier ejercicio de AHP, no sólo para este caso particular. Se preguntó a Manolo qué es más importante para él, si el Precio (C1) o el Servicio (F2). Para Manolo, el Precio (C1) es

ligeramente más importante que el Servicio (F2) por lo que se asignó un 3 a la celda C1-F2.

De esta forma, queda la matriz (Ver Cuadro 3-5) hasta este momento:

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)	3	1		
Sabor (F3)			1	
Ambientación (F4)				1

Cuadro 3-5. Calificación de comparación de C1 sobre F2

**Comparación 3: Precio (C1) vs. Sabor (F3).**

Se preguntó a Manolo qué es más importante, si el Precio (C1) o el Sabor (F3). Para Manolo, el Precio (C1) es fuertemente más importante que el Sabor (F3). Esto da un valor de Tabla de Ponderación de 5 (Ver Cuadro 3-6).

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)	3	1		
Sabor (F3)	5		1	
Ambientación (F4)				1

Cuadro 3-6. Calificación de comparación de C1 sobre F3

**Comparación 4: Precio (C1) vs. Ambientación (F4).**

Manolo dice que el Precio (C1) es muy fuertemente más importante que la Ambientación (F4). A esta ponderación (Ver Cuadro 3-7) corresponde un valor de 7. Con esto se terminan las comparaciones de Precio (C1) y pasamos a Servicio (C2). Las comparaciones siempre empiezan "abajo" de la diagonal principal (dónde están los 1 de inicialización: Precio vs. Precio, Servicio vs. Servicio, Sabor vs. Sabor, etc.).

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)	3	1		
Sabor (F3)	5		1	
Ambientación (F4)	7			1

Cuadro 3-7. Calificación de comparación de C1 sobre F4

**Comparación 5: Servicio (C2) vs. Sabor (F3).**

La pregunta a Manolo es la siguiente: ¿Qué tanto más importante es el Servicio que el Sabor para ti? Manolo dice que el Sabor (F3) es más importante que el Servicio (C2). A esta ponderación corresponde un valor de 5 (Ver Cuadro 3-8).

Como en esta comparación el elemento en F es más importante que el elemento en C, se tiene que poner *el inverso* (1/valor de Tabla de Ponderación), es decir 1/5 para este caso

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)	3	1		
Sabor (F3)	5	1/5	1	
Ambientación (F4)	7			1

Cuadro 3-8. Calificación de comparación de C2 sobre F3

**Comparación 6: Servicio (C2) vs. Ambientación (F4).**

La pregunta a Manolo tiene la siguiente forma: ¿Qué tanto más importante es C2 que F4 para ti? Manolo responde que C2 es fuertemente más importante (7). Como es más importante una C que una F, No es necesario poner el inverso. Terminamos con Servicio (C2) y pasamos a Sabor (C3).

De esta forma, queda la matriz (Ver Cuadro 3-9) después de las tres últimas comparaciones:

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1			
Servicio (F2)	3	1		
Sabor (F3)	5	1/5	1	
Ambientación (F4)	7	7		1

Cuadro 3-9. Calificación de comparación de C2 sobre F4

**Comparación 7: Sabor (C3) vs. Ambientación (F4).**

Para Manolo, ambos elementos son igualmente importantes, por lo que es aconsejable que el consultor Black Belt y el gerente del restaurante revisen la Tabla de Ponderaciones y coincidan en que para estos casos se debe poner un valor de 1.

Con esta última comparación, terminó la tarea de Manolo. Para llenar las celdas aun vacías, es necesario poner el *valor inverso* de la respuesta que ya se tiene. Esto se explicará mejor con un ejemplo descrito a continuación.

La comparación 2, Precio (C1) vs. Servicio (F2) tiene un valor de 3 en la celda C1-F2. Entonces, el valor que pondremos en la celda Servicio (C2) vs. Precio (F1), celda C2-

F1, es el inverso de 3,  $1/3$ . La lógica de esto es que si le preguntamos a Manolo qué es más importante, el Servicio o el Precio, sería redundante preguntarle ahora qué es más importante el Precio o el Servicio (además, es importante respetar el tiempo de nuestros clientes).

Así mismo el inverso de la celda C1-F3 = 5 será la celda C3-F1=  $1/5$  (comparación de Sabor vs. Precio). La Matriz (Ver Cuadro 3-10) terminada se detalla a continuación:

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)
Precio (F1)	1	$1/3$	$1/5$	$1/7$
Servicio (F2)	3	1	5	$1/7$
Sabor (F3)	5	$1/5$	1	1
Ambientación (F4)	7	7	1	1

Cuadro 3-10. Matriz de ponderación terminada

Lo que sigue es un proceso matemático sencillo pero de varios pasos:

1. Elaborar una Matriz de Normalización.

El formato es igual al de la Matriz de Comparación Pareada, añadiéndole una fila (Promedio) y una columna (Sumatoria). La Matriz de Normalización (Ver Cuadro 3-11) para este ejemplo se vería así:

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)	Sumatoria
Precio (F1)					
Servicio (F2)					
Sabor (F3)					
Ambientación (F4)					
Promedio					

Cuadro 3-11. Matriz AHP de normalización

2. En Sumatoria, poner el resultado de la sumatoria de cada una de las filas.
3. Por ejemplo para Precio (F1) =  $(1 + 1/3 + 1/5 + 1/7) = 1.68$
4. Los inversos se suman como valores decimales. La Matriz de Normalización (Ver Cuadro 3-12) con las sumatorias queda así:

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)	Sumatoria
Precio (F1)					1.68
Servicio (F2)					9.14
Sabor (F3)					7.20
Ambientación (F4)					16.00
Promedio					

Cuadro 3-12. Matriz AHP normalizada y con columnas de sumatorias

- En cada una de las celdas, se pone el valor original dividido entre la sumatoria de la fila (Ver Cuadro 3-13).
- Para la celda F1-C1 por ejemplo, el valor es  $1/1.68$ . Para la celda F2-C1, el valor es  $3/9.14$ . Para la celda F3-C1 =  $5/7.20$

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)	Sumatoria
Precio (F1)	$1/1.68=$ 0.597	$(1/3)/1.68=$ 0.199	$(1/5)/1.68=$ 0.119	$(1/7)/1.68=$ 0.085	1.68
Servicio (F2)	$3/9.14=$ 0.328	$1/9.14=$ 0.109	$5/9.14=$ 0.547	$(1/7)/9.14=$ 0.016	9.14
Sabor (F3)	$5/7.20=$ 0.694	$(1/5)/7.20=$ 0.028	$1/7.20=$ 0.139	$1/7.20=$ 0.139	7.20
Ambientación (F4)	$7/16=$ 0.438	$7/16=$ 0.438	$1/16=$ 0.063	$1/16=$ 0.063	16.00
Promedio					

Cuadro 3-13. Cálculos de normalización de las filas

### 7. Comprobación

Todos los valores nuevos de cada renglón suman 1. En la fila F2 de Servicio, por ejemplo  $(0.328 + 0.109 + 0.547 + 0.016) = 1$

8. Obtener el promedio de cada una de las Columnas (C1, C2, etc.).

9. Para Precio (C1), por ejemplo, el promedio es  $(0.597 + 0.328 + 0.694 + 0.440) / 4 = 0.514$

AHP	Precio (C1)	Servicio (C2)	Sabor (C3)	Ambientación (C4)	Sumatoria
Precio (F1)	$1/1.68=0.597$	$(1/3)/1.68=0.199$	$(1/5)/1.68=0.119$	$(1/7)/1.68=0.085$	1.68
Servicio (F2)	$3/9.14=0.328$	$1/9.14=0.109$	$5/9.14=0.547$	$(1/7)/9.14=0.016$	9.14
Sabor (F3)	$5/7.20=0.694$	$(1/5)/7.20=0.028$	$1/7.20=0.139$	$1/7.20=0.139$	7.20
Ambientación (F4)	$7/16=0.438$	$7/16=0.438$	$1/16=0.063$	$1/16=0.063$	16.00
Promedio	0.514	0.193	0.217	0.076	1.00

Cuadro 3-14. Matriz de normalización final de resultados

Esta es la tabla final de resultados. Significa que para Manolo, el Precio (C1) representa el 51.4% de la importancia (más de la mitad), el Sabor (C3) el 21.7% de la importancia, el Servicio (C2) el 19.3% de la importancia y la Ambientación (C4) tan solo el 7.6% de la importancia.

Una vez realizado el primer ejercicio, el gerente del restaurante y el consultor Black Belt saben que necesitarán repetir el ejercicio con varios clientes más (se recomienda de 20 a 25) para obtener valores más representativos.

Con este ejemplo, se describe el funcionamiento de la metodología AHP que es muy útil para dar mayor consistencia a las valoraciones realizadas en el proceso de QFD.

### 3.5 Descripción del Diseño de la Metodología propuesta

De forma general, la propuesta se describe como un sistema en el que se puede interpretar que las demandas de cualificación del Mercado Laboral, así como las valoraciones de sector académico (acerca de la configuración del perfil y contenidos curriculares a estudiar), son las variables o información de entrada; las que serán procesadas mediante métodos, metodologías y herramientas que a su vez lograrán el diseño, desarrollo y aplicación de una nueva metodología propuesta.

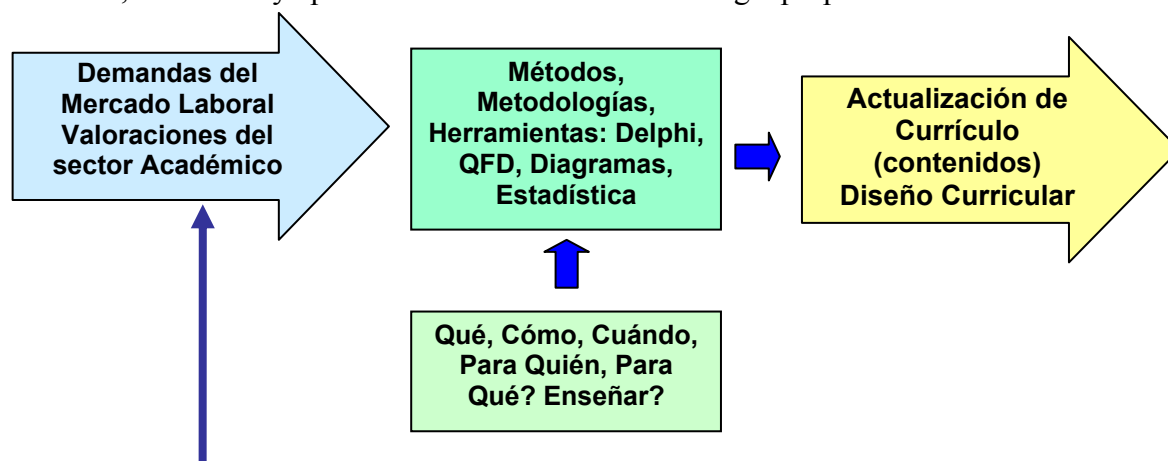


Figura 3-6. Diseño Sistemático de la Metodología propuesta

Por otra parte, este diseño se guiará mediante preguntas orientadoras que en todo momento asegurarán no desviar las acciones de la consecución del objetivo de diseñar

o actualizar los contenidos curriculares. (Ver Figura 3-6). Las preguntas orientadoras son: ¿Qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿para qué?

Como resultado de la revisión bibliográfica, genéricamente, se puede decir que el diseño o actualización de contenidos curriculares, es el resultado de un sistema en el que la universidad debe elaborar los contenidos curriculares (de cada carrera, curso o asignatura) en base a unos contenidos mínimos normalizados por el Proceso de Bolonia, los que luego serán complementados con los contenidos propios que cada universidad considere más adecuados, según el perfil buscado.

El esquema detallado a continuación (Ver Figura 3-7) refleja esta situación. Sin embargo, como se puede apreciar, el diseño curricular no define cómo identifica y elige los contenidos propios.

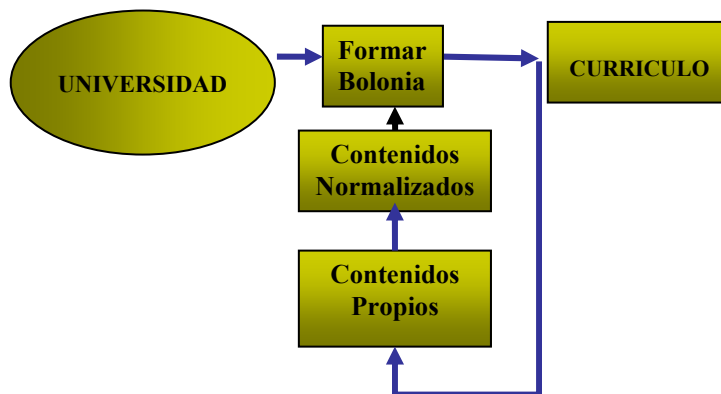


Figura 3-7. Diagrama de desarrollo y competencias del Diseño Curricular

Por otra parte, el proceso de contratación, para cubrir un puesto, que emplea el Mercado Laboral (representado en este caso por la Industria), implica la necesidad recurrir a un mecanismo externo de contratación y posterior capacitación para las labores específicas o de lo contrario será necesaria una reorganización interna ya sea para ascender o para reasignar tareas al personal ya contratado para cumplir con el puesto requerido (Ver Figura 3-8).

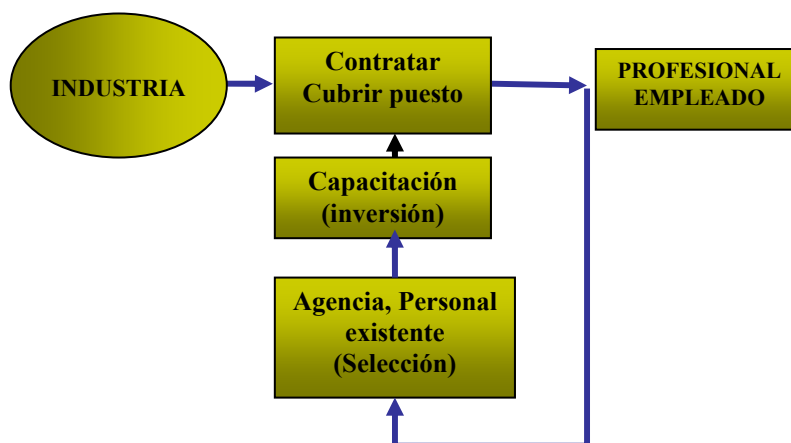


Figura 3-8. Diagrama de Aspectos implicados para cubrir un puesto

En ambas situaciones, hará falta la inversión de tiempo y recursos en la capacitación, que podrá ser más demandante en función al Currículo que tenga el funcionario. Por lo que el Mercado Laboral que demanda recursos humanos cualificados en una



especialidad, valora en gran medida a los graduados que tienen un currículo que se ajuste de mejor forma esas demandas, pues la curva de aprendizaje será menor.

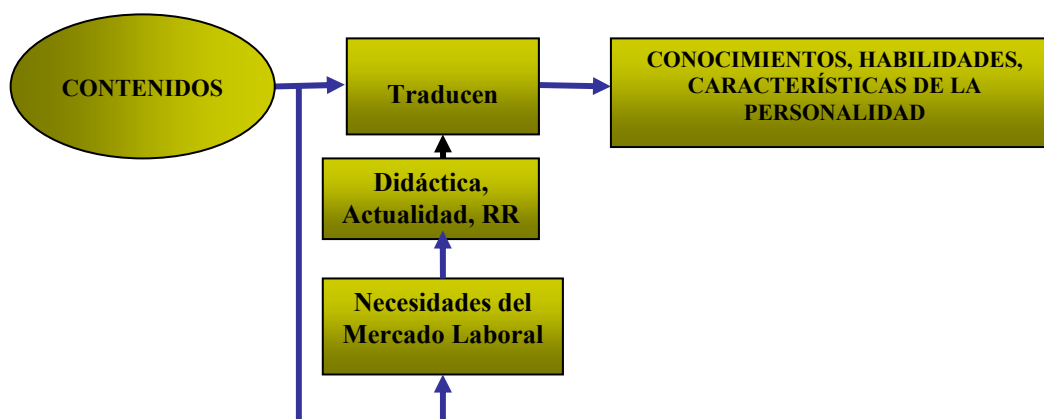


Figura 3-9. Esquema de Relación de Contenidos y el Mercado Laboral

Como se ha visto, los anteriores análisis se complementarían de forma ideal al relacionar los Contenidos con las Necesidades del Mercado Laboral y los Conocimientos, Habilidades y Características de la Personalidad del graduado que será contratado para cubrir un puesto determinado.

Por tanto, se podría establecer que, los Contenidos se desarrollan y organizan a partir de las pautas que manifestadas por las Necesidades del Mercado Laboral, necesidades que con la ayuda de la Didáctica, Estrategia y otros pueden ser traducidas en Conocimientos, Habilidades y Características de la personalidad del graduado universitario; quién está llamado a incorporarse en dicho Mercado Laboral (Ver Figura 3-9).

En la medida en que estas necesidades del mercado se interpreten adecuadamente, los contenidos estarán más ajustados a las demandas y este acercamiento repercutirá favorablemente en la colocación de los profesionales involucrados en este proceso.

Tanto los clientes externos (estudiantes, padres de estudiantes, mercado laboral) como los internos (universidades), en términos de Akao, forman parte de un sistema estudiado y desarrollado en la presente tesis doctoral.

Considerando la información de estos tres procesos, se propone un Diseño de Metodología para la actualización y desarrollo del currículo universitario con especialidad en tecnología CIM.

La propuesta se basa en la forma y elementos que interactúan en la integración de los tres procesos anteriores, así; la universidad tiene un rol de Formación de Recursos Humanos. Por tanto, ofrece (Oferta) Currículos o mallas curriculares conformadas por un conjunto de Contenidos que se traducen en Conocimientos, Habilidades y Características de la Personalidad del graduado.

Para asegurar el desarrollo de los aspectos anteriormente mencionados, es necesario contar con el apoyo de la didáctica, los recursos y medios disponibles para su aprendizaje y sobre todo debe realizarse un análisis de la relevancia de ese estudio y su impacto en la actualidad.

Esto implica que la construcción de un currículo debe responder a las Necesidades del Mercado Laboral, que demanda la contratación de Recursos Humanos

Cualificados con sólidos Conocimientos, capacidades y rasgos que permitan una actuación solvente de un profesional.

Como se puede apreciar en el Diagrama del Diseño (Ver Figura 3-10), el Diseño de Metodología propuesto se basa en la interacción de dos sistemas que podrían denominarse el de Oferta y de Demanda, cuyo componente o punto de encuentro es el desarrollo de Conocimientos, Habilidades y características de la personalidad del graduado, que para la Universidad se traduce en los Contenidos y para la Industria o sector objetivo se traduce en la Cualificación del personal profesional a contratar.

El diseño de la metodología propuesta para la actualización de contenidos curriculares de la tecnología CIM en carreras universitarias tecnológicas, se divide en tres fases: 1) Fase de Información de la Demanda de Cualificación Laboral, 2) Fase de Información de contenidos Curriculares y 3) Fase de Correlación y Resultados:

- Fase de Información de la Demanda de Cualificación Laboral. Tiene por objetivo identificar, definir y caracterizar los requerimientos de cualificación que la demanda laboral valora más en los recursos humanos a contratar.

En otras palabras, se deberán definir cuáles son las características del perfil profesional que determinado segmento del mercado laboral (especializado en la temática de estudio, CIM para este caso) requiere.

Así mismo la caracterización se centra en aspectos de proyección a futuro, desarrollo e importancia (económica, estratégica, social, etc.) del sector de la Demanda Laboral de mencionado segmento.

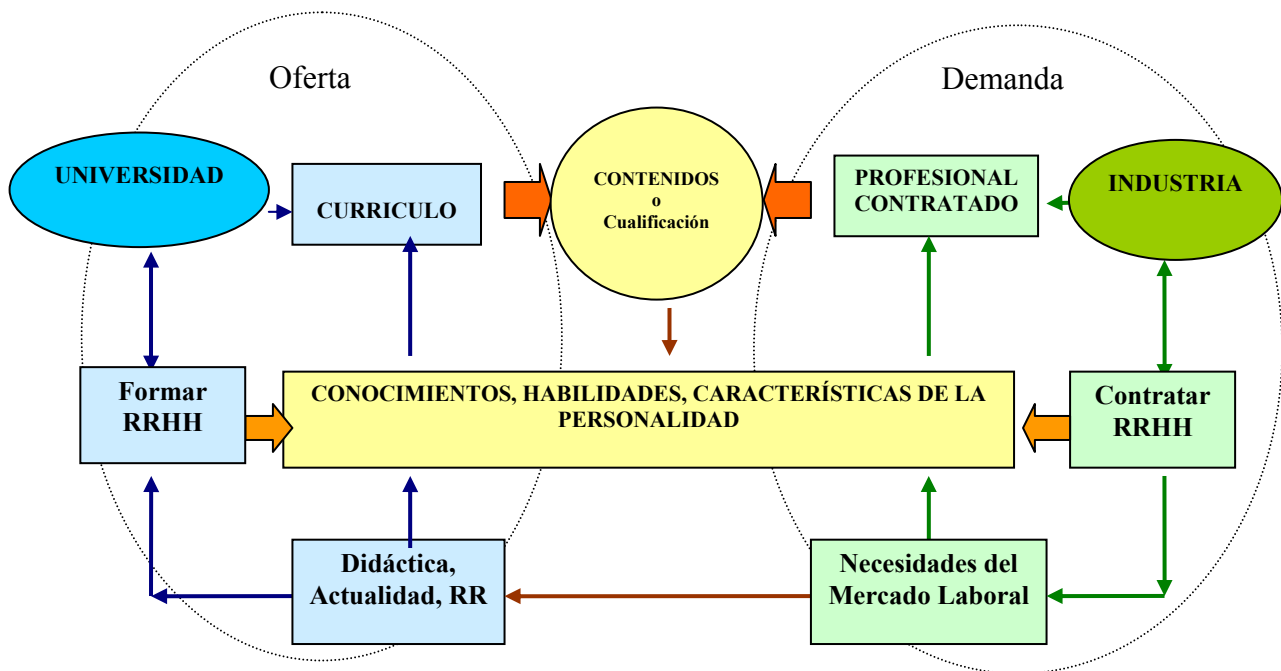


Figura 3-10. Relación Oferta y Demanda de Cualificación de Recursos Humanos

- Fase de Información de la Demanda de Cualificación Laboral. Tiene por objetivo identificar, definir y caracterizar los requerimientos de cualificación que la demanda laboral valora más en los recursos humanos a contratar.

En otras palabras, se deberán definir cuáles son las características del perfil profesional que determinado segmento del mercado laboral (especializado en la temática de estudio, CIM para este caso) requiere.

Así mismo la caracterización se centra en aspectos de proyección a futuro, desarrollo e importancia (económica, estratégica, social, etc.) del sector de la Demanda Laboral de mencionado segmento.

- Fase de Información de Contenidos Curriculares. Tiene por objetivo identificar, definir y caracterizar la información de los contenidos curriculares relacionados al tema de estudio elegido para actualizar.

Es decir, se estudiará toda la información referida a qué se enseña, cómo se estructuran u organizan los contenidos curriculares del propósito de cualificación en las carreras universitarias, cuál es la percepción y valoración de los alumnos cuando estudian estos contenidos, cuál es la valoración con que califican los profesores universitarios a estos contenidos, cuál es la valoración con que califica el mercado laboral, etc.

- Fase de Correlación y Resultados. Tiene por objetivo formalizar la correlación entre las fases anteriores, es decir, cómo se puede satisfacer la demanda cualificación laboral a través de la oferta de contenidos curriculares que especialicen y aseguren la cualificación de los recursos humanos en las instituciones de formación universitaria.

Cada Fase a su vez, está conformada por etapas y las etapas por actividades, que con la ayuda de herramientas adecuadas, logran desarrollar el diseño de la Metodología (Ver Figura 3-11).

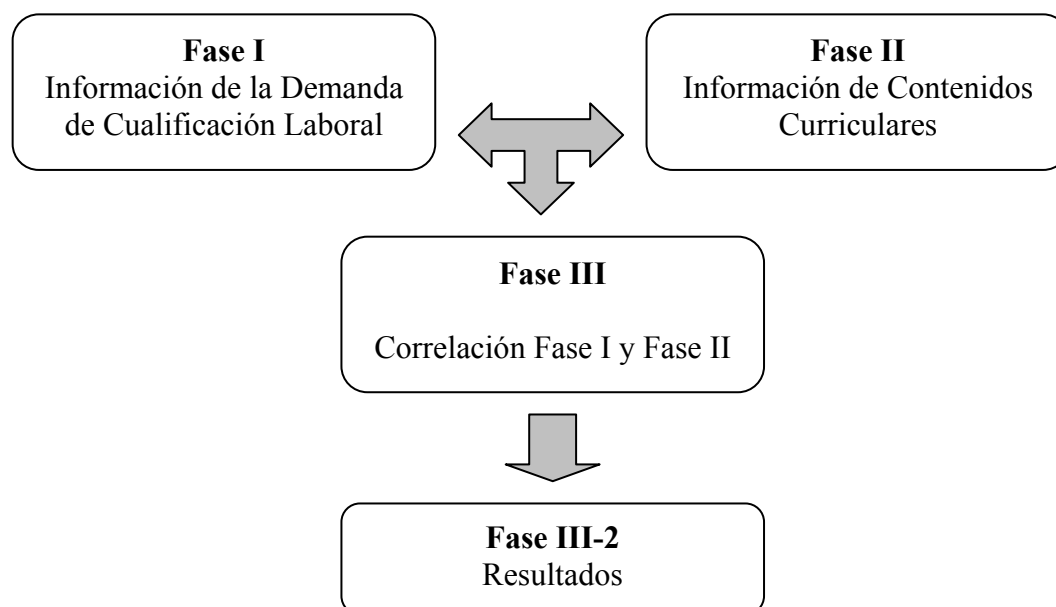


Figura 3-11. Esquema de Fases de la propuesta de Metodología

A continuación se desagregan las etapas y actividades (Ver Figura 3-12).

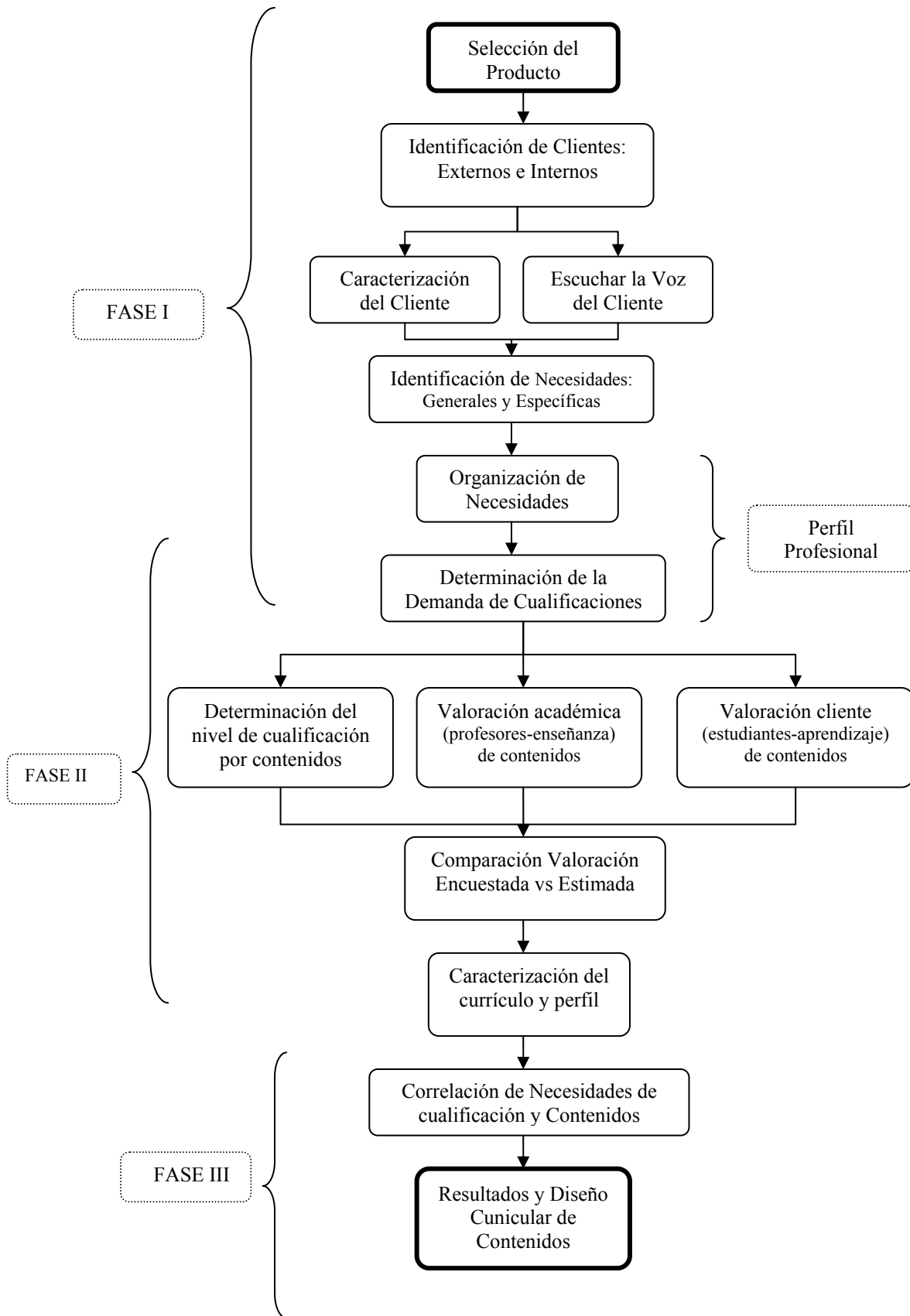


Figura 3-12. Esquema del Diseño de la Metodología propuesta

## Fase I: Información de la Demanda de Cualificación Laboral

Esta fase comprende tres etapas orientadas a identificar las necesidades del mercado laboral, así como el perfil y características del mismo (Ver Figura 3-13).

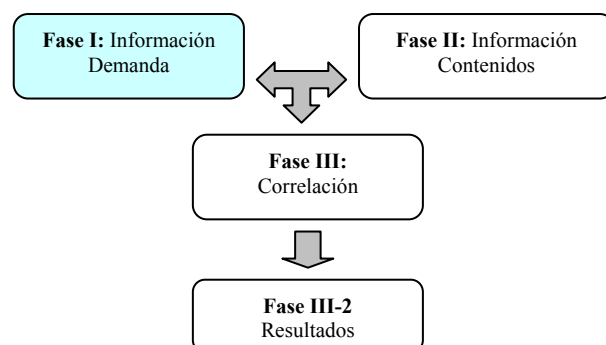


Figura 3-13. Fase I o Fase de la Información de Demanda de Cualificación Laboral

También se han definido actividades para cada etapa y sus herramientas empleadas para realizar dichas actividades en torno a la contribución del Diseño de la Metodología.

- Etapa 1: Identificación del producto o servicio
  - Actividad 1.1.1: Selección del producto o servicio  
Herramienta: Diagrama de Afinidad
  - Actividad 1.1.2: Escuchar la voz del cliente  
Herramienta: Método Delphi
  - Actividad 1.1.3: Extraer las necesidades del cliente  
Herramienta: Blitz
  - Actividad 1.1.4: Caracterización del cliente (Industria CIM, estudiantes, padres, proveedores de tecnología)  
Herramienta: Mapeo de la Industria local
- Etapa 2: Estudio de Necesidades
  - Actividad 1.2.1: Identificación de las necesidades específicas en estudio (uso y necesidad de Tecnología CIM en industria)  
Herramienta: Encuesta Industria  
Herramienta: AHP
  - Actividad 1.2.2: Organización de las Necesidades  
Herramienta: Diagrama de Afinidad
  - Actividad 1.2.3: Demanda de cualificaciones (perfil profesional requerido por CIM)  
Herramienta: Encuesta Industria  
Herramienta: Diagrama Árbol
- Etapa 3: Validación del Diagnóstico de Necesidades

- Actividad 1.3.1: Determinación de nivel de cualificación actual (conocimientos, habilidades, características en CIM)  
Herramienta: Encuesta Estudiantes
- Actividad 1.3.2: Valoración de contenidos orientados a la cualificación (valoración de CIM en el aprendizaje)  
Herramienta: Encuesta Estudiantes
- Actividad 1.3.3: Valoración de contenidos orientados a la enseñanza (Valoración de CIM en la enseñanza)  
Herramienta: Encuesta Profesores
- Actividad 1.3.4: Priorización de contenidos (valorados por CIM)  
Herramienta: AHP
- Actividad 1.3.5: Comparación de Necesidades Teóricas vs. Encuestadas  
Herramienta: Encuesta Industria  
Herramienta: Blitz

Además de la desagregación de actividades para esta etapa, se deben considerar una serie de tareas que coadyuvan a la realización y orientación de dichas actividades, como por ejemplo:

- a) Definir la temática contenido curricular a ser estudiado (relacionada con la actividad 1.1.1.). Se puede emplear un diagrama de afinidad con el objetivo de organizar las ideas de forma estructurada en categorías que se forman por agrupación natural. Su procedimiento consta de los siguientes pasos: 1. Escribir un criterio por cada tarjeta. 2. Organizar un grupo de criterio cual racimo, según alguna afinidad compartida. 3. Analizar los grupos conformados y discutirlos para decidir su nueva organización.
- b) Estudio de la motivación de aprendizaje de la temática elegida a actualizar/diseñar contenido (relacionado con la actividad 1.3.2). La herramienta a utilizar puede ser una encuesta dirigida a los estudiantes, con el objetivo de conocer el grado de valoración que los estudiantes le dan a la temática del contenido curricular en estudio.

Identificar el grado de conocimientos previos o conocimientos correlacionados a la temática de contenidos a diseñar/actualizar en cuestión. Su procedimiento se basa en los siguientes puntos: 1. Seleccionar un rango de cursos o niveles en los que se podría impartir la enseñanza de los contenidos en cuestión., el grupo encuestado debe pertenecer al centro de formación del estudio de caso particular. 2. Hacer preguntas sobre el conocimiento de las generalidades de la temática del contenido a diseñar/actualizar. 3. Preguntar para saber si aprecian los beneficios de estudiar la temática en cuestión.

- c) Estudio de la transversalidad de la temática/contenido (relacionado con la actividad 1.3.3.). La herramienta a utilizar puede ser una Encuesta dirigida a los profesores que impartirán los contenidos en cuestión, con el objetivo de conocer la valoración que los mismos profesores de la carrera objeto de estudio, tienen sobre la temática elegida a actualizar/diseñar su contenido.

También se quiere conocer si los profesores consideran que la asignatura que enseñan tiene impacto en el estudio o se relaciona con la temática del contenido a diseñar/actualizar (análisis del enfoque de enseñanza del contenido).

El procedimiento a seguir consta de los siguientes pasos: 1. Preparar una breve descripción de la temática del contenido a diseñar/actualizar, de forma que se aclaren términos o conceptos ambiguos. 2. Orientar las primeras preguntas de forma directa si considera que la asignatura que imparte es importante para el estudio de la temática en cuestión. 3. Orientar un segundo grupo de preguntas a la justificación de la importancia o no de la asignatura del profesor encuestado para la temática del contenido en estudio. 4. El tercer grupo de preguntas se debe orientar a reflejar la opinión del profesor encuestado sobre la organización actual de los contenidos involucrados en la temática de estudio.

- d) Priorizar los requerimientos de los futuros contratantes de los graduados universitarios que estudian la temática en cuestión (tecnología CIM) y también priorizar los requerimientos del sector académico que toman en cuenta para la enseñanza de dicha temática o contenido (relacionados con la actividad 1.3.4).

La herramienta a emplearse puede ser un Diagrama o Árbol de Jerarquía cuyo objetivo es el de ajustar las agrupaciones del diagrama de afinidad anterior en términos de traslape entre los niveles (a veces abstractos) e identificar ideas que faltan.

Esta herramienta demanda un procedimiento definido en los siguientes pasos: 1. Bosquejar el diagrama de afinidad de izquierda a derecha, comenzando por el nivel más resumido (izquierda). 2. Ajustar los nodos de la jerarquía de modo que representen el mismo grado de abstracción en cada nivel. Los nodos en cada nivel deben ser mutuamente excluyentes. 3. Para cada nodo, repasar las hojas y agregar cualquier artículo que falte. Para cada nodo, las hojas deben representar colectivamente el conjunto desagregado.

- e) Identificar los conceptos que implican la priorización de requerimientos tanto en el sector de la demanda laboral (la industria) como del sector académico; es decir, las consideraciones intermedias entre cada nivel de jerarquía del Diagrama de Jerarquía (relacionado con la actividad 1.3.4.).

La herramienta que se podría utilizar es el Proceso Analítico de Jerarquía (AHP) cuyo objetivo sería el de comparar dos conceptos por pares para medir la importancia y prioridad de un concepto sobre el otro; esta herramienta normalizará resultados y eliminará la posibilidad de manipulación de datos. Su procedimiento implica seguir los pasos a continuación: 1. Construir una matriz cuadrada (cada concepto representado en columna y fila), puede ser realizada una matriz para cada nodo y para el concepto contiguo de la derecha. 2. Comparar cada par de datos en términos de importancia (1 para igual importancia y 9 para más importante). 3. Normalizar estadísticamente las columnas y calcular la importancia porcentual por filas. 4. Si se trabaja con un grupo de expertos y no se ponen de acuerdo en la ponderación, se puede calificar con el promedio de sus calificaciones.

- f) Estudio de la relación del contenido curricular a actualizar/diseñar con la demanda laboral de la carrera (importancia del aprendizaje para los contratantes), relacionado con las actividades 1.3.5. y 3.1.1. la herramienta

sugerida puede ser una Encuesta dirigida al sector de la demanda del mercado laboral (Industria).

El objetivo es el de conocer el grado de valoración con que califica el mercado laboral demandante (industriales) a la importancia del estudio de la temática de contenidos en cuestión.

El procedimiento se basa en la construcción de la encuesta que se divide en las siguientes partes: 1. La primera parte identifica al grupo al que pertenece el sector de la demanda laboral (características de la industria o empresa). 2. La segunda parte identifica la actividad que realiza (la industria/empresa). 3. La tercera parte identifica los medios que emplea el sector para lograr la transformación del bien o servicio (las tecnologías que usa la industria/empresa) y la relación que tiene con las temáticas en estudio (CIM) y 4. La cuarta parte ayuda a conocer la valoración con que califica el encuestado a la importancia de la relación universidad-mercado laboral (industria en la práctica de CIM) y el por qué. 5. La quinta parte recoge las intenciones a futuro sobre el tratamiento de la temática de contenidos en estudio (CIM en la industria/empresa).

- g) Estudio de la relación del contenido curricular a actualizar/diseñar con la vigencia de la temática (importancia científica, tecnológica, social, etc.). La herramienta que podría utilizarse es el mapeo o Ruta crítica cuyo objetivo es ubicar temporal y espacialmente las perspectivas del futuro de la temática en estudio, ya que su contenido se actualizará/diseñará, basada en la respuesta de las encuestas anteriores y que servirá para preparar los cuestionarios para los grupos de expertos en los Delphi Rotatorio a realizar.

## **Fase II: Información de Contenidos Curriculares**

Aunque esta fase solo comprende una etapa, también se han desagregado sus actividades orientadas a obtener toda la información necesaria de los contenidos curriculares, objeto de actualización, diseño o rediseño (Ver Figura 3-14).

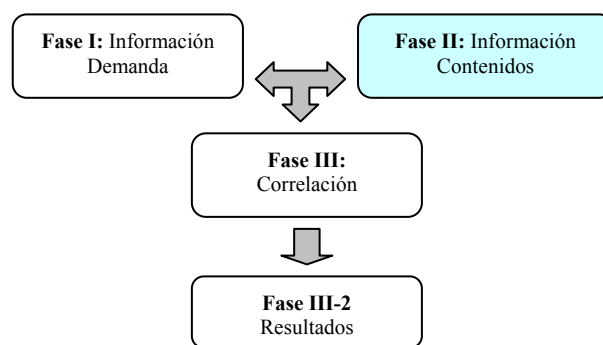


Figura 3-14. Fase II o Fase de Información de Contenidos Curriculares

Esta información será útil ya que refleja el estado actual de los contenidos curriculares, los criterios con los que se establecieron, la didáctica, medios y recursos empleados.

- Actividad 2.1.1: Perfil de contenidos curriculares relacionados con la demanda de necesidades (contenidos CIM enseñados en Ing. Industrial actual)

Herramienta: Encuesta sector Académico



Herramienta: Diagrama de Afinidad

Herramienta: Diagrama Árbol

- Actividad 2.1.2: Organización curricular de contenidos en estudio (aprendizaje y enseñanza de CIM)

Herramienta: Encuesta Profesores

Herramienta: AHP

- Actividad 2.1.3: Identificación de temporalidad, oportunidad y didáctica de enseñanza (de CIM).

Herramienta: TSC

De forma similar a lo que se detalla en la Fase I, a continuación se mencionan algunas de las tareas, objetivos y procedimientos a tomar en cuenta para la realización de las actividades que comprende el Diseño de Metodología propuesto.

- a) Identificar los contenidos que actualmente forman parte del currículo respecto a la temática de estudio (relacionada con la actividad 2.1.1.). Esta tarea puede ser realizada mediante el uso de una de las herramientas sugeridas como es la encuesta dirigida al sector académico (profesores, asistentes, investigadores, etc.).

El procedimiento a seguir es: 1. Elegir un grupo representativo de las universidades más importantes o referentes en la enseñanza de los contenidos en estudio (en este caso se han encuestado a 52 centros de formación superior de toda España que imparten la carrera de ingeniería industrial o afines). 2. En términos generales la encuesta tiene 3 partes. La primera parte orienta las preguntas a la identificación del nivel de conocimientos que el encuestado tiene sobre la temática de los contenidos en estudio. 3. La segunda parte es orientada a preguntas para conocer en qué medida el encuestado relaciona la temática de contenidos en estudio y la carrera universitaria a la que el encuestado está vinculado. 4. La tercera parte orienta las preguntas a conocer la percepción que tiene el encuestado sobre la importancia de la enseñanza de los contenidos en cuestión para el mercado laboral de los futuros graduados (en este caso de la industria real que trabaja en CIM).

- b) Estudio del contenido curricular actual (punto de vista académico: qué, cómo, quién, cuándo se enseña). El objetivo perseguido de esta tarea es preparar la información necesaria para procesar las variables de entrada a las matrices QFD. Además, ayudar al equipo de expertos a identificar rápidamente la información demográfica del segmento de potenciales clientes así como también ayudar a identificar al segmento objetivo más importante.

La Tabla de Segmento de Clientes (TSC) es la herramienta que mejor se ajusta para la realización de esta tarea y su procedimiento está definido por los siguientes pasos: 1. Preparar una tabla con 5 columnas (o cuantas preguntas de circunstancia se quieran hacer) y N filas, destinadas a preguntas sobre el producto/servicio: para qué, cuándo, dónde, cuándo y cómo se usa (se pueden añadir más columnas si fuera necesario). 2. En cada columna se debe listar la mayor cantidad posible de información relevante, que puede incluir datos de estudios de mercado anteriores, resultados de métodos Delphi, etc. 3. Encerrar en un círculo las características que definan a cada cliente y enlazarlas para

construir una cadena o perfil (podrían ser 10 características las necesarias para hacer una buena identificación).

### Fase III Correlación y Resultados

Esta fase, es la más importante, ya que las anteriores podrían interpretarse como insumos o información relevante para poder realizar el análisis (Ver Figura 3-15).

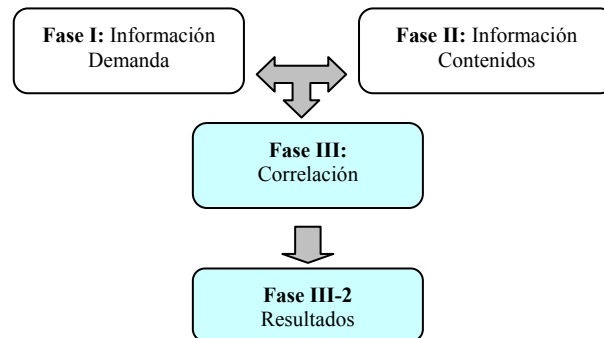


Figura 3-15. Fase III o Fase de Correlación y Obtención de resultados

Esta fase, en sí representa al proceso y productos (salidas) de un sistema propuesto para determinar contenidos curriculares afines a la demanda del mercado.

La sección tiene el objetivo de correlacionar las informaciones de las anteriores fases para luego ponderar las causas y efectos de determinadas necesidades del mercado laboral y determinados contenidos curriculares en el proceso de enseñanza – aprendizaje para cubrir puestos de trabajo de formación profesional especializada.

- Etapa 1: Correlación
  - Actividad 3.1.1: Correlación entre las Necesidades de cualificación (para la especialización en CIM) y la Forma y medios para lograrlo.  
Herramienta: QFD (7 matrices)  
Herramienta: Delphi Rotatorio (Universidad e Industria)
- Etapa 2: Obtención de Resultados
  - Actividad 3.2.1: Tratamiento estadístico de los resultados  
Herramienta: Dispersión, Marcadores de Tendencia central (Media, Moda, Cuartiles)
  - Actividad 3.2.2: Interpretación de resultados  
Herramienta: Gráficos
  - Actividad 3.2.3: Conclusiones de los resultados  
Herramienta: Cuadros Resumen

Nuevamente, la realización de actividades, implican una serie de tareas que contribuyen al éxito de los propósitos definidos en los objetivos de cada fase; por lo que a continuación se desagregan algunas de las tareas más importantes de esta fase.

- a) Selección de las características del perfil profesional que se busca con el aprendizaje de los contenidos curriculares a estudiar (actualizar /diseñar). Esta tarea demanda el uso del método Delphi Rotatorio - Expertos S. Académico,

como herramienta principal, con el objetivo de conocer cuáles son las características que los futuros contratantes de graduados valoran más y cuál es la perspectiva de futuro que tiene el sector para el que se preparan los contenidos.

El procedimiento empleado se basa en la elaboración de cuestionarios preliminares, cuyas preguntas se preparan en base a los resultados de las encuestas realizadas al sector académico (52 centros encuestados); para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Se conforman dos grupos de expertos que representen a dos sectores que se quieran relacionar o comparar (entre 4 a 10 expertos por grupo).
  2. Se preparan preguntas orientadas a conocer las características que valoran en la formación profesional respecto a la temática de los contenidos en cuestión. Se pregunta por separado a cada sector.
  3. Se procesan estadísticamente las respuestas para obtener resultados y conclusiones sobre las respuestas de cada sector por separado.
  4. Se construye una lista de las principales características valoradas.
- b) Estudio de contenidos curriculares de principales universidades de la especialidad en cuestión (oferta actual y su relación con la temática elegida a actualizar). Esta tarea demanda el uso del método Delphi Rotatorio - Expertos S. Industria y Proveedores Tecnología.

El objetivo es conocer cuáles son las características específicas que los futuros contratantes de graduados valoran más y cuál es la perspectiva de futuro que tiene.

Para ello se sigue un procedimiento que comienza preparando las preguntas del cuestionario para el Delphi Rotatorio, en base a los resultados de las encuestas realizadas al sector industrial/empresarial (lista obtenida de alguna clasificación oficial de un ámbito y alcance definidos).

Los siguientes pasos son los siguientes: 1. En primer lugar se conforma un nuevo grupo mixto de expertos, cuyos miembros provienen de los grupos formados en las anteriores tareas.

Los representantes son escogidos por la representatividad del sector, siendo condición indispensable haber contestado de forma correcta y completa las anteriores encuestas en sus grupos correspondientes.

El grupo debe tener un número entre 11 a 20 participantes. 2. Se preparan las preguntas para profundizar las respuestas más concretas y específicas sobre las características de formación, estas preguntas se basarán en las respuestas del Delphi anterior.

A partir de esta tarea, el procesamiento de la información se basa en el uso de las herramientas de QFD, con el desarrollo de siete matrices que paulatinamente aproximarán el diseño del contenido curricular, como se muestra en la Figura 3-16.

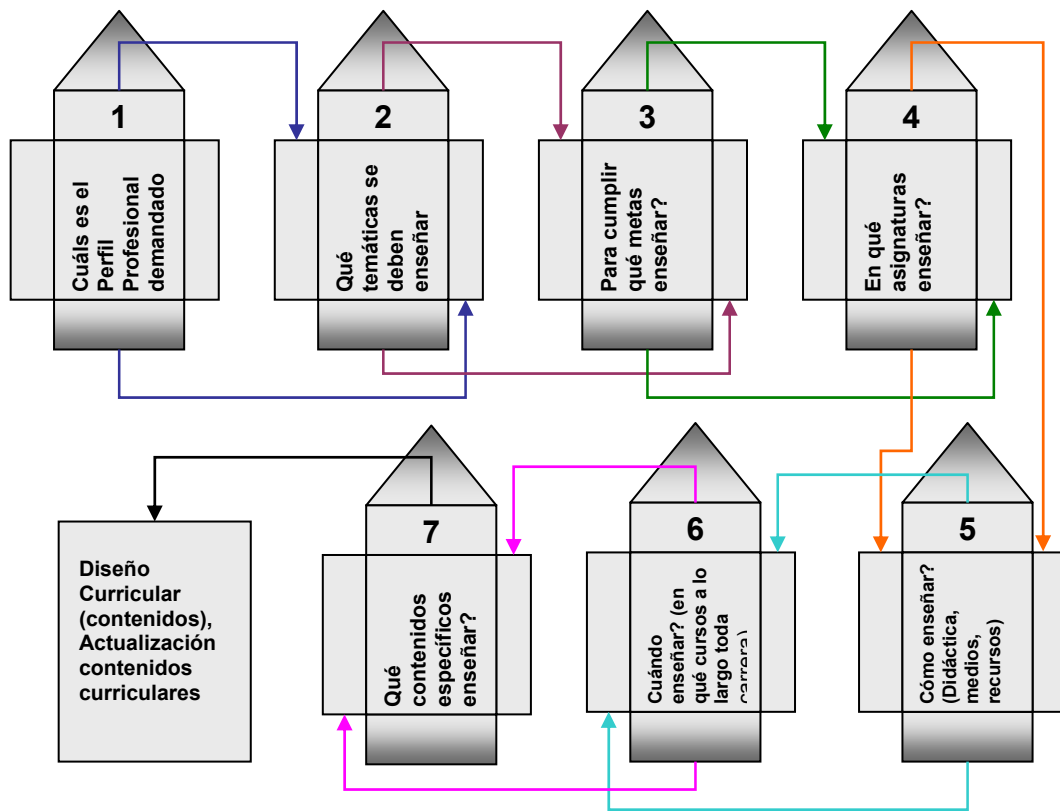


Figura 3-16. Aproximación de Diseño Curricular mediante uso de matrices QFD

- c) Identificación del perfil valorado por los sectores implicados en la correlación. Esta tarea requerirá el trabajo con herramientas de QFD para poder diseñar la primera matriz denominada QFD – Matriz 1. Su objetivo principal es correlacionar conocimientos, habilidades y características (valoradas por los futuros contratantes) respecto a los temas que se estudian en su formación profesional.

El procedimiento a seguir para realizar la tarea se basa en los pasos detallados a continuación:

1. Construir una matriz de 10x10 donde las abscisas son conceptos que definen la valoración del perfil profesional especializado en la temática en cuestión (CIM) y las ordenadas son las temáticas sugeridas para la enseñanza de la temática de estudio (contenidos CIM).
2. Mediante un cuestionario se definen en las abscisas una lista de 10 conceptos por los que se valoran más, a los graduados, por el sector al que pertenece el encuestado (académico o industrial), así estos conceptos se dividen en: Conocimientos, Habilidades y Características personales. Estas se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.
3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 temáticas principales para la enseñanza del estudio en cuestión (CIM) en las

universidades con carreras de contenidos afines (tecnológico, para el caso de aplicación). Así estos conceptos se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con la siguiente escala: El sector industrial deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0 a 100% siendo el criterio a calificar el de más importante para 100% y no importante para 0%, cada calificación entre los 10 conceptos es independiente. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% el concepto más importante y 0% para el no importante, pero la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que se trata de importantes contribuciones.

- d) Identificación de las temáticas que se estudiarán en los contenidos a diseñar/actualizar. Como en el caso anterior se hace uso de herramientas de correlación de QFD, denominada QFD – Matriz 2, por su alusión a que es la segunda matriz de correlación en esta etapa.

El objetivo es correlacionar las temáticas priorizadas para el aprendizaje de los contenidos en estudio y las metas de aprendizaje de la carrera universitaria en la que se impartirán los contenidos en estudio.

El procedimiento sugerido consta de los siguientes pasos:

1. Construir una matriz de 10x10 donde las abscisas con las temáticas sugeridas para la enseñanza del tópico escogido (CIM, para nuestro caso) y las ordenadas son las metas de aprendizaje en las carreras de enseñanza de la rama (como es la tecnología en este caso) y luego se clasificará por conocimientos, habilidades y características personales.

2. Mediante un cuestionario, se definen las 10 temáticas de enseñanza del tópico escogido (CIM) mejor valoradas por el sector al que pertenece el encuestado (académico o representante del mercado laboral: industrial). Estas se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 metas de aprendizaje en carreras tecnológicas. Así estas se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con la siguiente escala: El sector del mercado laboral (industrial) deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% a 100% siendo el criterio a calificar el de más importante para 100% y no importante para 0%, cada calificación entre los 10 conceptos es independiente. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% el concepto más importante y 0% para el no importante, pero la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que se trata de importantes contribuciones.

- e) Identificación de las metas de aprendizaje de las carreras universitarias en las que se impartirán los contenidos en estudio. Esta tarea demanda el uso de las herramientas QFD, denominadas como QFD - Matriz 3. Su objetivo es correlacionar las metas de aprendizaje de las carreras y las asignaturas en las que se centra la enseñanza de los contenidos en estudio.

El procedimiento sugerido es el detallado a continuación:

1. Construir una matriz de 10x10 donde las abscisas son las metas de aprendizaje de carreras de enseñanza en la especialidad tecnológica (clasificadas por conocimientos, habilidades y características personales) y las ordenadas son las asignaturas relacionadas con CIM (clasificadas por asignaturas troncales, obligatorias y optativas).

2. Mediante un cuestionario se definen las 10 metas de aprendizaje mejor valoradas por el sector al que pertenece el encuestado (académico o mercado laboral: industrial). Estas se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 asignaturas relacionadas con la enseñanza del tópico en cuestión (CIM). Así estas se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con la siguiente escala: El sector del mercado laboral (industrial) deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% a 100% siendo el criterio a calificar el de más importante para 100% y no importante para 0%, cada calificación entre los 10 conceptos es independiente. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% el concepto más importante y 0% para el no importante, pero la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que son importantes contribuciones.

- f) Identificación de la clase de asignatura en la que se recomienda enseñar el contenido en estudio. Esta tarea demanda el uso de la herramienta de QFD que denominamos QFD – Matriz 4, porque hace alusión a la cuarta matriz de procesamiento de información con la herramienta de QFD. Su Objetivo es correlacionar las asignaturas relativas a la temática en estudio y la didáctica con la que se recomienda la enseñanza de sus contenidos.

Para poder realizar esta tarea, se requiere seguir esta procedimiento:

1. Construir una matriz de 10x10 donde las abscisas son las asignaturas relacionadas con el tópico en cuestión (CIM), las filas de la matriz serán clasificadas por asignaturas troncales, obligatorias y optativas. Mientras que las ordenadas representan la didáctica como ser la metodología y estrategia de

enseñanza (que están subdivididas en Contenidos teóricos, Habilidades y capacidades prácticas y Estrategias combinadas).

2. Mediante un cuestionario se definen las 10 asignaturas relacionadas con la enseñanza del tópico elegido (CIM), mejor valoradas por el sector al que pertenece el encuestado (académico o mercado laboral: industrial). Estas se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 conceptos de Didáctica para la enseñanza del tópico en cuestión (CIM). Así estos se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con diferentes escalas mencionadas a continuación: El sector del mercado laboral (industrial) deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% a 100% siendo el criterio a calificar el de más importante para 100% y no importante para 0%, cada calificación entre los 10 conceptos es independiente. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% el concepto más importante y 0% para el no importante, pero la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que son importantes contribuciones.

- g) Identificación de didáctica con que se recomienda la enseñanza de los contenidos en estudio. Esta tarea demanda el uso de la herramienta de QFD que denominamos QFD – Matriz 5, porque hace alusión a la quinta matriz de procesamiento de información con la herramienta de QFD.

Su Objetivo es correlacionar la didáctica de enseñanza de los contenidos en estudio y los cursos en los que se recomienda su enseñanza.

Para poder realizar esta tarea, se requiere seguir esta procedimiento:

1. Construir una matriz de 10x10 donde las abscisas son la didáctica como metodología y estrategia de enseñanza (divididas en Contenidos teóricos, Habilidades y capacidades prácticas y Estrategias combinadas). Las ordenadas son los Cursos de la carrera (divididos en cursos, intensificaciones de 4to año e intensificaciones de 5to año).

2. Mediante un cuestionario se definen las 10 metodologías o estrategias para la enseñanza del tópico elegido (CIM), mejor valoradas por el sector al que pertenece el encuestado (académico o mercado laboral: industrial). Estas se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 niveles de cursos de enseñanza para el tópico elegido (CIM). Así estos se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con diferentes escalas según el sector: El sector del mercado laboral (industrial) deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% a 100% siendo el criterio a calificar el de más importante para 100% y no importante para 0%, cada calificación entre los 10 conceptos es independiente. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% el concepto más importante y 0% para el no importante, pero la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que son importantes contribuciones.

- h) Identificación de los cursos en los que se recomienda enseñar los contenidos en estudio. Esta tarea demanda el uso de la herramienta de QFD que denominamos QFD – Matriz 6, porque hace alusión a la sexta matriz de procesamiento de información con la herramienta de QFD.

Su Objetivo es correlacionar los cursos en los que se sugiere la enseñanza de los contenidos en estudio y los contenidos propiamente dichos. Para poder realizar esta tarea, se requiere seguir esta procedimiento:

1. Construir una matriz cuadrada de 10x10 en la que las abscisas representan a los Cursos de la carrera (divididos en cursos, intensificaciones de 4to año e intensificaciones de 5to año) y las ordenadas son los Contenidos específicos para la enseñanza del tópico escogido (CIM).

2. Mediante un cuestionario se definen los 10 niveles de enseñanza del tópico escogido (CIM), mejor valorados por el sector al que pertenece el encuestado (académico o del mercado laboral: industrial). Estos niveles deberán calificarse por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 Contenidos específicos de enseñanza del tópico en cuestión (CIM). Así los contenidos se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia con la siguiente escala según el sector: El sector industrial deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% a 100% siendo el criterio más importante el calificado con 100% y el no importante calificado con 0%; cada calificación de los 10 conceptos es independiente una de otra. El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% la calificación para el concepto más importante y 0% para el no importante, tomando en cuenta que la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que son importantes contribuciones.

- i) Identificación de los contenidos que actualizan/diseñan el currículo en estudio. Esta tarea demanda el uso de la herramienta de QFD que denominamos QFD –



Matriz 7, porque hace alusión a la séptima matriz de procesamiento de información con la herramienta de QFD.

Su Objetivo es correlacionar los contenidos de enseñanza y la concentración con que deben impartirse los mismos.

El procedimiento a seguir se detalla a continuación:

1. Construir una matriz cuadrada de 10x10 en la que las abscisas representan a los Contenidos específicos para la enseñanza del tópico escogido (CIM) y las ordenadas representan la concentración de los contenidos para la enseñanza del tópico (CIM) en una carrera universitaria (de tipo tecnológica, en este caso).

2. Mediante un cuestionario se definen los 10 contenidos específicos más relevantes para la enseñanza del tópico a estudiar (CIM), los que deben ser también los más valorados por el sector al que pertenece el encuestado (académico o mercado laboral: industrial). Estos contenidos se deberán calificar por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

3. Mediante un cuestionario se definen en las ordenadas una lista de 10 formas de Concentración de contenidos específicos para la enseñanza del tópico (CIM). Así estos se calificarán por su importancia con la siguiente escala: 0 -no importante, 1 -poco importante, 3 -importancia media y 9 -muy importante.

4. Por otra parte, en la segunda parte del cuestionario, se deberán calificar las abscisas porcentualmente por su importancia y por sectores con la siguiente escala:

El sector industrial deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo el criterio a calificar de más importancia el que califica con 100% y el no importante el que califica con 0%; cada calificación de los 10 conceptos es independiente una de otra.

El sector académico deberá calificar a cada una de las 10 abscisas del 0% al 100% siendo 100% la calificación del concepto más importante y 0% para el no importante, tomando en cuenta que la sumatoria de los 10 conceptos debe sumar 100%.

5. La parte final del cuestionario debe incluir una casilla para los comentarios o sugerencias, pues las respuestas pueden tener matices necesarios de aclarar ya que son importantes contribuciones.

### **3.6 Diseño preliminar de la Metodología propuesta**

Finalmente, para complementar el estudio de las fases y etapas propuestas para la Metodología, a continuación se presenta un cuadro resumen que detalla la elección de las herramientas para la realización de cada actividad, así como la identificación de las etapas y fases a las que pertenecen (Ver Cuadro 3-15).

#### **Fase I: Información de la Demanda (Diseño de la Metodología)**

- Fase I: Estudio de toda la información relacionada con el mercado laboral que demanda la cualificación en la temática escogida. También se estudia el estado actual de la configuración de los contenidos curriculares para la temática escogida (CIM); es decir que se recopila e interpreta la información del mercado laboral de

los futuros graduados y la información académica de los contenidos curriculares referidos al tema de estudio (Aplicación de la Metodología propuesta).

FASE	ETAPA	ACTIVIDAD	CODIGO	FASE	ETAPA	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA		
I	1	1	1.1.1.	INFORMACIÓN DE LA DEMANDA	IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO	Selección del producto o servicio	Mapas		
		2	1.1.2.			Caracterización del cliente del producto o servicio	Encuestas industria		
	2	1	1.2.1.		ESTUDIO DE NECESIDADES	Escuchar la voz del cliente (industria usuaria de CIM)	Encuesta Industria		
		2	1.2.2.			Definir necesidades del cliente (industria usuaria de CIM)	Método Delphi		
		3	1.2.3.			Identificar necesidades específicas del cliente (respecto al uso de la tecnología CIM).	Blitz		
		4	1.2.4.			Seleccionar y organizar las necesidades de cualificación que demanda el cliente (estudiantes e industria)	Diagramas de jerarquía		
	3	1	1.3.1.		VALIDACIÓN DEL DIAGNÓSTICO	Correlación de necesidades deducidas y necesidades reales encuestadas.	Diagrama de Afinidad		
		2	1.3.2.			Determinar el nivel actual de conocimientos (en CIM) que tienen los estudiantes (de Ingeniería Industrial)	Encuesta al sector industrial		
		3	1.3.3.			Ponderar los contenidos de enseñanza que se dedican al estudio de CIM (por parte de los docentes o académicos).	Encuesta a estudiantes		
		4	1.3.4.			Priorizar de forma concertada entre clientes y evaluadores (industriales, académicos y estudiantes) los contenidos de enseñanza (referidos a CIM).	Encuesta a profesores y académicos		
		5	1.3.5.			Determinar las necesidades de formación especializada (en CIM) a partir de estimaciones e información real.	AHP		
	II	1	1		2.1.1.	INFORMACIÓN DE CONTENIDOS CURRICULARES	INFORMACIÓN CURRICULAR	Identificar el perfil profesional del Ingeniero Industrial especializado en CIM.	Mapa
			2		2.1.2.			Organización de contenidos curriculares (en general) por parte de los académicos	Método Delphi y Mapas
			3		2.1.3.			Organización de contenidos curriculares (en general) según las características de la estructura (tiempo, duración, ubicación y didáctica)	Encuesta a Universidades
	III	1	a		3.1.1.	CORRELACIÓN	CORRELACIÓN	Correlación entre las Necesidades de cualificación (para la especialización en CIM) y la Forma y medios para lograrlo	Tabla de Segmentación de Clientes
a				Correlación entre el Perfil profesional y los Temas sugeridos para la especialización (en CIM)	QFD (7 matrices)				
b				Correlación entre Temas y Metas de aprendizaje de la carrera	1ª Matriz QFD				
c				Correlación entre Metas y Asignaturas dedicadas al estudio de CIM	2ª Matriz QFD				
d				Correlación entre Asignaturas y la Didáctica de enseñanza de CIM	3ª Matriz QFD				
e				Correlación entre la Didáctica y su aplicación en los diferentes Cursos de la carrera universitaria.	4ª Matriz QFD				
f				Correlación entre los Cursos y los Contenidos específicos dedicados al estudio de CIM	5ª Matriz QFD				
g				Correlación entre Contenidos y su Intensificación (concentración) para la enseñanza	6ª Matriz QFD				
2				3.1.2.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS			7ª Matriz QFD	
2		2	3.2.2.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS	Tratamiento estadístico de los resultados	Dispersión, Marcadores de Tendencia central (Media, Moda, Cuartiles)			
		3	3.2.3.		Interpretación de resultados	Gráficos			
		3	3.2.3.		Conclusiones de los resultados	Cuadros resumen			

Cuadro 3-15. Diseño de la Metodología propuesta por fases, etapas y herramientas

- Fase I - Etapa I: Identificación del producto (Diseño de Metodología)
- Fase I - Etapa I: Identificación de la temática a la que se aplicará el diseño de metodología propuesta para estudiar la actualización de los contenidos curriculares (Aplicación de la Metodología propuesta).
- Fase I - Etapa II: Estudio de las necesidades de la demanda de cualificación laboral (Diseño de Metodología)
- Fase I – Etapa II: Estudio de las necesidades de las demandas de cualificación laboral del sector industrial que implementa la tecnología CIM (Aplicación de la Metodología Propuesta).
- Fase I – Etapa III: Validación del diagnóstico de necesidades

- Fase I – Etapa III: Validación de las necesidades identificadas en la anterior etapa tanto del sector industrial (futuro empleador y cliente que demanda graduados especializados en CIM) y del sector académico (demandas de los estudiantes como clientes internos de un sistema de formación y también justificaciones de los profesores universitarios encargados de impartir o programar los contenidos de enseñanza).

### **Fase II: Información de contenidos curriculares (Diseño de la Metodología)**

- Fase II: Información de contenidos curriculares referidos a CIM en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS (Aplicación de la Metodología propuesta).
- Fase II – Etapa única: se perfilarán los contenidos curriculares en relación a la demanda de cualificación diagnosticada en la fase anterior, se organizarán los contenidos propuestos acorde a la sugerencia de los grupos de expertos. (Aplicación de la Metodología propuesta).

### **Fase III: Correlación (Diseño de la Metodología)**

- Fase III: Correlación entre los criterios de ajuste del sector industrial, los criterios del sector académico, criterios de los proveedores de tecnología (fabricantes de laboratorios) y los intereses de los estudiantes; respecto a los contenidos curriculares referidos a la tecnología CIM. (Aplicación de la Metodología propuesta)
- Fase III – Etapa I: Correlación (Diseño de la Metodología).
- Fase III – Etapa I: Correlación entre contenidos, temáticas, didáctica, medios, temporalidad y oportunidad de los contenidos curriculares de CIM. (Aplicación de la Metodología propuesta).
- Fase III – Etapa II: Resultados (Diseño de la Metodología)
- Fase III- Etapa II: Obtención de resultados a partir de la correlación de conceptos priorizados sobre temáticas, contenidos, temporalidad y oportunidad de la enseñanza de CIM en el currículo de Ingeniería Industrial. (Aplicación de la Metodología propuesta).

A continuación, se desarrolla la Aplicación de la Metodología al caso de estudio: Contenidos curriculares CIM en la carrera de Ingeniería Industrial, según los anteriormente definidos.

## **4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA**

La Metodología propuesta para diseñar o actualizar los contenidos curriculares de carreras universitarias, se aplicará a un caso práctico. Este caso práctico permitirá identificar los contenidos curriculares orientados al aprendizaje de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial o carreras afines, teniendo la virtud de que los contenidos están consensuados y jerarquizados por el sector académico (involucrado en el proceso de enseñanza – aprendizaje) y el sector del mercado laboral que demanda cualificación de los recursos humanos a contratar en sea tecnología específica (representado por el sector industrial y de los proveedores de tecnología que implementan y desarrollan CIM).

La aplicación de la metodología al caso práctico permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Demostrar la utilización de la metodología propuesta.
- Estudiar las implicaciones de la aplicación de la metodología en un caso real.
- Validar la metodología propuesta.

### **4.1 Consideraciones previas a la Aplicación de la Metodología en el caso de estudio**

Como ya se ha definido en el diseño de la metodología, esta propuesta es un diseño metodológico aplicable a cualquier temática de la que se pretenda definir sus contenidos curriculares. Por tanto, es importante definir claramente el tema o tema elegido como objeto de estudio.

El Diseño de Metodología propuesta se aplicó a la actualización de los contenidos curriculares referidos a la tecnología CIM en carreras tecnológicas como la carrera de Ingeniería Industrial.

Por otra parte, como se ha argumentado en el capítulo 2: Estado del Arte, el interés de estudio de la tecnología CIM responde a la importancia que ha cobrado en los últimos años. Se trata de una tecnología de integración automatizada, que asegura la competitividad de las industrias que la implementan, siendo este el principal criterio de elegibilidad como estrategia competitiva para el amplio sector industrial en España.

Actualmente, estamos frente a una realidad, las industrias compiten en un mercado global, muchas se han convertido en grupos industriales internacionales que aprovechan las ventajas de ciertas localizaciones para realizar determinados procesos de su producción.

Cada vez es más frecuente, fabricar un producto en varias plantas especializadas en un producto, pieza o parte. Por lo general, cada planta está en un continente, país, región o población distinta; por lo que el proceso de ensamblado de partes o similar; dependerá de las tecnologías de integración que además de terminar el producto, lo controlarán y probarán.

Esta situación, ha sido el motor que impulsó el desarrollo de tecnologías dedicadas a integrar todo el proceso de producción, a través del tratamiento de la información de forma computarizada.

La tecnología CIM, es la herramienta que mayor importancia y vigencia ha cobrado para esta clase de producción; proporcionando la posibilidad de integrar procesos y también dirigir y controlar todo el sistema de producción desde un mando central.

Sin embargo, esta tecnología tan completa pero compleja demanda la cualificación del personal que vaya a gestionarla. Dado que uno de los objetivos de la configuración del currículo de las carreras universitarias, es que sean lo más afin a las demandas del requerimiento del mercado laboral; el estudio del currículo universitario para la enseñanza de la tecnología CIM es imprescindible para satisfacer la cualificación demandada por el sector industrial.

#### 4.1.1 Sector de las Empresas Industriales usuarias de CIM

Basados en los conceptos del libro “Estrategia Competitiva” (Michael Porter, 2002), la estructura del sector industrial determina las reglas de juego y las posibilidades estratégicas disponibles para la empresa.

Según el mismo autor, la formulación de una estrategia competitiva consiste en relacionar a una empresa con su entorno; siendo el entorno un aspecto clave, para el *sector industrial*; pues implica la actuación de: los competidores ya establecidos, los productos sustitutos, las empresas existentes y las que potencialmente pueden entrar al mercado (Ver Figura 4-1).

Para esta investigación, es de especial interés la fuerza de la Competencia, porque toma en cuenta la Cualificación del personal Técnico y/o de Dirección (mayor productividad) como estrategia de competitividad.

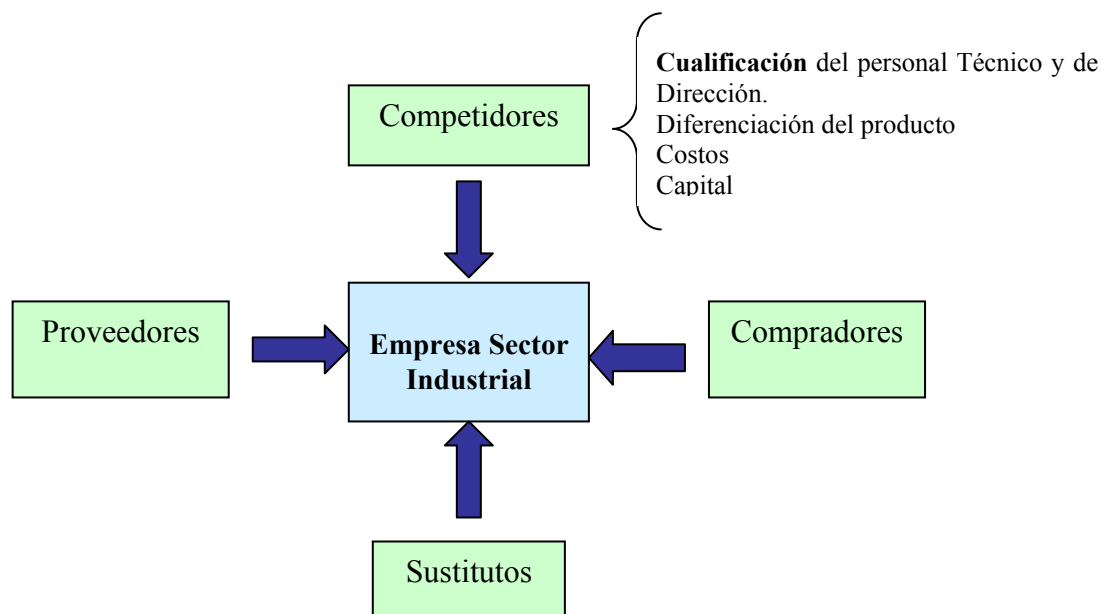


Figura 4-1. Fuerzas externas que influyen a la Empresa del Sector Industrial

A continuación se presenta una lista de las principales industrias especializadas del sector de la empresa industrial de España, que implementa CIM y que por tanto, son el mercado potencial de los futuros graduados que estudiaron mencionada tecnología:

- Industria textil
- Industria del calzado
- Industria de defensa
- Industria de Energía
- Industria química (farmacéutica, plásticos, etc.)
- Industria electrónica y TICs (circuitos electrónicos e integrados)
- Industria del automóvil (automoción)
- Industria pesada
- Industria de alimentación
- Industria de Transformación metalmecánica
- Industria de fabricación de Máquina-herramienta y sus accesorios
- Industria de fabricación de Equipamiento industrial
- Industria de aplicaciones para la Biomedicina
- Industria Aeronáutica, aeroespacial
- Consultoría – Asesoramiento técnico en Ingeniería

#### **4.1.2 Empresas industriales de España que reconocen el uso de tecnología CIM**

Puntualmente, se citan algunos ejemplos de empresas industriales que pertenecen a la clasificación del punto anterior. Los representantes autorizados de estas empresas, fueron encuestados e identificaron a sus industrias empresariales como usuarias de la tecnología CIM (sin precisar su grado de automatización).

1. **ACCENTURE** (Consultoría – Asesoramiento técnico en Ingeniería). Es una compañía global de consultoría de gestión, servicios tecnológicos y “outsourcing<sup>37</sup>”. Está comprometida con el desarrollo de la innovación.

El uso y estudio de CIM en los casos de consultoría, le ha permitido a la empresa a colaborar a sus clientes a convertir sus organizaciones en negocios de alto rendimiento. Sus clientes son las principales empresas de todos los sectores, quienes demandan consultorías en servicios de tecnología y “outsourcing”.

2. **ALUMINIO CATALAN SA – ALCASA** (Industria de Transformación metal mecánica). Es una industria dedicada a la actividad de producción de aleaciones de aluminio de segunda fusión para moldeo. Destina su producción anual de 60.000 Toneladas métricas al sector de automoción (80%), construcción (12%) y otros (8%). Está en proceso de implementación de CIM ya que es una industria con marcado interés por aplicar las mejores tecnologías industriales y de gestión.
3. **AVS** (Consultoría – Asesoramiento técnico en Ingeniería). Added Value Industrial Engineering Solutions, es una empresa industrial que se dedica a la consultoría en ingeniería y oficina técnica mecánica.

---

37 Outsourcing: del inglés que se puede interpretar como tercerización o externalización.

4. **BENTELER Ibérica Holding** (Industria del automóvil/automoción). Es la filial en España del grupo alemán del mismo nombre. Centra su actividad en la fabricación y el suministro de componentes para la industria del automóvil. Pertenece al sector de la industria del automóvil o de la automoción.

Abastece de suministros y/o productos terminados a las plantas de SEAT y Ford, operando con un sistema JIT, por lo que es importante la gestión de su producción mediante la tecnología CIM.

Divide su actividad en cinco grandes familias de productos: 1) Fabricación de piezas para chasis de vehículos, 2) Montaje de módulos y conjuntos completos listos para su instalación en las líneas de producción, 3) Diseño y fabricación de elementos para la estructura de la carrocería de los coches, 4) componentes tubulares (para todo tipo de conducciones metálicas de fluidos) y 5) los sistemas de escape, desde los colectores a los elementos de conducción de los gases de escape.

5. **CELESTICA SUPPLY CHAIN** (Industria electrónica). Es una empresa de prestación de servicios innovadores de fabricación electrónica se ha establecido en España, concretamente en Barcelona y en Valencia, tras adquirir la empresa de productos electrónicos MSL. Una de sus principales actividades es la de ensamblaje de circuitos impresos destinados al uso en componentes de automóviles, aviones, sistemas de seguridad, estaciones de radio, impresoras industriales y elevadores industriales. La tecnología está implementada desde la casa matriz (Toronto – Canadá) hasta sus filiales en todo el mundo.
6. **Construcciones mecánicas ERLO** (Industria de fabricación de Máquina-herramienta y sus accesorios). Fabrica Taladros, Roscadoras, Máquinas Transfer y Unidades independientes de mecanizado para Iberia, Casa, Ford, Boeing o SEAT utilizando como suministradores Mori Seiki, Okuma, Mazak, AEG y Siemens. Pertenece al sector de Fabricantes de Máquinas Herramientas, la implementación de la tecnología CIM aplicada al diseño y fabricación le ha representado la reducción de más del 50% en el tiempo de desarrollo de sus proyectos
7. **Datalogger Information Technologies** (Industria Electrónica – TICs). Es una empresa que se dedica a la captura y transmisión de datos mediante comunicación remota “wireless”.
8. **DINITEL** (Industria Electrónica). Industria dedicada a la Domótica e Infraestructuras Inteligentes
9. **Equipos de Panificación GASHOR** (Industria de fabricación de Equipamiento industrial). Fabrica hornos e instalaciones industriales para la fabricación de pan y pastelería. Pertenece al sector de fabricación de Equipamiento industrial, la implementación de tecnología CIM aplicada especialmente en el prototipaje le ha representado un aumento de su productividad del 40-50%.
10. **FERMAX Electrónica S.A.E.** (Industria electrónica). Es una industria referente en España en la fabricación y comercialización de porteros electrónicos, videoporteros y sistemas de control de accesos para edificios. Cuenta con una marcada especialización en el diseño y fabricación de controles de acceso para oficinas, empresas y viviendas; actividades para las que ha desarrollado la tecnología CIM pero también dedica una parte importante de sus recursos de I+D+i al ámbito de la Domótica.

11. **FUNDIMAG** (Industria transformación metal mecánica). Es una industria que se dedica a la fundición inyectada, emplea CIM especialmente en el diseño y modelado de sus productos.
12. **GENERAL CABLE** (Industria de Transformación metal mecánica). Es una industria dedicada a la fabricación de cables a nivel mundial. La gama de cables de General Cable es muy amplia y comprende desde los de energía a cables de telecomunicaciones, pasando por los eléctricos, para la construcción, transmisión de datos, instrumentación, control y especiales, así como cables de Extra-Alta Tensión. Debido a esta gran variedad de productos la implementación de CIM ha beneficiado a la empresa en la producción a demanda bajo la filosofía de JIT, ya que el manejo de inventarios cero es esencial para esta producción de volúmenes considerables.
13. **Goitek** (Consultoría – Asesoramiento técnico en Ingeniería). Empresa dedicada a la ingeniería para el desarrollo e implantación de soluciones MES (Manufacturing Execution Systems) y CIM.
14. **Máquinas Eléctricas INDAR** (Industria de fabricación de Máquina-herramienta y sus accesorios ó Equipamiento industrial). Es una industria dedicada al Diseño, construcción y suministro de maquinaria eléctrica rotativa. Pertenece al sector de fabricación de maquinaria. La implementación de CIM para el diseño de su planta y para el diseño y fabricación de sus productos ha representado beneficios en Seguridad y calidad en los procesos de ensamblaje, de esta industria.
15. **INDRA** (Industria electrónica). Es una compañía líder en Tecnologías de la Información, Su actividad se distribuye en tres líneas de negocio: Tecnologías de la Información (80% del total de los ingresos), Simulación y Sistemas Automáticos de Mantenimiento y Equipos Electrónicos de Defensa. Esta industria diseña equipos electrónicos para defensa y comunicaciones civiles. La implementación de CIM le ha permitido desarrollar un nuevo Terminal de Comunicaciones para submarinos.
16. **IBARMIA, S.A.** (Industria de fabricación de Máquina-herramienta y sus accesorios ó Equipamiento industrial). Esta industria pertenece al Sector de fabricación de máquinas herramientas. La implementación de CIM en el diseño y fabricación le ha permitido reducir más del 50% en el tiempo de desarrollo de sus proyectos y ahorrar 18.000 € por cada modelo de madera eliminado, a través de la simulación e integración automatizada de los procesos.
17. **KONTRELMEC, S.L.** (Industria de fabricación de Máquina-herramienta). Industria dedicada al sector de embalaje flexible, cuyos principales clientes son las empresas papeleras, manipuladoras de papel, transformadoras de hojas de aluminio y productoras de filminas plásticas. La implementación de CIM le ha representado una mayor productividad al asistir los procesos de automatización del transporte e inventarios.
18. **LANGA INDUSTRIAL, S.A.** (Industria Equipamiento industrial). Es una empresa que se ha especializado en el diseño, fabricación y montaje de sistemas óleo-hidráulicos para todos los sectores industriales, siendo sus mayores clientes en los campos de la Ingeniería Civil e Industrias Aeronáutica, Naval, Minera y de Defensa. Sus productos van desde una amplia gama de equipos de manejo de equipajes y carga en aviones, como tractores, cintas, carros y cargadores, a los



equipos de mantenimiento, como gatos hidráulicos, plataformas elevadoras, carros de nitrógeno y oxígeno, carros de servicio, o a las torres y mástiles de iluminación para trabajos en obra. La implementación de la tecnología CIM benefició principalmente a la definición, los que antes representaban dificultades a la oficina técnica ya que los diseños no siempre se podían fabricar.

19. **MATACHANA** (Industria equipamiento industrial). Es una industria cuya principal actividad es la fabricación de esterilizadores. La empresa ha potenciado la implementación de CIM especialmente en el departamento de I+D, fabricación, comercialización y servicio postventa.
20. **Mecanizaciones Alavesas, S.L.** (Equipamiento industrial). Es una empresa dedicada a la fabricación y automatización de plantas completas de envasado, incluyendo proyecto, mantenimiento, transporte y diseño de una amplia gama de maquinaria automática relacionada con el manipulado de todo tipo de envase. Esta industria pertenece al sector de Fabricación e Ingeniería de procesos para plantas de embotellado. La implementación de CIM, le representó una mejora en la productividad del 20% al 30%.
21. **Millennium Coatings** (Industria química). Industria dedicada al diseño y fabricación de máquinas de deposición de recubrimientos.
22. **ORBEA, Sociedad Cooperativa** (Industria automóvil automoción). Es una industria que se dedica a la fabricación de bicicletas. Hace unos años implementaron la tecnología CIM y esta le representó un beneficio de la reducción del 50% del tiempo invertido en el desarrollo de sus proyectos.
23. **Planta de Montaje del Citroen C3** (Industria Automoción). Situada en Villaverde – Madrid, esta industria está dedicada al sector de la automoción. Requiere la implementación de CIM porque tiene un gran número de líneas de producción, que necesitan un estándar de fabricación para uniformar su producción a la de las otras fábricas que desarrollan el mismo producto en otras latitudes. CIM facilitaría, de esta manera al mantenimiento de las plantas a nivel internacional.
24. **PREFIMETAL, S.A.** (Industria de Transformación metalmecánica). Es una empresa industrial que pertenece al GRUPO CONSUEGRA, se especializa en dar servicios de chapistería de precisión, estampación y utillaje. Elabora productos tan diversos como chasis, paneles, consolas, racks, carcasas informáticas, centralitas telefónicas, armarios, expendedoras de billetes, torniquetes y barreras de acceso, cuadros de señalización, siempre por encargo, por lo que la implementación de CIM le ha permitido integrar procesos automatizados bajo la filosofía de JIT.
25. **Pro. Ind. de Roberto Bitti, S.L.** (Industria electrónica). Es una empresa dedicada a la ingeniería mecánica y aplicaciones robóticas, que pertenece al sector de diseño y fabricación de prototipos mecánicos. La implementación de CIM le permitió conseguir beneficios fundamentalmente en el estudio, diseño y elaboración de prototipos de maquinaria e instalaciones de sistemas; reduciendo tiempos de entrega de su producto terminado.
26. **Salva Industrial, S.A.** (Industria equipamiento industria). Es una industria dedicada a la fabricación de hornos y soluciones para panadería, pastelería y hostelería, pertenece al sector de Fabricación de maquinaria para alimentación. La implementación de CIM le representó beneficios en la reducción del tiempo de

realización de proyectos y en la mejora de la calidad del producto al minimizar los errores de montaje.

27. **SMC España, S.A.** (Industria Electrónica – Equipamiento industrial). Es una empresa industrial que se dedica a la innovación y ventas de componentes neumáticos y electroneumáticos para la automatización industrial, sus productos se destinan a una amplia gama de sectores como la automoción, farmacéutico, semiconductores, alimentación, etc. La tecnología CIM se ha implementado en esta industria para asistir las múltiples configuraciones y personalizaciones de sus equipos que están en continua renovación y actualización a las nuevas tendencias y tecnologías que surgen en la industria automatizada.
28. **TALLERES SEGOVIA S.L.** (Industria maquinaria pesada – construcción). Es una empresa industrial cuya actividad principal está centrada en la fabricación de equipos y herramientas para la perforación y la obra pública. Específicamente, fabrica máquinas de perforación para la captación de agua, para perforación horizontal, hincas de tubería, equipos de mezclado, bombeo e inyección de cemento a alta presión, así como equipos auxiliares para pilotes e inyecciones. Sus principales clientes son las grandes constructoras de obras públicas. La implementación de CIM repercutió favorablemente en la productividad, ya que el diseño y fabricación economizaron tiempo y recursos.
29. **Teknimap Energía y Medio Ambiente** (Consultoría – Asesoramiento técnico en Ingeniería). Consultoría e ingeniería medioambiental, que implementa CIM principalmente para simular soluciones de situaciones reales de sus clientes.
30. **VITRI ELECTRO METALÚRGICA S.A.U.** (Industria equipamiento industrial). Es la empresa matriz del grupo VEMSA, especializada en la fabricación de casquillos de lámparas eléctricas. La implementación parcial de CIM le ha permitido asistir el desarrollo de nuevas tecnologías productivas que puedan satisfacer las necesidades de sus clientes. Los principales productos que fabrican son los siguientes: rosca, bayoneta y fluorescente.
31. **ZENTEN BERNHARD GROTEN, S.L.** (Industria fabricación de herramientas). Se dedica a la fabricación de herramientas de mano. Pertenece al sector de la fabricación de herramientas. Entre los principales productos fabricados destacan: corta tubos, cuchillos, plomadas, trazadoras y otras herramientas destinadas al sector de la fontanería, ofreciendo muchas posibilidades y gran flexibilidad en la personalización de la marca y las características de los productos. La implementación de CIM benefició a la industria en la eliminación de errores e interferencias, además de lograr la disminución de los tiempos y el aumento de la calidad del diseño.

#### **4.1.3 Descripción de la fuente de información que representa al Sector Industrial en esta investigación doctoral**

A continuación se describen brevemente las empresas industriales que han colaborado en esta tesis doctoral, a través de sus opiniones recogidas en cuestionarios, encuestas y/o tablas de calificación. Se han escogido a estas empresas españolas (o filiales de grupos internacionales) como representantes de los sectores.

En una primera instancia, se elaboró una lista larga de las 1000 empresas más importantes (capital y beneficios) clasificadas por Ministerio de Industria en la Revista “Las 50000 empresas más importantes de España”. En segundo lugar, se

clasificaron por los subsectores potenciales usuarios de la tecnología CIM. Finalmente se escogieron algunas empresas industriales por cada uno de los subsectores, según criterios de importancia del impacto económico en la zona<sup>38</sup>, proximidad de ubicación física entre la empresa y el IQS (centro de formación elegido para el caso de aplicación de la metodología), ya que es más factible que los graduados de ingeniería industrial de este centro tengan facilidad para desplazarse a estas industrias porque están en su ámbito de vivienda.

Las empresas industriales, cuyas opiniones fueron consideradas para la obtención de información relacionada a los aspectos de estudio, son:

1. Sector de la industria electrónica

#### **Fermax**

Industria fundada en 1949 y referente de España en la fabricación y comercialización de porteros electrónicos, videoporteros y sistemas de control de accesos para edificios. Es la primera firma del sector en exportación y redes propias, manteniendo relaciones comerciales con más de 60 países, a los que se destina el 30% de la producción. En la actualidad, Fermax también dedica una parte importante de sus recursos de I+D+i al ámbito de la Domótica, departamento en el que especialmente implementan CIM. Colaboró como parte del grupo de expertos del sector industrial y en la aplicación del método Delphi rotatorio para puntualizar temáticas de interés; el Ing. Edgar Bargas (Gerente regional de Fermax SAE).

2. Sector de consultoría y servicios tecnológicos

Este es un sector que implementa la tecnología CIM especialmente en la simulación de casos reales para los que les solicitan asesoramiento. Se trata de empresas que asesoran técnicamente y en el área de dirección a industrias que buscan consolidar su liderazgo.

**Accenture** (empresa ya descrita en el acápite anterior).

Colaboraron como parte del grupo de expertos para correlacionar demandas de la industria sobre la cualificación del personal, el Sr. Emilio Móstoles (socio) y el Sr. Juan Manuel Castro (consultor Accenture y además fundador de los grupos consultores CASTRO PASTOR, S.L. y Board Management Services, S.L.)

#### **Cat Ingenieros**

Es una empresa fundada en el año 2001, enfocada en sus inicios para dar soporte tecnológico a sus clientes vía presencial, telefónica e informática, que ha ido progresivamente evolucionando e integrando en su equipo técnicos especialistas con larga trayectoria y experiencia en el mundo industrial. Dispone de experiencia, metodología y conocimientos en la industria especialmente en sectores como: automoción, aeronáutica, eólica, caucho, tabaquera, siderúrgica, plástico y química. Colaboró en la etapa inicial de la colección de información sobre las demandas del sector industrial en cuanto a la tecnología CIM.

---

38 Se refiera a la región que puede ser asumida como la ciudad, la provincia o la Comunidad Autónoma.

### 3. Sector de la industria de artefactos eléctricos y material eléctrico

Es un sector importante para la actividad económica local, debido a la transformación de materias y materiales para obtener el producto terminado, se requiere la implementación de tecnologías sofisticadas que reduzcan el tiempo total en que el producto llega al mercado, razón por la cual implementan CIM y por tanto es de interés este grupo del sector industrial.

#### **Vitri**

Implementa la tecnología CIM, especialmente en el diseño y fabricación de sus productos estrella: bombillas de iluminación (rosca, bayoneta, fluorescente y varios). Colaboró como parte del grupo de expertos en la determinación de las tecnologías que deberían dominar los profesionales a ser contratados por su sector, el Sr. Isaac Valls

#### **General Cable** (empresa industrial ya descrita en el acápite anterior)

General Cable basa su actividad de fabricación de cables de alta tensión, en una serie de valores corporativos que guían todas sus operaciones: la satisfacción del cliente como prioridad absoluta; la integridad en todos los actos; considerar a las personas como la principal fuente de valor; el trabajo en equipo como camino hacia la excelencia; la rapidez en la entrega como ventaja competitiva; y la mejora continua como objetivo constante. Colaboró, formando parte del grupo de expertos en la definición de conocimientos y habilidades en tecnología CIM que el sector industrial valora, el Sr. Juan Ballesta

### 4. Sector de Industria de Metal mecánica y arranque de viruta

Este sector es uno de los que más recursos invierte en innovación tecnológica, ya que el diseño y la fabricación asistida por ordenador acelera los procesos de producción y juega un papel importante en la eficiencia y competitividad de este sector.

#### **Aluminio Catalán (ALCASA)**

Aluminio Catalán es una empresa industrial que ya fue descrita en el anterior acápite, quedando por resaltar que fue fundada el año 1981, siendo su actividad la producción de aleaciones de aluminio de segunda fusión para moldeo. Está considerada como una de las empresas más competitivas del sector, destacando siempre su interés por aplicar las mejores tecnologías industriales y de gestión. Colaboró formando parte del grupo de expertos del sector industrial el Sr. Rafael Puig.

### 5. Sector Industria Electroneumática, Laboratorios (proveedores de tecnología)

Este grupo es estratégico y podría considerarse la bisagra natural entre el sector industrial y el sector académico en cuanto a las tecnologías de fabricación. Son considerados los proveedores de tecnologías y los primeros instructores para su enseñanza y aprendizaje. Su aporte es de especial importancia para el desarrollo de esta tesis, pues ofrece la posibilidad de tomar en cuenta un enfoque diferente al de la industria pura o la enseñanza pura.

#### **SMC**

SMC es una empresa industrial dedicada al desarrollo de equipos electroneumáticos que demandan continua renovación y actualización a las nuevas tendencias y tecnologías que surgen en la industria automatizada. Sus productos al tener implantadas nuevas tecnologías requieren la capacitación especializada para lo que la empresa ofrece la venta de equipos diseñados para la enseñanza como ser laboratorios

de aula o equipos de entrenamiento a ser instalados en centros universitarios o de formación; o en las propias industrias. Colaboraron como parte del grupo de expertos del sector industrial-académico los señores Jorge Estevez y Fernando Rodríguez.

#### 6. Sector Industria del Automóvil y Automoción

Este grupo de empresas, probablemente es el que en mayor cantidad y en mayor grado ha implementado la tecnología CIM, pues son grupos multinacionales que deben integrar por ordenador todos sus procesos de producción que no se concentran en una sola planta.

##### **Bentler Ibérica**

Esta filial en España del grupo alemán del mismo nombre, Benteler S.L. centra su actividad en la fabricación y el suministro de componentes para la industria del automóvil. Los principales centros que implementan CIM son los centros de suministro “just in time” en Abrera (Barcelona) y Almussafes (Valencia), desde las que se abastece a SEAT y Ford, respectivamente. Colaboró, formando parte del grupo de expertos del sector industrial el Ing. Jorge Tovar.

#### 7. Sector Industria de la construcción

Debido a que la industria de la construcción es uno de los motores principales de la economía en España y especialmente en la región, es necesario tomar en cuenta las percepciones del uso de la tecnología, especialmente las de fabricación e integración de procesos. Este sector implementa CIM en la integración de los procesos de diseño de las construcciones y la ingeniería de su fabricación.

##### **Fomento y Prefabricados Aragón**

Fomento y Prefabricados Aragón es una empresa dedicada a la fabricación de elementos prefabricados de hormigón armado para conducciones de drenajes, saneamientos, pasos bajo carreteras y líneas de ferrocarril, colectores, etc. Dando soluciones más rápidas y económicas que las tradicionales; teniendo como premisa principal la calidad y la satisfacción de las exigencias de los clientes, incorporando siempre la última tecnología.

Ha participado en obras tan importantes como la línea de alta velocidad entre Madrid y Barcelona en sus distintos tramos, la autovía Somport-Sagunto, la autovía del Cantábrico, la ampliación de los aeropuertos de Barajas y El Prat, colectores del Llobregat en Barcelona, colectores del Saja-Besaya en Cantabria, la Ronda de la Hispanidad en Zaragoza, la red de saneamiento de La Maquinista en Barcelona, Centros logísticos de Camarma (Madrid) y Plaza (Zaragoza) M50, parque eólico de Tardienta, depósitos de Miranda de Ebro y Canteras, Canal Navarra, autovía Lérida-Barcelona, Bahía Santander, urbanización Salburua (Vitoria), accesos a Zaratamo y Arrigorriaga, galería servicios Wolkswagen, puerto de Etxegárate, autopista del Txorierrri, estación esquí Vadescaray, paseo de Errotaburu (San Sebastian), urbanización Guixeres (Badalona), encauzamiento rieras de Canet de Mar, Corredor Noroeste de Alta Velocidad. Colaboró, formando parte del grupo de expertos del sector industrial, el Ing. Javier Rodríguez Ceballos.

#### **4.1.4 Descripción de la fuente de información que representa al Sector Académico en esta investigación doctoral**

A continuación se describe un grupo de universidades de España, que imparten la carrera de Ingeniería Industrial o equivalentes. Estas instituciones académicas industriales colaboraron en esta tesis doctoral a través de sus voceros oficiales, quienes respondieron cuestionarios, entrevistas, encuestas, tablas de calificación y otros.

Este grupo de referencia ha sido escogido por su tradición en la enseñanza, importancia en el aporte al conocimiento y porque las universidades están geográficamente cercanas al IQS, que es el objeto de estudio; ya que podrían considerarse la competencia inmediata. Además se ha considerado a tres universidades del extranjero, ya que sus aportes relativos a estudios previos a esta tesis, han contribuido al trabajo de investigación.

##### **Universidad Ramón Llull - IQS (Barcelona - Cataluña)**

Institución que pertenece a la Compañía de Jesús, forma parte del grupo académico de la Universidad Ramón Llull y ha cumplido 100 años en la labor de la enseñanza superior. Imparte la carrera de Ingeniería Industrial desde el año 2000, año en que se resuelve de forma oficial.

El IQS ofrece una carrera de 5 años de formación con un total de 361 créditos. Colaboró conformando el grupo de expertos la profesora Cecilia Mayans, especialista en tecnologías y gestión de cadenas de suministros.

##### **Universidad Pontificia Comillas (Madrid)**

Universidad Pontificia Comillas es una Universidad de la Iglesia, dirigida desde hace más de un siglo por la Compañía de Jesús, la institución privada que cuenta con más Universidades en el mundo.

A partir del año 2002, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ofrece nueve títulos oficiales en las áreas de Ingeniería Industrial e Informática. Para titularse de la carrera de Ingeniería Industrial se deben completar un total de 375 créditos. Colaboraron conformando el grupo de expertos la profesora María del Mar Cledera, del departamento de Ingeniería Mecánica y el profesor Mariano Jiménez, jefe de laboratorios del mismo departamento.

##### **Universidad de Navarra - TECNUN (San Sebastián - Navarra)**

La Universidad de Navarra es una obra corporativa del Opus Dei, su Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián contribuye a la formación profesional de cinco titulaciones: Ingeniero Industrial, Ingeniero de Telecomunicación, Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, Ingeniero en Organización Industrial e Ingeniero de Materiales. La Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián inició sus actividades académicas en la primavera de 1961, con el Primer Programa de Intensificación Metalúrgica.

En octubre de ese mismo año dieron comienzo los cursos ordinarios de la carrera de Ingeniero Industrial. Para obtener el título de Ingeniero Industrial se deberán completar 375 créditos y para la carrera de Ingeniería de Organización Industrial se deberán completar un total de 366 créditos. Colaboró conformando el grupo de expertos el profesor Justino Fernández Díaz.

**Universidad Alfonso X El Sabio (Madrid)**

Nace como un proyecto empresarial al inicio del año académico 1994/1995 con el objetivo de combinar la formación humanística tradicional con las nuevas tendencias tecnológicas y ofrecer carreras universitarias tecnológicas.

La Escuela Politécnica Superior administra la carrera de Ingeniería Industrial, la que está orientada al desarrollo global de las organizaciones productivas. Esta carrera contempla el cumplimiento de un mínimo de 300 créditos. Colaboró con el desarrollo de la tesis el profesor Fernando Arranz, integrante del grupo de expertos para la correlación de temas de educación y la enseñanza de CIM.

**Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona – Cataluña)**

La Universidad Politécnica e Cataluña comienza su actividad el año 1968, cuando se denominaba Instituto Politécnico Superior. La carrera de Ingeniería Industrial se imparte desde 1971, al constituirse la Universidad Politécnica de Barcelona con su Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Por otra parte, el curso 1996-1997 se inicia el proceso de integración de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona.

Las titulaciones, objeto de este estudio, que ofrece la UPC son: Ingeniería Industrial, Ingeniería de Automática y Electrónica Industrial, Ingeniería de Organización Industrial. Para completar los estudios de estas carreras se necesitarán completar un total de 375 créditos. Colaboró como parte del grupo de expertos, identificando las temáticas prioritarias de enseñanza para el aprendizaje de CIM, el profesor Lluís Cuatrecasas.

**Universidad De Lleida**

La Universidad de Lleida tiene tradición centenaria, ya que hace 700 años se consideraba un centro de estudios al que llegaban alumnos de la Corona de Aragón. Sin embargo, como Universidad su ejercicio fue aprobado legalmente en 1991. Imparte varias carreras y su Escuela Politécnica Superior oferta la carrera de primer ciclo de Ingeniería Técnica Superior, titulación para que se requiere completar un total de 225 créditos. Colaboró formando parte del grupo de expertos y respondiendo cuestionarios específicos sobre algunas temáticas de la enseñanza de CIM, el profesor Xavier Carreras.

**Universidad Politécnica de Valencia**

Los comienzos de la UPV datan al curso 1968-1969, cuando se crea el Instituto Politécnico Superior de Valencia que integra cuatro centros: la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (creada como centro independiente en 1968). Esta última ofrece las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Organización Industrial, ambas de segundo ciclo.

La obtención del título de Ingeniero Industrial requiere el cumplimiento de 375 créditos. Colaboraron en el desarrollo de la tesis con aportes al conocimiento y como parte del grupo de expertos encargado de calificar la importancia relativa de las temáticas a ser configuradas en el currículo CIM, los profesores Ricardo Pizá (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales) y Eduardo Vendrell (Director de la carrera de Informática de la UPV).

### **University of Central Florida (Universidad de Florida Central)**

Es una universidad que se integró al sistema universitario de los Estados Unidos en 1968, tiene varias facultades entre las que destaca la de Ingeniería.

El año 2005 fue escogida, mediante concurso nacional, para desarrollar el estudio que permitiría reestructurar el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial para todo el sistema universitario de Estados Unidos.

Para titularse como ingeniero industrial se deberán cumplir 128 horas semestrales de estudio y un mínimo de 8 semestres en total. Colaboró y co-dirigió la tesis el Dr. Luis Rabelo del Departamento de Ingeniería Industrial y Dirección de Sistemas.

### **Hong Kong Polytechnic University (Universidad Politécnica de Hong Kong)**

La Universidad Politécnica de Hong Kong fue constituida como Universidad plena (independiente y autónoma) en el año 1994, actualmente es un referente para el sector industrial ya que todos los trabajos finales de carrera de sus estudiantes atienden solicitudes del sector industrial, con el que la universidad tiene sólidos convenios de cooperación mutua.

Con más de 250 mil graduados, es la principal universidad del área tecnológica de Hong Kong, país que mayor porcentaje de incremento en tecnología CIM ha registrado la gestión 2006-2007.

La titulación de Ingeniero Industrial exige al menos 65 créditos por año y un total de 5 años. Colaboró en esta tesis en el establecimiento de los conceptos importantes para la industria en el currículo industrial, la Dra. Catherine Chan Yin Ping, quién desarrolló el trabajo de aplicación de QFD a la configuración del currículo de educación vocacional de la industria textil de China.

### **Central Connecticut State University (Universidad del Estado de Connecticut Central)**

Esta universidad está situada entre New York y Boston, y está considerada en el circuito de universidades prestigiosas de Estados Unidos.

La carrera de Ingeniería Industrial está orientada a satisfacer la demanda de cualificación que combine conocimientos y destrezas en la tecnología, esta facultad lleva décadas graduando estudiantes que son muy bien valorados en el mercado laboral. Para graduarse de la carrera de Ingeniería Industrial y de Fabricación se deberán completar 122 créditos en cuatro años.

El Dr. Zbigniew Prusak colaboró en la identificación de metas de aprendizaje en la enseñanza de ingeniería.

## **4.2 Fase I – Etapa I: Identificación del Producto o Servicio**

En esta etapa de la Fase I (ver Figura 45) se identificará una temática a ser incorporada en un currículo universitario, debido a que la formación y solvencia, en este tema por parte de los graduados universitarios, es considerado positivamente como un criterio de elegibilidad; cuando las industrias que demandan esa cualificación quieren contratar personal.



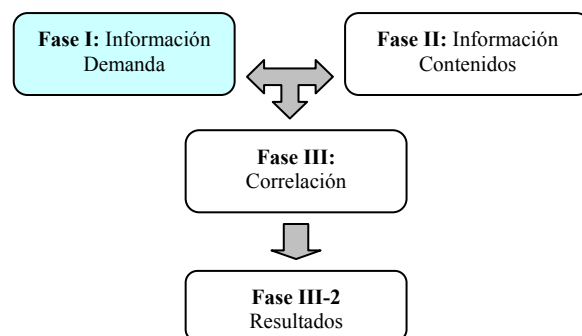


Figura 4-2. Fase I: Información para identificar el producto y caracterizar al cliente

Además se identificará la carrera universitaria en la que se deberían estudiar dichos contenidos.

#### 4.2.1 Selección del producto: Currículo que incluya contenidos cuyo aprendizaje contribuyan a la colocación laboral del estudiante

El producto definido para la aplicación de la actualización de sus contenidos, tomando en cuenta los requerimientos de cualificación de su mercado laboral:

- Contenidos de enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM (Computer Integrated Manufacturing). Considerando que:
  - La carrera universitaria en la que se deberían impartir estos contenidos es la carrera de Ingeniería Industrial (configuración curricular).
  - Para este estudio se tomará como caso práctico, la actualización del currículo de la carrera de Ingeniería Industrial del IQS - Universidad Ramón Llull, de la ciudad de Barcelona.
  - El mercado laboral, que demanda la cualificación (en tecnología CIM) de Ingenieros Industriales estudiado, es la demanda de trabajo de las empresas industriales de la región circundante a Barcelona, por lo que se han considerado esas empresas como fuente de información para el estudio.

A partir de estas definiciones o supuestos; se desagregarán las necesidades específicas del perfil profesional y de los contenidos curriculares, como se plantea en el siguiente diagrama (Ver Figura 4-3).

#### 4.2.2 Caracterización del Cliente: Industria usuaria de CIM que demanda la incorporación de Ingenieros

Para poder caracterizar el sector industrial que implementa la tecnología CIM, en España, haremos referencia a la muestra representativa considerada por esta investigación. Sin embargo, es necesario aclarar que el estudio se ha enfocado con mayor interés en el ámbito geográfico cercano al IQS (centro de formación para el que se propone la actualización de contenidos curriculares en Ingeniería Industrial, respecto a CIM), debido a que el fin último de la aplicación de la metodología es que el nuevo diseño curricular, con sus correspondientes contenidos referidos a CIM, sea una herramienta de colocación laboral para los futuros graduados, en este sentido la

cercanía de los centros de trabajo al ámbito de residencia de los futuros graduados, es importante.

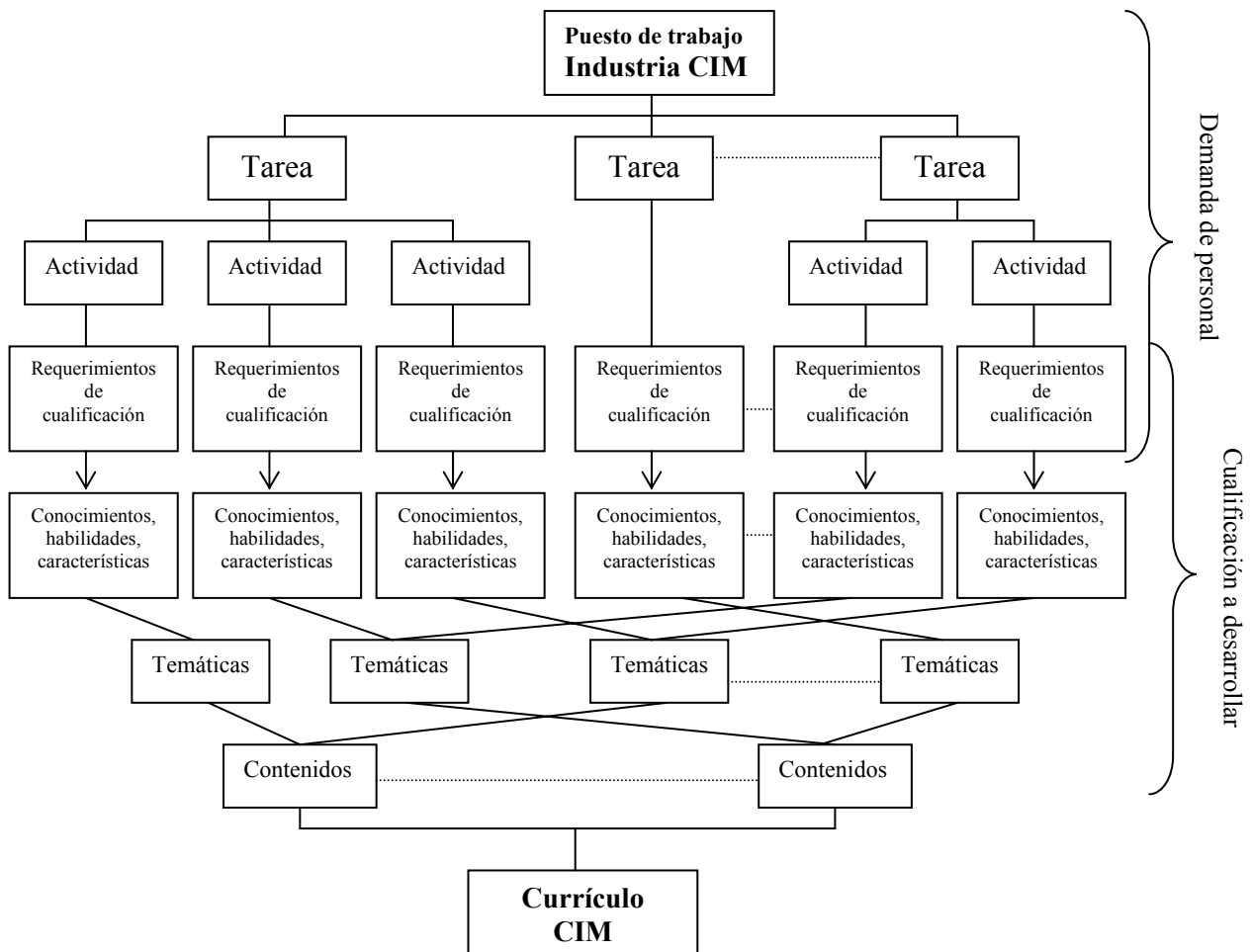


Figura 4-3. Mapeo del diseño curricular para los contenidos CIM

Esto no implica, que las empresas industriales, consideradas en la investigación, sean las únicas industrias que implementan CIM, pues en otras Comunidades autónomas como Galicia, Andalucía, Castilla o Extremadura, también existen importantes industrias CIM que de igual forma son potenciales mercados laborales para los futuros graduados; lo que incrementaría el impacto de la metodología. Sin embargo, se han seleccionado representantes por actividad de cada subsector industrial, para que refleje una situación real del uso de CIM y sus demandas de personal.

Con esta aclaración, se describirá la caracterización de la Industria que implementa CIM, tomada en cuenta en esta investigación.

La recolección de información para identificar las necesidades del sector industrial en España, tomó en cuenta a las 1000 empresas industriales más importantes (capital y beneficios), de las cuales 120 empresas industriales colaboraron activamente en la identificación de necesidades tecnológicas para su respectiva actividad. Este grupo es considerado el universo muestral, ya que la participación y aporte de los profesionales autorizados por cada industria permitieron completar cuestionarios, realizar entrevistas y formar un grupo de expertos.

La composición del universo muestral fue el siguiente:

Comunidad Autónoma	Nº de Industrias	Porcentaje
Cataluña	62	51.5%
País Vasco y Cantabria	16	13.2%
Madrid	13	10.5%
Comunidad Valenciana	12	10%
Aragón	9	7.4%
Navarra	9	7.4%
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>100%</b>

Cuadro 4-1. Distribución de las industrias que contestaron las encuestas por Comunidad

En este cuadro (Cuadro 4-2) se aprecia que la mayor concentración de empresas está en Cataluña, pues esta Comunidad ha sido tradicionalmente un polo de desarrollo industrial, con especial desarrollo en la industria química, industria textil, agroalimentaria y energética. Durante el año 2006, la industria catalana ha consolidado su crecimiento, con un aumento del 3,6% en el PIB industrial de España.

Por otra parte, de las 120 empresas industriales que contestaron adecuadamente las encuestas (Ver Cuadro 4-1), 31 de ellas se identifican como usuarias de la tecnología CIM, por lo que queda demostrado que uno de los pilares de las estrategias de liderazgo es la innovación tecnológica.

También es importante destacar, que este número solo representa a las industrias que se han identificado como usuarias de CIM, sin embargo el número de usuarias reales es mayor, ya que muchas no conocen que implementan parcialmente esta tecnología. Su distribución geográfica es la siguiente:

Comunidad Autónoma	Nº de Industrias	Porcentaje
Cataluña	9	29%
País Vasco y Cantabria	4	12.9%
Madrid	5	16.1%
Comunidad Valenciana	5	16.1%
Navarra	3	9.7%
Otras	5	16.1%
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>100%</b>

Cuadro 4-2. Industrias usuarias de CIM encuestadas por Comunidad

En la Figura 4-4 a continuación se muestra la distribución geográfica de las industrias encuestadas por Comunidad Autónoma (en porcentajes rotulados en color azul) y de este grupo aquellas que se identificaron como usuarias de tecnología CIM (en porcentajes rotulados en color negro).

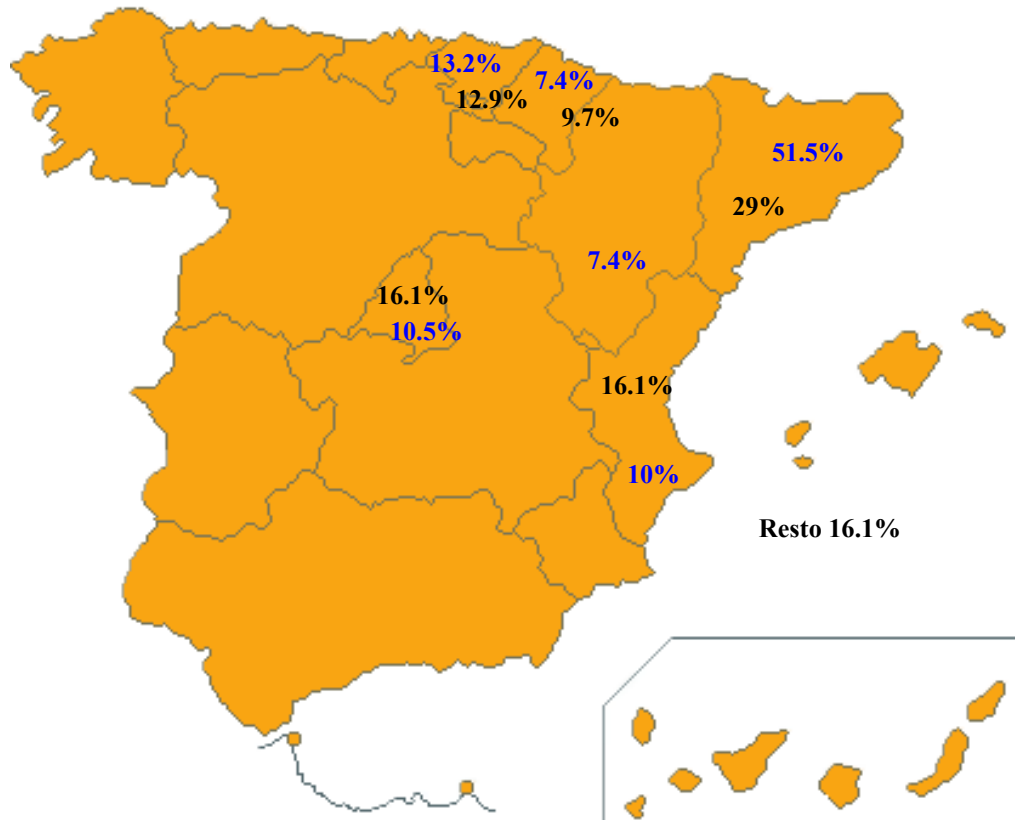


Figura 4-4. Distribución industrias por Comunidades Autónomas

Con estas referencias porcentuales, se nota que la mayor concentración de empresas industriales que implementan CIM y que por tanto, son potenciales mercados laborales para los graduados especializados en esta tecnología, está en Cataluña, seguida de Madrid y Valencia como principales opciones. A su vez, estas empresas son consideradas las más importantes de España, por su actividad económica en beneficios y capital; ya que están en la lista clasificada de las 1000 empresas más grandes.

La descripción más detallada de cada una de las empresas está en el acápite de consideraciones previas referida a las fuentes de información. Finalmente, a continuación se presenta la participación del sector industrial en esta investigación.

- Número de empresas industriales que contestaron cuestionarios generales, cuestionarios específicos, entrevistas telefónicas, aclaraciones por correo electrónico, etc.: 120.
- Número de empresas industriales que contestaron cuestionarios generales para el sector industrial: 73.
- Número de empresas industriales encuestadas, identificadas a si mismas como usuarias de la tecnología CIM: 31.

- Número de empresas industriales encuestadas, que implementan CIM parcialmente y que no se identifican o no conocen que son usuarias de la tecnología CIM: 23.
- Número de empresas industriales que formaron parte del grupo de expertos para valoraciones y trabajo de correlación en la etapa final de la metodología: 7

### **4.3 Fase I – Etapa II: Estudio de las Necesidades de la industria usuaria de CIM**

Como se ha definido en el capítulo anterior, esta etapa tiene el objetivo de estudiar las necesidades que tiene la industria CIM, específicamente en cuanto a las características que valoran en el personal que contratan para que desempeñe tareas relacionadas con la tecnología de fabricación CIM.

Este es un proceso, que parte del análisis de un estudio precedente realizado en Estados Unidos, en el que la industria identifica las características deseables que valoran en los graduados de Ingeniería Industrial. Se ha tomado en cuenta dicho trabajo, porque Estados Unidos es el país que más industrias CIM tiene en el mundo y por tanto es un referente que pauta la tendencia de la innovación tecnológica.

A partir de estas pautas se orientarán las preguntas y estructura de la siguiente actividad de la etapa que es la identificación de las necesidades de formación de la industria CIM en España, para luego priorizarlas y organizar estas necesidades en un esquema de demanda de cualificaciones que responden a la demanda de la industria.

#### **4.3.1 Escuchar la voz del cliente: Estudios anteriores sobre necesidades de formación de la industria**

El año 2005, la Universidad de Florida Central se adjudicó la convocatoria, a nivel nacional, del concurso de méritos y propuestas para realizar el estudio de reingeniería del currículo de la carrera de Ingeniería Industrial. Una de las metodologías empleadas para este trabajo fue el método Delphi que aplicaron para la identificación de las características deseadas por la industria en los graduados de ingeniería industrial.

En consideración a que este trabajo es un importante referente para el desarrollo de la tesis doctoral, se realizó el contacto con el Dr. Luis Rabelo (director de investigación) de la Universidad de Florida Central, y se establece una relación y posterior colaboración en la codirección de esta tesis doctoral. Tomando en cuenta, que en España, no todas las industrias pueden identificar claramente qué tecnologías usan ni el grado de automatización e integración que tienen.

Razón por la cuál, algunas industrias pese a ser usuarias de CIM, no lo manifiestan y por tanto, estas mismas no se consideraron parte del grupo tecnológico para contestar cuestionarios específicos dirigidos a las industrias CIM. Es decir, que si consideráramos solo las necesidades de formación de las industrias que se identifican como usuarias de CIM, la información base sería sesgada; motivo por el cuál se ha decidido analizar estudios previos como pautas, de países más consolidados en el uso de esta tecnología.

En este sentido, los resultados del método Delphi de las características deseadas por los industriales, en los recién graduados de ingeniería industrial son los siguientes: En primer lugar, la capacidad para adaptar soluciones a problemas que surgen de forma

imprevista en la industria. Este porcentaje coincide entre las valoraciones de la industria y del sector académico; con un porcentaje un poco menor, pero con igual importancia se sitúan la capacidad de análisis cuantitativo, pensamiento creativo, habilidades interpersonales, facilidad de trabajo en equipo, etc. (Ver Cuadro 4-3).

<b>Características deseadas</b>	<b>Universidad (% del total encuestado)</b>	<b>Industria (% del total encuestado)</b>	<b>Ambos (% del total encuestado)</b>
Capacidad para adaptar soluciones	98	97	97.5
Capacidad de análisis cuantitativo	96	92	94
Pensamiento crítico y creativo	88	90	89
Habilidades interpersonales	89	89	89
Habilidades de trabajo en equipo	86	88	87
Proceso de análisis y evaluación	81	90	85.5
Habilidad de toma de decisiones	78	86	82
Habilidades de escritura técnica	81	82	81.5
Habilidades computacionales	80	82	81
Capacidad holística de resolución	82	78	80
Dirección de proyectos	78	65	71.5
Ingeniería en general	66	76	71
Dirección de Recursos Humanos	69	71	70
Perspectivas globales	68	61	64.5
Liderazgo	59	67	63
Sensibilidad a la diversidad	62	59	60.5

Cuadro 4-3. Características mejor valoradas por la industria

Los porcentajes para las características deseadas se pueden apreciar en los Gráficos 4-1 (primera parte) y 4-2 (segunda parte).

Una vez analizados estos resultados, las características deseadas por los industriales se pueden dividir en tres grupos: 1) Conocimientos, 2) Habilidades o destrezas y 3) Características de la personalidad. Siendo las características más representativas las siguientes:

- Conocimientos: Procesos de simulación, Análisis cuantitativo, Escritura y comunicación técnica, Ingeniería, Dirección de Recursos Humanos.
- Habilidades o destrezas: Adaptar soluciones a problemas, Pensamiento crítico y creativo, Habilidades informáticas, Trabajo en equipo, Toma de decisiones.

- Características personales: Relación interpersonal, Liderazgo, Sensibilidad a la diversidad, Perspectiva global.

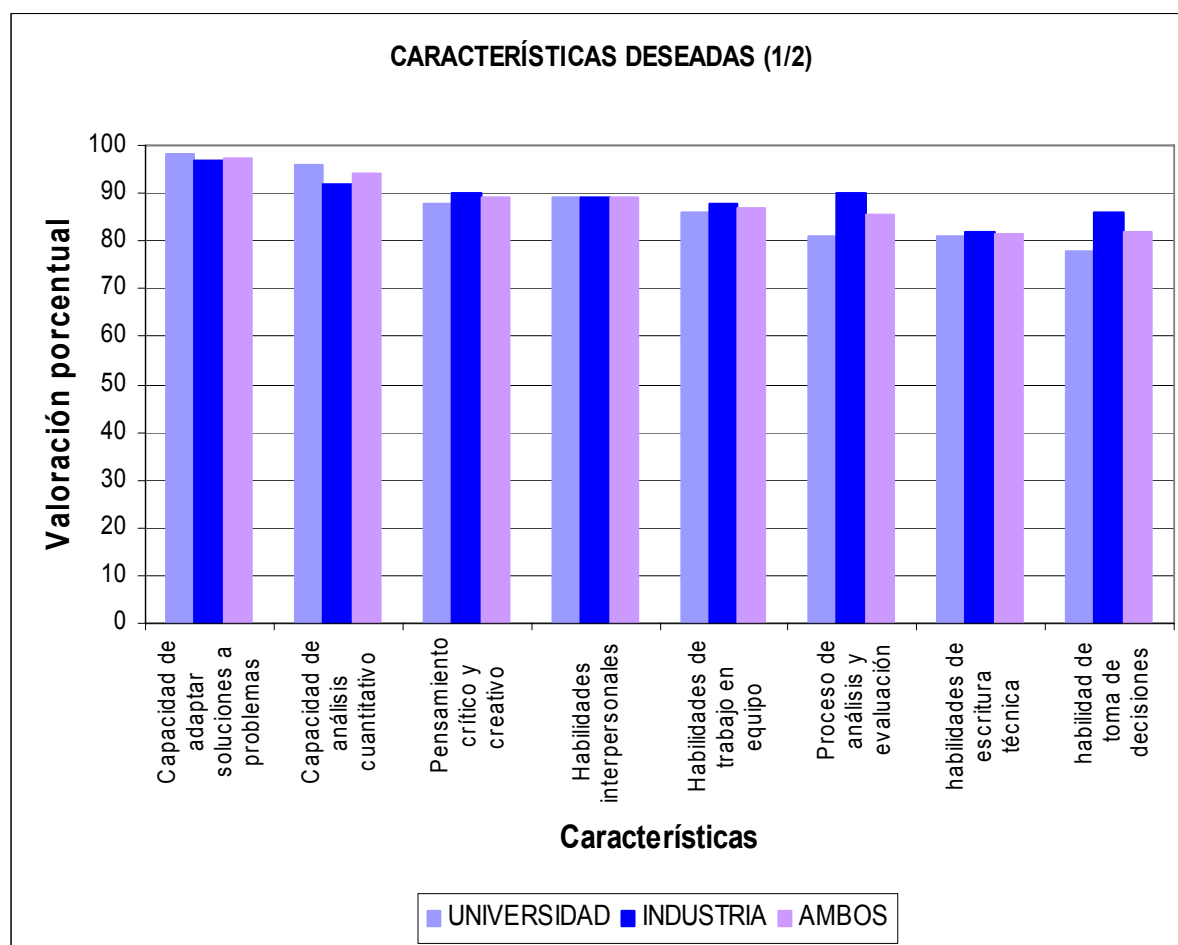


Gráfico 4-1. Valoración de características del perfil profesional en la industria CIM de USA (parte 1).  
Fuente: UCF 2006

Estas serán las subdivisiones que se usarán en el siguiente punto, pues se deberán diferenciar las necesidades de formación en estos cuatro grupos de características deseadas.

Las características estudiadas por la Universidad de Florida Central, son valoraciones del sector industrial en general; en el siguiente paso se definirán estas características deseadas para la industria CIM específicamente.

#### 4.3.2 Blitz® para definir las necesidades del cliente (industria CIM)

Como se ha mencionado en el anterior capítulo de esta tesis, Blitz® es una herramienta que permite definir los recursos necesarios para diseñar el producto, en función de las necesidades del cliente final. En este caso, Blitz® utilizará la información obtenida en el mapeo de la industria de la selección del producto. Todos los requerimientos analizados se refieren a la necesidad de contratación de recursos humanos cualificados, a objeto de incrementar la productividad de las empresas que trabajan con CIM (pautas de las características de la cualificación de los graduados a ser contratados).

A continuación se desagregan los pasos de Blitz® para definir las necesidades o criterios de valoración del sector industrial sobre las cualificaciones de los graduados de ingeniería industrial a desempeñar funciones relacionadas con la aplicación de la tecnología CIM.

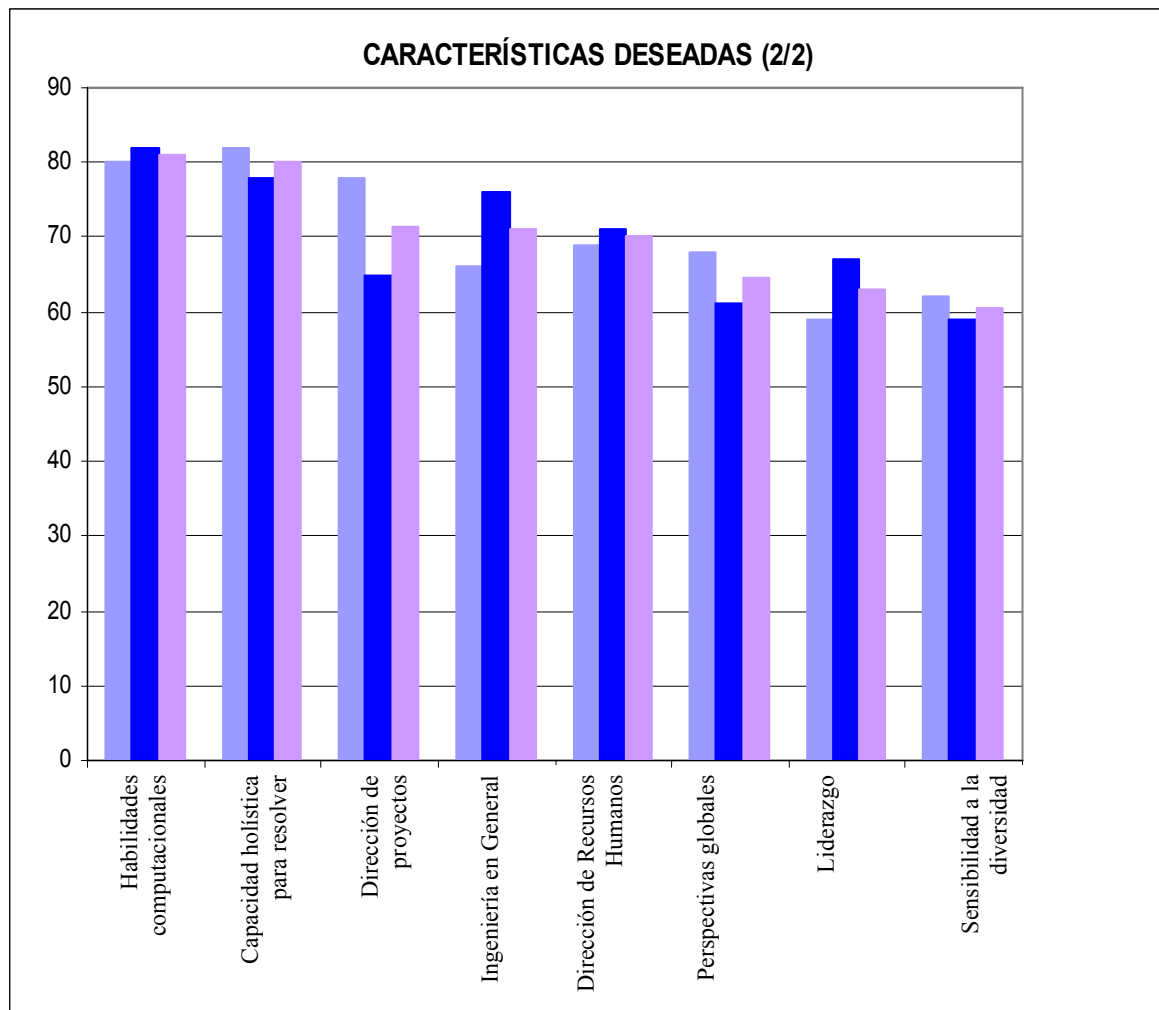


Gráfico 4-2. Valoración de características del perfil profesional en la industria CIM de USA (parte 2).  
Fuente: UCF 2006

### **Paso 1: Transcribir la “Voz del Cliente”**

Para este paso es necesario definir algunas preguntas de tipo orientador que darán la pauta a las respuestas de los encuestados.

Las preguntas que se realizaron al sector industrial, son las siguientes:

- ¿Cuál es el objetivo final de la empresa industrial?
- ¿Cómo se puede lograr ser líder de la competencia y cuáles son las estrategias de liderazgo usadas en su industria?
- Si bien se ha coincidido que una de las estrategias de liderazgo del mercado se basa en el aumento de la eficiencia, ¿cuáles son los factores que coadyuvan en su incremento?
- ¿Qué rol juega la cualificación de los recursos humanos en la estrategia de liderazgo de la empresa industrial?



*¿Cuál es el objetivo final de la empresa industrial? (respuestas)*

1. La empresa debe ser líder de la competencia con un enfoque a los clientes y con ayuda de la tecnología
2. La empresa pretende destacarse como la mejor industria en su sector, aplicando las últimas tecnologías para su trabajo.
3. La empresa busca consolidar un crecimiento constante, sobre las demás de su sector, gracias al fuerte vínculo con sus clientes, comprometiéndolos a que participen con sus sugerencias en el mejoramiento de la empresa.
4. El objetivo de la empresa industrial es satisfacer los crecientes requerimientos de sus clientes.
5. El objetivo de la empresa industrial es maximizar la rentabilidad financiera, rentabilidad económica y el margen de explotación.
6. Incrementar la productividad y la producción de la fábrica y mejorar la relación con el público respecto a sus servicios.

*¿Cómo se puede lograr ser líder de la competencia, cuáles son las estrategias de liderazgo usadas en su industria? (respuestas)*

7. Para ser líder se debe incrementar la eficiencia
8. Para liderar el mercado es necesario reducir costos en general
9. Para liderar el mercado y la competencia se requiere ofrecer productos o servicios totalmente diferenciado a los demás, que los haga únicos como ventaja competitiva.
10. Para liderar el mercado se debe tener en cuenta los requerimientos de los clientes como punto de partida para la producción.

*Si bien se ha coincidido que una de las estrategias de liderazgo del mercado se basa en el aumento de la eficiencia, ¿cuáles son los factores que coadyuvan en su incremento? (respuestas)*

11. Para mejorar la eficiencia se debe potenciar a los recursos humanos.
12. La eficiencia implica satisfacer a los clientes internos de la empresa.
13. Para mejorar la eficiencia se requiere mejorar la curva de aprendizaje en nuevas tecnologías.
14. Debe haber una correspondencia entre los conocimientos de los recursos humanos y la tecnología implementada en la industria, de lo contrario puede darse una calificación subestimada o una capacidad instalada sobredimensionada.
15. Las estrategias para el fortalecimiento de la competitividad de una industria son: evolucionar hacia actividades de mayor valor agregado y el fortalecimiento de la formación de recursos humanos como estrategia de liderazgo
16. Para mejorar la eficiencia también es necesario implementar tecnología.
17. Algunas de las estrategias más recomendables para ser líder en el mercado se basan en la eficiencia de sus recursos tecnológicos.
18. La tecnología ayuda en gran parte, a liderar el mercado frente a industrias similares que no la han implementado o explotado al máximo.

19. La eficiencia pasa por el liderazgo tecnológico sobre la competencia para reducir finalmente los costos y obtener un mayor margen de ganancia.
20. Para mejorar la eficiencia es necesario hacer uso óptimo de las tecnologías de la información.
21. En la actualidad, las industrias líderes son aquellas que han logrado beneficiarse de las tecnologías de información.
22. La integración de la tecnología Informática en las organizaciones es la mejor estrategia para ser líder y competitivo.
23. Para mejorar la eficiencia se debe hacer mejor uso de los recursos de máquinas y de herramientas computacionales.
24. Mejorar la eficiencia es mejorar el uso del software disponible en la empresa industrial para el control, planificación y mejora de la producción industrial.
25. Para ser líder del mercado se debe lograr el control de la cadena de producción.
26. El liderazgo del mercado se refiere al control de todos los pasos, relaciones y gestiones de todo el proceso de producción.
27. Para consolidar el liderazgo del mercado un punto fuerte es ser líder en cada uno de los procesos de la cadena de producción.

*¿Qué rol juega la cualificación de los recursos humanos en la estrategia de liderazgo de la empresa industrial? (respuestas)*

28. Mejorar la cualificación de los recursos humanos se traduce en mayores conocimientos, habilidades, valores y en específicamente la capacitación en CIM.
29. El liderazgo de una empresa industrial frente a sus similares de la competencia se debe a la estrategia de diferenciación basada en la capacidad de sus recursos humanos
30. Los conocimientos mejor valorados por la industria son los referidos a la gestión de servicios de empresa, 6 sigma, fabricación ágil, integración de operaciones por ordenador y la gestión de proyectos.
31. La cualificación también incluye la mejora de habilidades como la de adaptar soluciones a los problemas, toma de decisiones, escritura técnica y analizar de forma cuantitativa.
32. Se podría entender cualificación como el desarrollo integral de conocimientos, capacidades y personalidad, por lo que la industria debe tomar en cuenta las potencialidades y deficiencias de su personal especializado en la tecnología de cuestión.
33. La cualificación también incluye mejorar aspectos referidos a los rasgos en la personalidad del funcionario como debería ser la capacidad de liderazgo, trabajo en equipo, pensamiento crítico y de cualidades de interpersonales.
34. Además de la capacitación en conocimientos y destrezas, es importante fomentar el desarrollo de valores y cualidades de tipo personal que sean afines a la ideología o misión de la empresa.
35. La cualificación también incluye tener personal acorde a los valores éticos y humanos que forman parte de la visión de la industria empresarial.

36. La formación del personal contratado para la empresa debe incluir aspectos como el compromiso con los valores y ética que profesa la empresa.

### **Paso 2: Clasificar las Verbalizaciones**

A continuación se han resumido las verbalizaciones (Ver Cuadro 4-4) de las respuestas anteriores, en grupos afines, similares o complementarios. Se han definido los siguientes doce grupos de respuestas referidas a los objetivos, metas, medios y estrategias de la empresa industrial que trabaja con tecnología CIM (Ver Anexo 4-1).

Nº	Verbalización
1	La empresa debe ser líder de la competencia
2	Para ser líder se debe incrementar la eficiencia
3	Para mejorar la eficiencia se debe potenciar a los recursos humanos.
4	Para mejorar la eficiencia también es necesario implementar tecnología.
5	Para mejorar la eficiencia es necesario hacer uso óptimo de las tecnologías de la información.
6	Para mejorar la eficiencia se debe hacer mejor uso de los recursos de máquinas y de herramientas computacionales.
7	Para ser líder del mercado se debe lograr el control de la cadena de producción
8	Mejorar la cualificación de los recursos humanos se traduce en mayores conocimientos, habilidades, valores y en específicamente la capacitación en CIM.
9	Los conocimientos mejor valorados por la industria son los referidos a la gestión de servicios de empresa, 6 sigma, fabricación ágil, integración de operaciones por ordenador y la gestión de proyectos.
10	La cualificación también incluye la mejora de habilidades como la de adaptar soluciones a los problemas, toma de decisiones, escritura técnica y analizar de forma cuantitativa.
11	La cualificación también incluye mejorar aspectos referidos a los rasgos en la personalidad del funcionario como debería ser la capacidad de liderazgo, trabajo en equipo, pensamiento crítico y de cualidades de interpersonales.
12	La cualificación también incluye tener personal acorde a los valores éticos y humanos que forman parte de la visión de la industria empresarial.

Cuadro 4-4. Verbalizaciones de objetivos, metas, estrategias y medios de la Industria CIM

### **Paso 3: Estructurar las necesidades del cliente**

En este paso, se define la estructura de las necesidades del cliente, que en este caso en particular es la empresa industrial que manifiesta sus demandas de personal cualificado o especializado en distintas tecnologías de fabricación, entre las principales y como objeto de estudio la tecnología CIM.

En una primera instancia, se preguntó a representantes de la empresa industrial cuál es el fin último de su organización; a lo que contestaron varias verbalizaciones resumidas y coincidiendo en que buscan ser líderes de la competencia (esto implica ganar el mercado y obtener mayores ganancias satisfaciendo más y mejor a sus clientes). Se representa en la Figura 4-4, como el primer eslabón de la cadena.

El segundo eslabón de la cadena hace referencia a la pregunta consecuente con la anterior, sobre cómo consiguen o quieren conseguir el liderazgo (se basan en alguna

estrategia, ¿cuáles son los enfoques y puntos fuertes para ser líderes?), las respuestas de este grupo se pudieron resumir en una explicación de enfoque de eficiencia y estrategias de liderazgo; las que coincidieron en enfoques de Porter (Estrategia Competitiva, 2001).

La siguiente pregunta se refiere a ¿cómo logran, las empresas industriales, consolidar la eficiencia o sus estrategias de liderazgo? Se expusieron varias respuestas, agrupadas para esta metodología en que un pilar importante para lograr mayor eficiencia es la cualificación de los Recursos Humanos (especialmente si se trata de contratar a personal que contribuya a lograr la eficiencia desde su puesto de trabajo en tareas de tipo tecnológico).

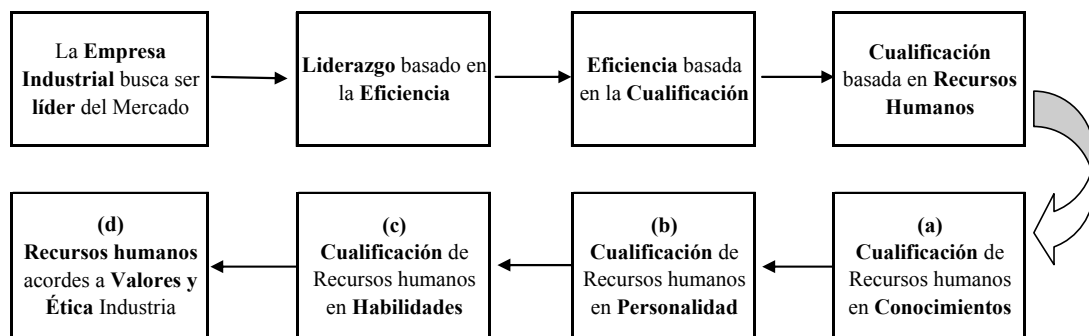


Figura 4-5. Estructura de las necesidades del cliente: Empresa Industrial CIM

El siguiente y quinto eslabón, representa a la desagregación de las Cualificación de los Recursos Humanos, es decir, la respuesta a preguntas como: ¿Qué aspectos son tomados en cuenta en la cualificación de los Recursos Humanos para lograr mejorar la eficiencia y así consolidarse líder del mercado? Los encuestados, coincidieron en cuatro aspectos importantes en la cualificación de los recursos humanos llamados a desempeñar tareas referidas a la tecnología CIM; estos son:

- a) Conocimientos
- b) Habilidades
- c) Características personales o de personalidad
- d) Valores y ética acordes a la orientación de la empresa industrial.

#### **Paso 4: Analizar las Necesidades del Cliente**

Considerando que el objetivo de la metodología es actualizar el currículo del ingeniero industrial en cuanto a contenidos referidos a la tecnología CIM, de forma tal, que su formación satisfaga las necesidades que tiene la empresa industrial; el punto de partida debe enmarcarse en el análisis de las necesidades de la Industria.

En este caso, el sector industrial hace las veces de cliente, que demanda ciertas características en el personal que quiere contratar, para cubrir plazas especializadas en la gestión de la tecnología CIM.

Una vez identificado, cuál es el principal objetivo de las empresas industriales, se analizan todos los elementos que contribuyen a lograr el objetivo, siendo de particular interés la valoración del sector industrial sobre la cualificación de los ingenieros

industriales en la especialidad de tecnologías de fabricación (CIM), a partir de la cuál se identificarán los contenidos curriculares de su formación.

La mayoría de los representantes de las industrias, hacen referencia a tres estrategias genéricas (usadas individualmente o en conjunto) para el logro de sus objetivos empresariales, estas son:

1. El liderazgo general en costos
2. La diferenciación
3. El enfoque

Pero las tres estrategias tienen el objetivo común de ser líderes del mercado. En sí, las tres estrategias aportan algo para hacer que la industria sea líder del mercado. Las estrategias genéricas son tácticas para superar el desempeño de los competidores en el sector industrial. El acierto en el uso de ellas, podría representar elevados rendimientos.

El liderazgo de costo (ser el productor con menor costo en su sector industrial) lo demuestran: la eficiencia elevada, los gastos generales bajos, las prestaciones limitadas, la intolerancia al desperdicio, la revisión minuciosa de las solicitudes al presupuesto, los amplios elementos de control, las recompensas vinculadas a la concentración de costos y la extensa participación de los empleados en los intentos por controlar los costos.

Sin embargo, conlleva algunos riesgos:

- a) Que los competidores podrían imitar la estrategia, disminuyendo las utilidades de la industria en general
- b) Que los adelantos tecnológicos en la industria podrían volver la estrategia ineficaz
- c) Que el interés de los compradores podría desviarse hacia otras características de diferenciación además del precio.

La estrategia de diferenciación (darle al producto o servicio algo que sea percibido en toda la industria como único) puede basarse en el producto mismo, el sistema de entrega por el medio del cual se vende, el enfoque de mercadotecnia y un amplio rango de muchos otros factores.

El riesgo que corre esta estrategia es que los clientes podrían no valorar lo suficiente al producto exclusivo como para justificar su precio elevado, lo que ocasionaría que la estrategia de liderazgo en costos la supere con facilidad.

Otro riesgo es que los competidores podrían desarrollar formas de copiar las características de diferenciación con rapidez; de este modo, las empresas deben encontrar fuentes duraderas de exclusividad que las empresas rivales no puedan imitar con rapidez o a menor costo.

Esta estrategia selecciona un grupo o segmento del sector industrial. El enfoque busca lograr una ventaja competitiva general.

Las estrategias de enfoque son más eficaces cuando los consumidores tienen preferencia o necesidades distintivas, y cuando las empresas rivales no intentan especializarse en el mismo segmento de mercado.

Los riesgos de esta estrategia está en la posibilidad de que muchos competidores reconozcan la estrategia de enfoque exitosa y la imiten, o que las preferencias de los consumidores se desvíen hacia las características del producto que desea el mercado en general, por lo que necesita combinarse con otra estrategia para tener éxito.

El análisis de las respuestas, determina que las empresas industriales especializadas en CIM tienen preferencia por la estrategia de enfoque y diferenciación, pues consideran que la estrategia de costos es una consecuencia de las anteriores si éstas tienen éxito.

El enfoque o diferenciación escogido es el de la cualificación de los recursos humanos así como la implementación de tecnologías de vanguardia.

Al respecto, también señalaron que la integración de tecnología Informática en las organizaciones está dando nuevas formas de hacer negocios y están conscientes de que los ordenadores son herramientas de cambio en la ejecución de sus actividades.

Estas últimas permiten minimizar tiempo, mejorar la integridad de los datos, evitar redundancia en sus datos y generar información que satisfaga las expectativas de los distintos usuarios; por lo que las empresas industriales encuestadas han optado por invertir en la implementación de la tecnología CIM (aunque sea en grados parciales).

Por otra parte, los encuestados coincidieron en que en el ámbito internacional la tendencia de estrategias se enfoca hacia ciclos de productos cada vez más cortos; la participación en el mercado global industrial; el surgimiento de nuevos nichos o sectores ya existentes que cobran mayor importancia y las presiones fuertes para reducir costos.

En este sentido expresan que las mejores estrategias para el fortalecimiento de la competitividad de la industria son las basadas en:

- Evolucionar hacia actividades de mayor valor agregado.
- Fortalecer la **formación de recursos humanos** como una estrategia de liderazgo.

Para lo que se considera necesario fortalecer la actividad de los centros de investigación y centros de educación superior; consolidar la formación no solo en conocimientos técnicos y habilidades técnicas sino también en rasgos de tipo personal muy valorados como la capacidad de toma de decisiones (Ver Cuadro 4-5).

### **Paso 5: Priorizar las Necesidades del Cliente**

En este paso se priorizarán las necesidades del sector industrial, según la tabla de verbalizaciones del anterior paso.

Se ha definido la escala (la misma escala del método QFD, sugerida para investigaciones de tipo tecnológico según L. Cohen<sup>39</sup>) de priorización siguiente:

0: No importante

1: Poco importante

3: De importancia moderada

9: Muy importante

---

<sup>39</sup> Lou Cohen es autor del libro titulado “Quality Function Deployment: How to make QFD work for you”, tiene 35 años de experiencia como Director de Programas de Desarrollo de productos y Director de calidad en la industria de la informática.

En la tabla de resultados (Ver Cuadro 4-6) de la priorización, se puede apreciar que los cuadros verdes denotan el mayor porcentaje calificado para cada necesidad.

Nº	Verbalización	Necesidad
1	La empresa debe ser líder de la competencia	Necesito ser líder del mercado
2	Para ser líder se debe incrementar la eficiencia	Necesito maximizar la eficiencia
3	Para mejorar la eficiencia se debe potenciar a los recursos humanos.	Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial
4	Para mejorar la eficiencia también es necesario implementar tecnología.	Necesito implementar y potenciar las tecnologías de fabricación
5	Para mejorar la eficiencia es necesario hacer uso óptimo de las tecnologías de la información.	Necesito implementar y/o optimizar las TICs
6	Para mejorar la eficiencia se debe hacer mejor uso de los recursos de máquinas y de herramientas computacionales.	Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.
7	Para ser líder del mercado se debe lograr el control de la cadena de producción	Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica
8	Mejorar la cualificación de los recursos humanos se traduce en mayores conocimientos, habilidades, valores y en específicamente la capacitación en CIM.	Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización en CIM.
9	Los conocimientos mejor valorados por la industria son los referidos a la gestión de servicios de empresa, 6 sigma, fabricación ágil, integración de operaciones por ordenador y la gestión de proyectos.	Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.
10	La cualificación también incluye la mejora de habilidades como la de adaptar soluciones a los problemas, toma de decisiones, escritura técnica y analizar de forma cuantitativa.	Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.
11	La cualificación también incluye mejorar aspectos referidos a los rasgos en la personalidad del funcionario como debería ser la capacidad de liderazgo, trabajo en equipo, pensamiento crítico y de cualidades de interpersonales.	Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.
12	La cualificación también incluye tener personal acorde a los valores éticos y humanos que forman parte de la visión de la industria empresarial.	Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.

Cuadro 4-5. Necesidades del sector industrial

Necesidad	Prioridad (en porcentaje %)			
	0	1	3	9
Necesito ser líder del mercado	0	1	5	94
Necesito maximizar la eficiencia	0	2	7	91
Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial	0	10	8	82
Necesito implementar y potenciar las tecnologías de fabricación	6	8	11	75
Necesito implementar y/o optimizar las TICs	4	9	70	17
Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.	2	49	14	35
Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica	0	30	27	43
Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización (en CIM).	6	8	23	63
Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.	2	3	30	65
Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.	1	10	17	72
Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.	3	20	25	52
Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.	0	14	40	46

Cuadro 4-6. Prioridad de Necesidades del sector industrial

Estos resultados con los que se valida la lista de necesidades, ratifican la importancia que la empresa industrial le otorga a la prioridad de ser líder, para lo que muchos industriales consideran maximizar su eficiencia y la eficiencia.

Dichos factores, se pueden lograr desarrollando estrategias (individuales o combinadas) enfocadas a la cualificación de los recursos humanos, innovación e implementación tecnológica, gestión de tecnologías de la información y comunicaciones.

Por su parte, al ser la cualificación y formación de recursos humanos el tema de esta tesis doctoral, se incidió en este aspecto, orientando preguntas a la forma que se puedan determinar el “cómo lograr” la cualificación (conocimientos, habilidades, valores, características personales) demandada por los *evaluadores externos*.

### **Paso 6: Desplegar las Necesidades del Cliente**

Dado que las necesidades identificadas han sido valoradas como muy importantes por los representantes del sector industrial consultado, como se advierte en la tabla del paso anterior, en que todas las necesidades han recibido la mayor calificación de importancia; se deberán valorar estas necesidades prioritarias en función a los factores que influyen en ellas. A continuación se ha elaborado una tabla (Ver Cuadro 4-7) que



recoge los principales factores que la industria considera (cuestionario previo) que influyen en cada necesidad.

Necesidad	Factores que afectan las necesidades			
Necesito ser líder del mercado	Competencia	Costos	Relaciones Proveedores	Diferenciación
Necesito maximizar la eficiencia	Recursos Humanos	Tecnología	Mercadeo	Externalizar
Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial	Conocimientos	Habilidades	Personalidad	Valores
Necesito implementar y potenciar las tecnologías de fabricación	CIM	Diseño	Fabricación	TICs
Necesito implementar y/o optimizar las TICs	Integración	Globalización	Deslocalización	Informatización
Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.	Diseño	Control	Tiempo de producción	Fabricación
Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica	Competencia	Liderazgo	Gestión de recursos tecnológicos	Competitividad
Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización (en CIM).	Conocimientos en CIM	Habilidades en CIM	Capacidades personales CIM	Gestión de CIM
Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.	Enfoque de Cliente	Automatización	Reducción de costos	Calidad
Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.	TICs	Creatividad	Volumen de datos	Interpretación de datos
Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.	Utilidad	Economía de recursos	Ahorro	Desempeño industrial
Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.	Curva de aprendizaje	Curva de rendimiento	Ciclo del producto	Mercado tecnológico

Cuadro 4-7. Factores que influyen en las necesidades

### Paso 7: Analizar las relaciones prioritarias

Este paso sintetiza el análisis de la aplicación de esta herramienta. Esta sirve para evaluar el contenido curricular y sus respectivos temas de estudio, con relación a los factores que impactan en las necesidades prioritarias de la industria que implementa la tecnología CIM. Al mismo tiempo, dichas necesidades son las pautas que determinarán la contratación de futuros graduados. En la medida que la formación se ajuste más a estas necesidades el perfil profesional y currículo académico serán más elegibles.

A continuación esta conclusión se expresa en un cuadro (Ver Cuadro 4-8) que desagrega la información más importante respecto a la definición de las necesidades de cualificación de recursos humanos. Dado que el sector industrial CIM requiere un tipo de profesional, los factores que influyen en este, se pretenden identificar en esta propuesta.

Cliente		Solución				
BENEFICIO		Producto (basado en análisis de factores)	Enfoque de la solución			
Necesidad	Problema		Competencia	Costos	Relaciones Proveedores	Diferenciación
Líder del mercado	Una industria que quiere ser líder del mercado se enfrenta a factores de la competencia que ponen en riesgo su rentabilidad, como lo son los costos, relaciones con proveedores, diferenciación del producto.	Se propone una industria eficiente en la gestión de todos sus recursos	Competencia	Costos	Relaciones Proveedores	Diferenciación
Maximizar la eficiencia	La inadecuada combinación de estrategias (Enfoque de Recursos Humanos, Tecnología, Mercadotecnia y/o Tercerización) para maximizar la eficiencia puede representar una ventaja para la competencia.	Se propone una estrategia de liderazgo con enfoque en los Recursos Humanos y que maximice la eficiencia de la empresa industrial. El enfoque de Recursos Humanos fue escogido, dado el carácter de organización curricular de la investigación.	Recursos Humanos	Tecnología	Mercadeo	Tercerizar
Cualificación Recursos Humanos	Anteriores estrategias de liderazgo basadas en la implementación de tecnologías innovadoras, han puesto de manifiesto la necesidad de contar con personal que pueda gestionar adecuadamente (conocimientos, habilidades, personalidad, valores) la tecnología optimizando los recursos.	Se propone identificar cuáles son las características de la formación del personal requerida para gestionar la tecnología, además de los valores y ética que coadyuvan al logro de objetivos de producción.	Conocimientos	Habilidades	Personalidad	Valores
Implementar y potenciar las Tecnologías de Fabricación	El sector industrial, para ser competitivo, necesita reducir tiempos de producción, habiéndose identificado que los factores que afectan más en la ruta crítica del proceso de producción son el tiempo de diseño, tiempo de fabricación, tiempo de gestión del a información y el tiempo de la integración de los procesos de fabricación.	Se propone identificar cuáles son las características requeridas para la formación de un ingeniero especializado en tecnología CIM (que es la tecnología con filosofía que integra los factores en cuestión).	CIM	Diseño	Fabricación	TICs
Controlar: proveedores, clientes, competencia y tecnología			Ventaja competitiva	Tiempos de fabricación	Curva de aprendizaje	Posibilidad de desarrollo
Implementar y/o optimizar las TICs	Además de la innovación en tecnologías de fabricación, una industria líder debe hacer uso intensivo de tecnologías de comunicación e información que contribuyen a la integración, globalización, deslocalización e informatización. Por este motivo se ha manifestado la carencia de programas de estudio específicos que recojan estas necesidades puntuales de la industria.	Se propone definir pautas que orienten el diseño curricular de contenidos que se ajusten a las necesidades de gestión de TICs y sus aspectos correlacionados.	Integración	Globalización	Deslocalización	Informatización
Optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.	Se ha detectado que en las industrias que automatizan sus procesos total o parcialmente; es necesario el uso de herramientas que informaticen especialmente procesos de diseño, control, fabricación para reducir los tiempos de producción.	Se propone estudiar los contenidos curriculares de carreras universitarias tecnológicas, para fortalecer la formación en tecnología CIM dada la comprobada viabilidad de esta tecnología en las industrias automatización.	Diseño	Control	Tiempo de producción	Fabricación
Enfoque mejora de la cualificación en conocimientos y especialización (en CIM).	El sector industrial que trabaja con la tecnología CIM necesita que su personal posea capacidades y conocimientos acordes a los requerimientos de la gestión de esta tecnología.	Se propone organizar dentro de un currículo tecnológico contenidos para el aprendizaje de CIM	Conocimientos en CIM	Habilidades en CIM	Capacidades personales CIM	Gestión de CIM
Potenciar conocimientos: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.	Las necesidades concretas de la industria que emplea CIM, prioriza temas referidos a 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada, etc. Probablemente estas carencias se deben a la falta de formación profesional con un enfoque de cliente (fabricación ágil), automatización (fabricación integrada), calidad y costos (6 sigma)	Se propone que los contenidos del currículo tecnológico relacionen las necesidades de aprendizaje (gestión de servicios, gestión de proyecto, 6 sigma, fabricación ágil y fabricación integrada) con la enseñanza de factores que afectan el diseño de contenidos (enfoque de cliente, diagnóstico y análisis de la automatización del sector industrial, reducción de costos y calidad)	Enfoque de Cliente	Automatización	Reducción de costos	Calidad
Mejora cualificación en habilidades adaptación de soluciones problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.	El sector industrial manifiesta que muchas deficiencias en la gestión de la tecnología que los ayudaría a ser más competitivos se concentra en la falta de creatividad, en el mal uso de TICs, incapacidad en el procesamiento de datos.	Se propone identificar los contenidos curriculares que desarrollen: la creatividad para poder resolver problemas; la capacidad para el procesamiento de datos que permitiría hacer un adecuado análisis cuantitativo; y el uso de TICs que contribuiría a la capacidad de escritura técnica.	TICs	Creatividad	Volumen de datos	Interpretación de datos
Potenciar las características personales	Además de todo lo referente al aprendizaje de conocimientos y habilidades relacionados a la tecnología, el sector industrial se muestra preocupado porque su personal debe sentirse comprometido con la industria, ya que los valores éticos de puestos considerados estratégicos son determinantes en los secretos industriales y en el buen ambiente de trabajo necesario para la productividad.	Se propone un contenido curricular que beneficie a la industria en la reducción de su curva de aprendizaje, que maximice la curva de rendimiento, aumente el ciclo del producto y que coloque a la industria en el mercado tecnológico con ahorro de recursos, aumentando el desempeño industrial y por tanto, aumentar la utilidad de la empresa.	Utilidad	Economía de recursos	Ahorro	Desempeño industrial
Potenciar los valores éticos y humanos del personal			Curva de aprendizaje	Curva de rendimiento	Ciclo del producto	Mercado tecnológico

Cuadro 4-8. Diagnóstico propuesto después de la aplicación de Blitz®

### 4.3.3 Identificar las necesidades específicas del sector industrial CIM

Basados en los resultados de la aplicación de Blitz®, se elaboró un cuestionario para identificar las necesidades específicas de la industria en España. Las preguntas se orientan a profundizar sobre la caracterización del grupo encuestado en cuanto a: la actividad que realizan las industrias, tecnologías que emplean, grado de automatización, etc.

Esta información que permite dirigir las entrevistas individuales para identificar finalmente las necesidades de cualificación de los recursos humanos para trabajar con la tecnología CIM.

Finalmente, las respuestas a las preguntas de los cuestionarios diseñados para esta actividad (Anexo 4-2 y Anexo 4-3) y con el análisis del cuadro de la actividad anterior, se puede esquematizar las necesidades específicas sobre la cualificación del personal demandado por la industria que implementa CIM de la siguiente forma (Ver Figura 4-6).

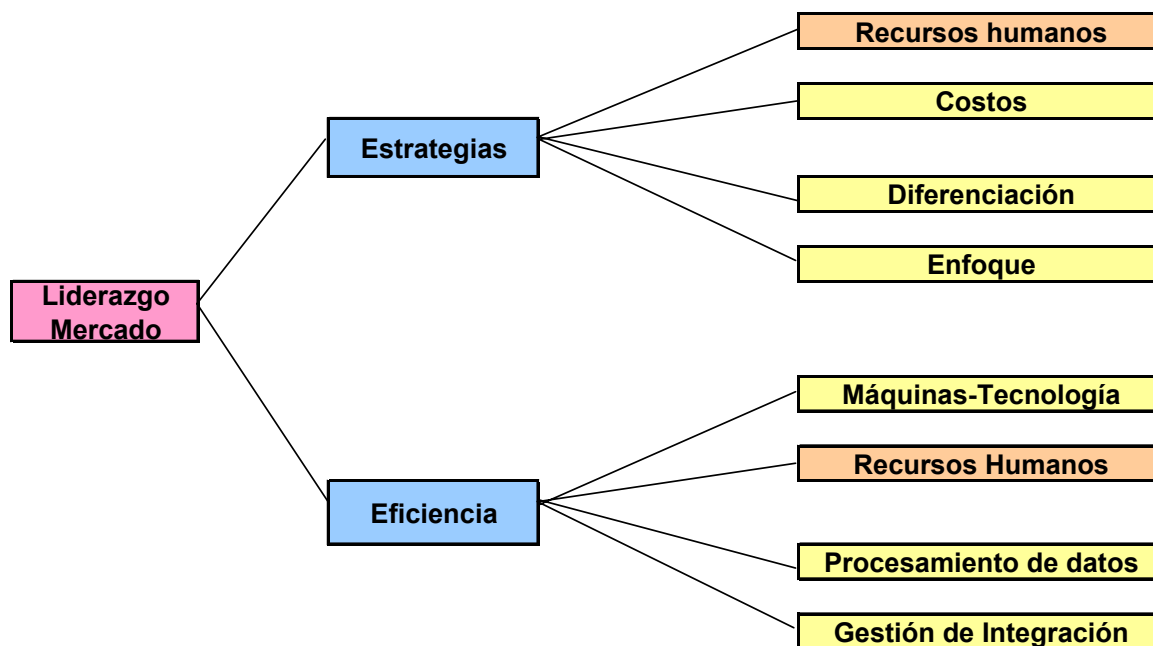


Figura 4-6. Diagrama AHP para el análisis del objetivo de la industria

Como se puede apreciar, el objetivo de todas las empresas industriales encuestadas es el Liderazgo del Mercado (o competencia). En la medida en que se logre una mayor eficiencia, la empresa industrial se podrá consolidar en situación privilegiada de líder del mercado. Sin embargo, la empresa industrial requiere coordinar un equilibrio entre cuatro áreas que se consideran fundamentales: recursos tecnológicos y máquinas, recursos humanos, tratamiento de la información y la gestión de la integración de todos sus procesos.

Por otra parte, consolidar el liderazgo implica el uso de cuatro estrategias: recursos humanos, costos, diferenciación y enfoque.

Estas dos ramas de información, convergen en el factor de los *recursos humanos*, ya que es importante como una estrategia para el liderazgo o como un factor que mejora la eficiencia.

De esta forma, los *recursos humanos* como una estrategia de liderazgo, implica que la empresa industrial requiera contar con los profesionales mejor cualificados del mercado; por ser un recurso único e irrepetible que puede hacer la diferencia.

Asimismo, la mayor eficiencia también se puede alcanzar con profesionales mejor cualificados que se refleja en la reducción de fallos, incremento de confiabilidad y mayor certidumbre en la planificación de la producción.

Una vez identificados a los *recursos humanos* como factor clave de convergencia, la segunda parte del cuestionario de las entrevistas individuales se orientó a conocer cómo relaciona la industria a los recursos humanos con la tecnología CIM. A partir de estas respuestas se pudo obtener el siguiente diagrama que resume las respuestas (Ver Figura 4-7).

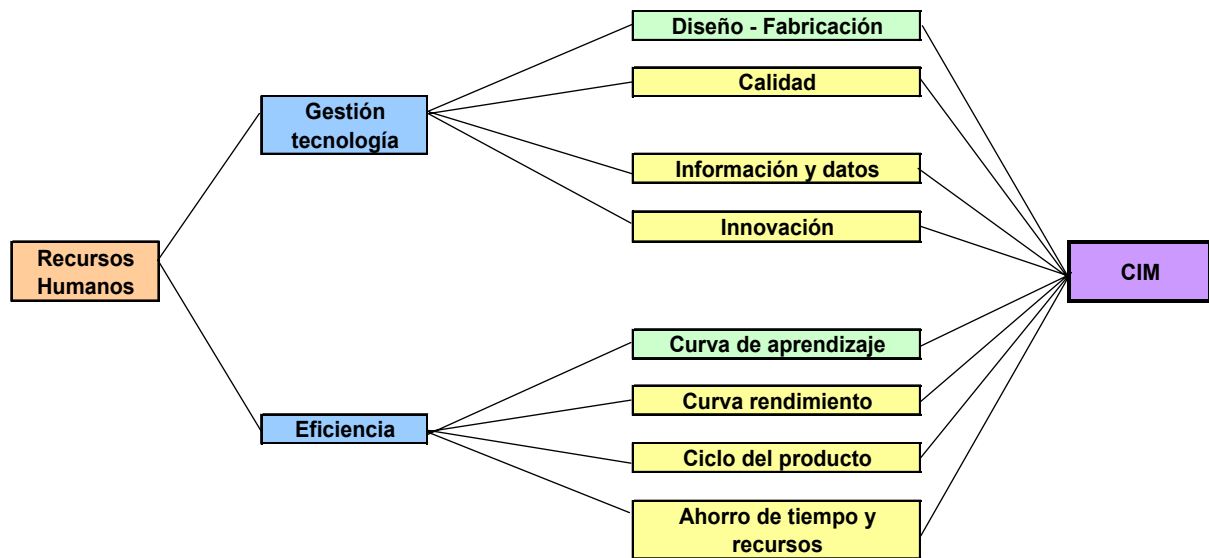


Figura 4-7. Diagrama AHP para la relación de recursos humanos y tecnología CIM

Como se puede ver, los *recursos humanos* son los encargados de gestionar la tecnología; en las empresas industriales encuestadas. La tecnología se aplica principalmente a las áreas de Diseño y Fabricación, Calidad, tratamiento de Información y datos, Desarrollo e Innovación.

Por otra parte, una de las principales estrategias de liderazgo se basa en fortalecer a sus recursos humanos; de forma tal que la cualificación se refleje en una menor curva de aprendizaje, una mayor curva de rendimiento, el aumento del periodo del ciclo del producto y el ahorro de tiempo y recursos en el proceso productivo.

Pese a que las empresas industriales no lograron relacionar directamente la tecnología CIM con los recursos humanos, la inferencia del proceso AHP mostrada en el anterior esquema, identifica claramente la convergencia del aprendizaje con las tecnologías de diseño y fabricación. Por tanto, estamos frente a la definición de la tecnología CIM.

Esta conclusión refuerza el análisis realizado en el paso 6 de la actividad que aplica la herramienta Blitz®, pues coincide la identificación de la tecnología CIM con los

factores que influyen más en la satisfacción de las necesidades de la empresa industrial (enfoque se recursos humanos y su cualificación).

#### **4.3.4 Selección y organización de las necesidades específicas de cualificación de los recursos humanos en la industria CIM**

Para completar la organización de las necesidades, es necesario, puntualizar en qué consiste la cualificación y cuál es el objetivo de fortalecer la formación en la gestión de la tecnología CIM.

A partir de esta información obtenida y procesada hasta el momento, las necesidades de cualificación de recursos humanos que demanda la industria usuaria de CIM, se pueden resumir y esquematizar en el siguiente diagrama de afinidad (Ver Figura 4-8).

Por tanto, la secuencia de conceptos que organizan las necesidades de cualificación es la siguiente: en primer lugar, como ya se ha definido, el fin último de la empresa industrial es el liderazgo del mercado para poder obtener sus mayores beneficios.

A su vez, obtener mayores beneficios requiere el incremento de la eficiencia a ser posible la maximización de beneficios como de eficiencia.

La eficiencia puede lograrse mediante estrategias dedicadas al “empoderamiento” de los recursos humanos, el enfoque en los recursos y tecnologías de fabricación, recursos y tecnologías de información y comunicación, y en los recursos de máquinas y software.

El elemento de convergencia de estos cuatro enfoques para controlar y lograr mayor eficiencia es la tecnología CIM; pues es una tecnología que integra la gestión de los diferentes recursos de un proceso de producción, gestión previa (inventarios, proveedores, relaciones comerciales, alianzas, etc.) y gestión posterior (venta, servicio de atención, garantía, mantenimiento, gestión de reciclaje y manejo de desechos, distribución, etc.) al proceso de fabricación de un producto.

Para lo que hace uso intensivo de las tecnologías de información y comunicación, y la capacitación del personal responde a los requerimientos de la tecnología que día a día se actualiza.

Por otra parte, ser líder del mercado implica tener control sobre la competencia, poder tener confianza en los proveedores para asegurar el cumplimiento de los parámetros planificados y comprometidos, tener previstas las tendencias tecnológicas en función a proyecciones estimadas y sobre todo conocer perfectamente el mercado a penetrar.

Nuevamente el elemento de convergencia es la tecnología CIM, ya que esta permite gestionar e integrar la innovación tecnológica (a través del uso de tecnologías de vanguardia en la fabricación) y gestionar el mercado (a través de la gestión de toda la cadena de producción, control de mercado, proveedores y competencia).

Para los representantes de las industrias CIM, la cualificación de los *recursos humanos* se deben dividir en cuatro áreas a desarrollar: conocimientos, habilidades o destrezas, características personales o personalidad y valores o ética profesional.

Asimismo, los conocimientos que la industria considera más importantes en la cualificación de su personal técnico, para gestionar la tecnología CIM son la Gestión de servicios de empresa, 6 Sigma, Gestión de proyectos, “lean enterprise” y CIM, entre otros.

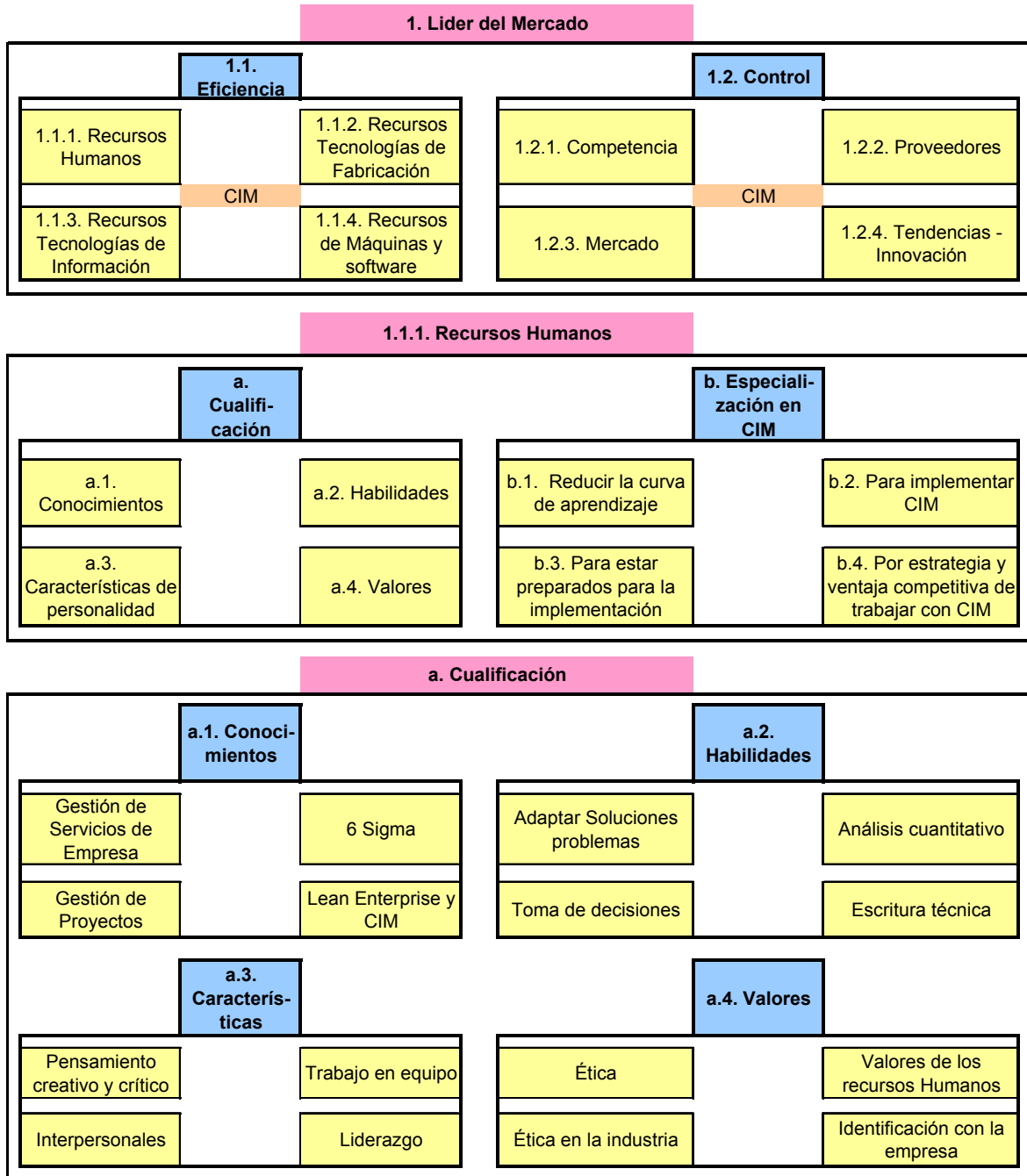


Figura 4-8. Diagrama de Afinidad para la organización necesidades de cualificación en CIM

Las habilidades a desarrollar priorizadas fueron la capacidad para adaptar soluciones a problemas (no determinados), capacidad para la toma de decisiones, análisis cuantitativo, escritura e interpretación de lenguaje técnico.

Las características personales o rasgos de personalidad priorizadas por los industriales fueron el pensamiento crítico y creativo, las cualidades de relación interpersonal, el trabajo en equipo y el perfil de líder.

Por su parte, los valores o ética mejor considerada por los industriales, en la cualificación de su personal, fueron la ética personal y profesional, la valoración del recurso humano sobre los demás, la ética en la industria del sector en que se desarrolla la industria CIM y la identificación que tiene el trabajador con la empresa (asumir la empresa como su casa – herencia de la filosofía japonesa).

Finalmente, el estudio de CIM es importante para las industrias usuarias de esta tecnología por los siguientes motivos: porque puede lograr la reducción de la curva de aprendizaje (reduciendo el tiempo dedicado a consolidar conocimientos en horas de trabajo) ya que el hecho de tener los conocimientos base desde la carrera universitaria, reduce el tiempo de capacitación además de facilitar el aprendizaje.

Por otra parte, la especialización en CIM beneficia a la industria porque asegura que su personal cualificado podrá hacer frente con éxito, cualquier decisión de implementación de procesos CIM, inicial o adicional. Así, la especialización de los recursos humanos en la tecnología CIM es una estrategia y ventaja competitiva, para este sector industrial.

#### **4.4 Fase I – Etapa III: Validación del Diagnóstico**

El objetivo de esta etapa es demostrar que el perfil profesional (deducido y basado en la identificación de necesidades de cualificación que tiene el mercado laboral de la industria CIM) obtenido en la anterior etapa, coincide plenamente con las necesidades explícitas de cualificación del personal usuario de CIM.

De forma complementaria, se demuestra que la industria, los estudiantes y el sector académico; tienen interés en el aprendizaje y enseñanza de CIM, actualizar el currículo de Ingeniería Industrial respecto a contenidos CIM y consolidar relaciones de colaboración en torno a la capacitación y desarrollo de la tecnología CIM.

##### **4.4.1 Correlación entre necesidades deducidas y necesidades reales encuestadas**

Con el objetivo de identificar las necesidades explícitas del sector industrial que trabaja con la tecnología CIM, se realizó una encuesta para contrastar el primer perfil de este sector empresarial resumido en el Diagrama de Afinidad de la organización de las Necesidades (Ver Figura 4-8).

La encuesta consideró el universo muestral descrito en el punto 4.3.2. de este mismo capítulo, las 120 empresas industriales de ámbito nacional; respondieron a un sencillo cuestionario electrónico con las siguientes características. La encuesta se puede ver de forma completa en el Anexo 4-4.

Respondieron adecuadamente, es decir completas y en el plazo estipulado, el 61% (73 encuestas recibidas).

De las 73 empresas industriales, el 66% son empresas españolas y el 34% forman parte de un grupo, franquicia o consorcio internacional (Ver Gráfico 4-3).

El 25% de las empresas industriales desarrollan su actividad en el sector químico, el 16% se dedica al sector del transporte y automoción, el 14% al sector de transformación del plástico, industria de máquina - herramienta denominados sectores básicos y transformadores, el 11% se dedica a la industria textil, confección, muebles, cerámica, etc. el 10% dedica su actividad al sector de las tecnologías de comunicación, el 8% tiene su actividad en el sector agroalimentario, el 7% realiza actividades en el sector de Medio Ambiente Industrial, el 5% realiza actividades de consultoría especializada en ingeniería y servicios de asistencia tecnológica y finalmente el 4% realiza actividades en el sector de energía (obtención y transformación).

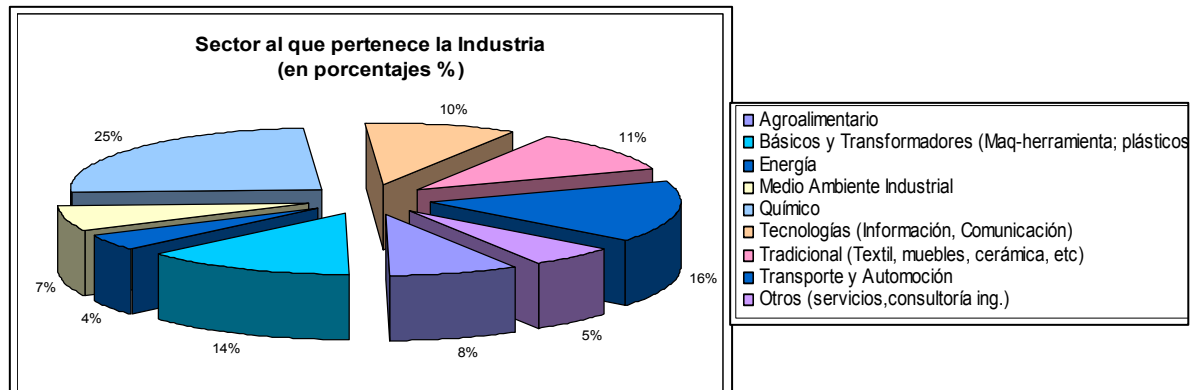


Gráfico 4-3. Composición de sector industrial encuestado por actividad

La encuesta se estructuró en seis partes. La primera y segunda parte recogen datos generales de la industria encuestada, como si la industria es parte de un grupo internacional (franquicia, holding, etc.), cargo del encuestado, actividad que realiza la industria y sus tecnologías vinculadas.

La tercera parte tiene por objetivo conocer el grado de automatización de la industria encuestada y la identificación y valoración de la tecnología CIM en su producción. La cuarta y quinta parte ayudan a identificar la necesidad de la formación de recursos humanos especializados en la gestión de la tecnología CIM (relación universidad – industria). Finalmente la sexta parte se dedica a recoger comentarios u observaciones que se constituyen en aportes muy importantes para consideraciones futuras, que van orientando las necesidades específicas de la industria real.

Los resultados de la aplicación de esta primera encuesta fueron los siguientes (Ver Cuadro 4-9).

Se puede concluir por la interpretación de los resultados de la encuesta, varios puntos interesantes.

- Todos los sub sectores de actividades industriales encuestados, hacen uso de tecnologías de fabricación que se relacionan directamente con la automatización, la integración de procesos, CAD, CAE, CAM y CIM.
- No todas las empresas industriales pueden identificar con claridad las tecnologías que emplean, ya que se evidencia una confusión entre las definiciones de herramientas, métodos y tecnologías.
- Por esta misma razón, es difícil que las empresas industriales puedan identificar si implementan la tecnología CIM parcial o totalmente.
- Sin embargo, las empresas industriales del sector de actividades relacionadas con la automoción, identifican con claridad las tecnologías CAD, CAE, CAM y CIM, ya que son usuarios de ellas.
- La mayoría de las empresas industriales desarrolla programas de capacitación orientado a la especialización de las tecnologías que emplea, entrenamiento y familiarización del manejo de equipos y maquinaria, sobre la línea de actuación de la empresa (objetivo, misión, visión, organización), etc.



PREGUNTA ENCUESTA	SECTOR INDUSTRIAL									
	Agroalimentario	Básicos y de Transformación	Energía (producción, transformación, distribución)	Medio Ambiente	Químico	TICs	Tradicional	Transporte y Automoción	Consultoría y Asesoramiento	Otros
Estrategia basada en tecnologías orientadas a	Procesos y productos innovadores	Fabricación concurrente	Desarrollo Sosotenible	Desarrollo Sosotenible	procesos y productos innovadores	Conversión instantánea de información en conocimiento	Empresas reconfigurables	Procesos y productos innovadores	Cualificación de Recursos Humanos	Procesos y productos innovadores
Nivel de automatización de su empresa	Proceso	Proceso	Planta	Proceso	Planta	Proceso	Célula	Corporación	Proceso	Planta
Reciben capacitación?Cuál?	Calidad	Manejo de equipos	Tecnologías limpias	Gestión de desechos	Tecnologías de fabricación	Tecnologías de integración	Seguridad Industrial	Gestión integrada en niveles de control	Gestión de Tecnologías	Re-ingeniería
Qué temas prioriza la capacitación	Tecnologías de convergencia	Mecanismos de emergencia	Uso de las tecnologías	Tecnologías de gestión de residuos	Implementación de tecnologías	Simulación y mecanismos de control	Normas preventivas	Evaluación de costos de la integración	Tecnologías computarizadas	Rol de los Recursos Humanos
Los RH contratados tienen toda la capacitación que demanda el puesto de trabajo	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No
La capacitación es competencia de la Universidad o de la Empresa	Ambas	Empresa	Ambas	Ambas	Ambas	Empresa	Universidad	Ambas	Ambas	Ambas
Invertir en formación o Contratar RH ya calificados pero más cotizados	Invertir en formación	RH ya calificados	RH ya calificados	Invertir en formación	RH ya calificados	Invertir en formación	Ambas	Ambas	RH ya calificados	Ambas
Qué conocimientos, habilidades y características deben tener los RH que trabajan en CIM	Gestión Total de la Calidad, Programación de procesos, Trabajo en equipo	Pensamiento crítico, Diseño fabricable, Representación de procesos	Creatividad, Gestión de Calidad, Escritura técnica	Predisposición al aprendizaje, Planificación del proceso, Capacidad analítica y creativa	Trabajo en equipo, procesos automatizados, Adaptabilidad de solución de problemas	Escritura técnica, LAN, TOP, protocolos inf; Habilidad computacional	Cultura ingenieril, MRP- ERP, Capacidad analítica y creativa	Gestión de Proyectos, CIM, Adaptabilidad de solución de problemas	Cultura ingenieril, Soportes toma de decisiones, Adaptabilidad de solución de problemas	Perspectiva global, Control de procesos, capacidad analítica
Tiene alguna relación de colaboración con la Universidad?	no	no	si	si	no	si	no	no	si	si
Considera que la Univeridad debe tomar en cuenta requerimientos de la industria en la formación de prof.	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si
Cuál es le mayor forma de relación empresa - universidad	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Colaboraciones puntuales	Grupos mixtos de I+D+I	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Reuniones directivos ambos sectores	Estadías cortas en empresas	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales

Cuadro 4-9. Resumen de respuestas Encuesta General Sector Industrial

- La mayoría de las empresas industriales contratan a sus recursos humanos técnicos, a los que no consideran que tienen toda la capacitación deseada para desempeñar sus funciones, y asumen que se ha de invertir tiempo y dinero en su capacitación.
- Esta capacitación, a juicio de los industriales es una competencia compartida entre la universidad y la industria.
- Sin embargo, la relación que tienen las industrias con la universidad es muy escasa y si la hay se limita a permitir a estudiantes su ingreso para que realicen estancias en calidad de becarios.
- Por otra parte, la industria considera necesario desarrollar programas de colaboración universidad – industria, ya que los beneficios pueden ser mutuos.

Finalmente, la principal conclusión de este cuestionario se resume en que la mayoría de las empresas industriales representativas del sector usuario de CIM, no identifica con claridad las tecnologías que usa.

Por este motivo tampoco pueden prever la capacitación y tampoco valoran adecuadamente a los recursos humanos que postulan a ser contratados.

De forma general, la industria expresa, que es necesario tener un acercamiento con la universidad para beneficiarse mutuamente de las fortalezas de un proceso de formación completo.

En este sentido, el perfil profesional deseado por los industriales (entre ellos los usuarios de la tecnología CIM) coincide con el perfil desarrollado en la etapa anterior, a partir de la búsqueda de información. Este perfil tiene las siguientes características:

- Ingeniero Industrial, con sólidos conocimientos generales de ingeniería.
- Predisposición al aprendizaje porque las industrias asumen un presupuesto económico y en tiempo; para realizar la capacitación especializada en el manejo y desempeño de las funciones específicas de la industria.
- Las Características, Conocimientos y Habilidades señaladas explícitamente por los industriales son: Gestión Total de la Calidad, Programación de procesos, Trabajo en equipo, Pensamiento crítico, Diseño fabricable, Representación de procesos (Escritura técnica), Creatividad, Predisposición al aprendizaje, Capacidad analítica y creativa, procesos automatizados, capacidad para adaptar soluciones, protocolos de comunicaciones informáticas, Habilidad computacional, Cultura ingenieril, MRP- ERP, CIM, Gestión de Proyectos, Soporte para la toma de decisiones y Perspectiva global.

Aunque no todos los industriales pueden identificar, todo este conjunto de conocimientos, habilidades y características se integran en un concepto que es la implementación y gestión de la tecnología CIM. Además, todas estas características y temáticas, coinciden con el perfil de necesidades elaborado en la etapa anterior y se valida por la coincidencia de las demandas reales y las desarrolladas mediante el trabajo realizado.

#### 4.4.2 Determinación del nivel actual de conocimientos en CIM de los futuros graduados

Como ya se ha mencionado en la descripción de la metodología, esta actividad está dirigida a la determinación del nivel de conocimientos actuales que tienen los futuros graduados respecto a la tecnología CIM.

Se trata de corroborar la hipótesis de la necesidad de actualizar los contenidos del currículo de la carrera de Ingeniería Industrial en función al perfil de demandas de cualificación que hemos identificado para el sector industrial que es usuario de CIM.

Mediante una encuesta, diseñada para que respondan futuros graduados de Ingeniería Industrial, se determinó el grado de conocimiento, interés y valoración de la tecnología CIM en los contenidos curriculares de aprendizaje y enseñanza.

La encuesta se estructuró en tres partes. La primera parte determina el nivel de conocimientos básicos del estudiante, respecto a la tecnología CIM. La segunda parte, determina la valoración, que los estudiantes consideran, que la tecnología CIM puede aportar en una empresa industrial.

La tercera parte tiene por objetivo de que el estudiante relacione el aprendizaje de CIM con alguna asignatura que considere que tiene contenidos afines o que debería tener dichos contenidos. Por otra parte, el estudiante expresará si considera que la enseñanza y aprendizaje de CIM es necesario para su futuro laboral.

Los resultados de la aplicación de esta segunda encuesta, fueron los siguientes (Ver Cuadro 4-10).

Se puede concluir por la interpretación de los resultados de la encuesta, varios puntos interesantes.

- En primer lugar, se observa claramente que tanto los conocimientos como las valoraciones sobre la tecnología CIM, tienen una incidencia más alta a medida que los estudiantes superan los cursos. Ya que sus conocimientos en CIM se consolidan en quinto curso y por tanto pueden valorarlo más.
- La definición de CIM es concreta y da una idea clara de lo que estudia esta tecnología, sin embargo, los porcentajes no superan el 80%.
- Pese a que CIM es una tecnología de plena vigencia, su origen se remonta a la década de los 80, desde entonces esta tecnología ha mejorado y evolucionado. El porcentaje de estudiantes que conoce estos orígenes es muy bajo en todos los niveles de los cursos.
- Los conocimientos avanzados de los estudiantes de todos los niveles tiene un porcentaje de acierto muy bajo, no supera el 40%. Porcentaje que ha sido menor que el de los conocimientos generales o conceptuales de CIM.
- Los beneficios de la implementación de CIM son valorados positivamente, en un porcentaje mayor que el porcentaje de conocimientos avanzados.
- La mayoría de los estudiantes considera que las asignaturas presentadas en la lista de la encuesta, se correlacionan altamente con la enseñanza de la tecnología CIM.
- La cifra de mayor porcentaje de acuerdo en la encuesta se da en la valoración positiva de la tecnología CIM como determinante en su futuro laboral.

PREGUNTA ENCUESTA	GRUPO DE ESTUDIANTES			
	3° AÑO	4° AÑO	5° AÑO	CURSO DE ADAPTACIÓN
Definición correcta de CIM.	33%	54%	70%	69%
Conocimiento de los Orígenes de CIM.	21%	25%	20%	21%
Conocimientos de CIM como medio de integración de otras tecnologías.	50%	60%	60%	60%
Conocimientos avanzados de CIM.	31%	35%	40%	41%
Identificación de Beneficios de implementación de CIM para sus usuarios.	60%	70%	73%	69%
Identificación de Temáticas para la enseñanza y aprendizaje de CIM.	50%	53%	60%	54%
Percepción de Asignaturas (en lista de encuesta) relacionadas con la enseñanza de CIM.	Correlación alta	Correlación alta y media	Correlación alta	Correlación media
Valoración favorable de la necesidad de aprendizaje de CIM para asegurar futuro laboral de graduados.	80%	85%	85%	79%

**Total de estudiantes encuestados = 69; No respondieron = 11; Cuestionarios no tomados en cuenta por incompletos = 5**

Cuadro 4-10. Resultados de la encuesta realizada a los estudiantes de Ing. Ind. IQS

A partir de estos resultados se valida la necesidad de actualizar los contenidos de enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial, ya que:

- Los conocimientos generales son buenos en los cursos superiores (4° y 5° año) y menos en los cursos inferiores (3° año), por tanto, debe mejorarse la enseñanza desde 3° curso, porque en la medida que la base de conocimientos sea sólida en los cursos previos, la posibilidad de profundizar y desarrollar capacidades en la tecnología CIM, será mayor.
- Los conocimientos avanzados no están consolidados en el aprendizaje de ningún curso y es importante reforzarlo, ya que en la medida que conozcan mejor la tecnología, será más fácil profundizar conocimientos y una vez teniendo conocimientos y habilidades suficientes para considerarse solventes en esta tecnología; recién podrán apreciar y valorar los beneficios de la implementación de esta tecnología en la industria.
- Asimismo, la mejor enseñanza y aprendizaje de CIM, posibilitará que los estudiantes pueden identificar el uso de esta tecnología en las diferentes industrias, que es el primer paso para valorar este conocimiento como una ventaja competitiva de formación y como herramienta de colocación en el mercado laboral.

### 4.4.3 Valoración de contenidos CIM en la formación académica de la carrera de Ingeniería Industrial desde el punto de vista de los docentes

Como ya se describió en el diseño de la metodología, parte de la validación es poder demostrar que la necesidad de actualizar los contenidos curriculares (de la enseñanza de CIM en la carrera de Ingeniería Industrial) responde a las necesidades de las demandas de cualificación del mercado laboral de los futuros graduados, que también responde a la necesidad de reorganizar la enseñanza y aprendizaje de esta tecnología y por último también los profesores de la carrera valoran positivamente la enseñanza de estos contenidos.

En este sentido, se elaboró una encuesta que tiene por objetivo conocer la valoración y percepción de los profesores universitarios, que imparten asignaturas relacionadas (en la teoría) con temáticas afines a la tecnología CIM. Se comprobará que los profesores consideran necesaria la enseñanza de CIM y que esta temática se relaciona con las asignaturas que enseñan.

La encuesta incluyó como presentación una breve descripción de la tecnología CIM y sus implicaciones, en una segunda parte se desarrollaron las preguntas, sencillas y de opción múltiple. Los resultados de la encuesta se detallan a continuación (Ver Cuadro 4-11).

PREGUNTA ENCUESTA	ASIGNATURAS DE PROFESORES		
	Profesores del Depto. de Ingeniería Industrial	Profesores del Depto. de Ingeniería Química	Profesores del Depto. de Administración de Empresas y Economía
Su asignatura debe ser estudiada antes de la enseñanza de CIM (prerrequisito)?	Si = 73%	Si = 67%	Si = 80%
Cuál es el grado de importancia de la enseñanza de CIM en su criterio?	Muy importante	Importante	Muy importante
Sugeriría una asignatura (o más) dedicadas exclusivamente a la enseñanza de CIM?	Sí	Sí	Sí
Señale si su asignatura tiene relación con las temáticas que abarca CIM.	Sí	Sí	Sí
Qué grado de correlación tiene su asignatura con CIM?	Altamente relacionada	Moderadamente relacionada	Moderadamente relacionada
La enseñanza de CIM es transversal a varias asignaturas?	Sí	Sí	Sí
Qué grado de importancia tiene la enseñanza de CIM en el currículo de Ingeniería Industrial?	Muy importante	Importancia moderada	Muy importante

**Total de profesores (de varios departamentos) encuestados =15**

Cuadro 4-11. Resultados encuesta a profesores de asignaturas relacionadas con la enseñanza de CIM

A partir de estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- La mayoría de los profesores de los distintos departamentos consideran que la inclusión de la temática referida a CIM, en los contenidos curriculares de la carrera de ingeniería industrial, es importante o muy importante. Aseveración que

valida la necesidad de actualizar los contenidos CIM en el currículo, desde el punto de vista didáctico.

- Esta enseñanza, por sus características es transversal, por lo que idealmente se podría planificar una asignatura transversal, que se centre en los tres últimos cursos. Dado que esta temática se correlaciona con la mayoría de las asignaturas de los profesores encuestados, se podría elaborar un proyecto de enseñanza de CIM que complementa con sus aportes, las asignaturas correlacionadas.
- Sin embargo, la enseñanza transversal no excluye la posibilidad de dedicar una asignatura solo para la enseñanza de CIM, considerando que en la anterior encuesta los estudiantes demostraron su interés por el aprendizaje de esta tecnología.

#### **4.4.4 Priorización concertada entre industriales, docentes y estudiantes, de contenidos CIM**

Para la priorización de contenidos referidos a la enseñanza de CIM, desde el punto de vista de industriales (mercado laboral que demanda cualificación: cliente), estudiantes (futuros graduados con cualificación en CIM: producto) y profesores de asignaturas correlacionadas con CIM (evaluadores del proceso de transformación del sistema: agentes de transformación); se aplicará la metodología AHP (proceso analítico de jerarquías).

La aplicación de esta herramienta, implica el tratamiento matemático basado en comparaciones afectadas por un peso específico. El resultado de la aplicación de AHP® será la priorización de pautas sobre contenidos CIM desagregadas en temáticas consideradas importantes para el estudio de CIM en el currículo de ingeniería industrial (calificados a partir de las respuestas de cuestionarios realizados a industriales, estudiantes y profesores).

Para facilitar la lectura del cuadro de resultados, se abreviarán a los contenidos propuestos, de la siguiente forma:

- A. Gestión Total de la Calidad.
- B. Programación y representación de procesos.
- C. Procesos automatizados.
- D. CAD, CAM, CAE, MRP- ERP, CIM.
- E. Protocolos de comunicaciones informáticas.
- F. Gestión de Proyectos.
- G. Soporte para la toma de decisiones.

Por otra parte, la escala de calificación (Ver Cuadro 4-12) será la misma descrita en el capítulo anterior (Desarrollo del Diseño de la Metodología) en la que se detallan todas las herramientas a emplear. Esta escala muestra todos los valores de calificación, tanto si la comparación favorece en prioridad al concepto de la columna sobre el concepto de la fila o viceversa; como se indica en la escala del 9 al 1, o los valores inversos en la escala del 0,111 al 1,000.

Escala		Interpretación
Si es >	Si es <	
9	0,111	extremadamente más importante
8	0,125	
7	0,143	
6	0,167	más que fuertemente importante
5	0,200	
4	0,250	fuertemente más importante
3	0,333	
2	0,500	
1	1,000	igual

Cuadro 4-12. Escala de calificación AHP

A continuación se presenta el cuadro de calificaciones concertado entre los clientes o evaluadores externos e internos (industriales, estudiantes y profesores). Los encabezados de columnas y filas denotan las letras que representan a los contenidos de la lista anterior (A. Gestión Total de la Calidad, B. Programación y representación de procesos, etc.). Los valores de calificación de cada celda, responde a la escala de valores ya definido en el Cuadro 4-13. Por ejemplo, la diagonal repite los valores de 1 porque la comparación es entre el mismo concepto: ¿A es más importante que A?

A continuación se pregunta si el concepto A de la columna es más importante que el concepto de la fila B; en este caso si la enseñanza de la Gestión total de calidad (A) es más importante que la enseñanza de la Programación y representación de procesos (B).

El grupo de expertos coincidió en que al contrario, la enseñanza de B es prioritaria sobre la enseñanza de A para el aprendizaje de las tecnologías de fabricación integrada; por lo que la calificación es inversa y es de 1/7 (B es fuertemente más importante que A).

Y así sucesivamente se comparan los conceptos prioritarios para la enseñanza y aprendizaje de CIM y las tecnologías de fabricación.

Contenidos	A	B	C	D	E	F	G
A	1	7	2	3	1	1/2	2
B	1/7	1	1/5	1/4	1/9	1/7	1/2
C	1/2	5	1	2	1/7	1	1/3
D	1/3	4	1/3	1	1/6	2	1/2
E	1	9	7	6	1	5	3
F	2	7	1	1/4	1/6	1	1
G	1/2	2	3	2	1/3	1	1
	5,476	35,000	14,533	14,500	2,921	10,643	8,333

Cuadro 4-13. Cuadro de calificaciones cruzadas (matriz cuadrada AHP)

A continuación se muestra el cuadro (Ver Cuadro 4-14) con las ponderaciones de normalización, ya descritos en el capítulo 3 de esta tesis doctoral. Así, por ejemplo la casilla (A, A) es el valor resultante de la división de  $1 / 5.476 = 0,183$ , la casilla (A, B) tiene el valor de  $0,026$ ; que resulta de dividir  $(1/7) / 5,476 = 0,026$  y así sucesivamente hasta normalizar la matriz.

Posteriormente, se realiza la sumatoria de los valores de las filas, señalada por la columna “Suma” y en una columna contigua se calcula el promedio de la fila y sus valores se reflejan en la columna denominada “promedio fila” (valor de la columna “suma” dividido entre el número total de conceptos, en este caso de 7).

También se ha calculado el índice de inconsistencia, que refleja el porcentaje de inexactitud o imprecisión que se pueden dar en las calificaciones cuando se comparan dos conceptos; frente a una calificación de cada concepto por separado.

Es decir, que en este caso el índice de inconsistencia primario o de esta etapa es del 11% de un probable error en la priorización de conceptos importantes para la enseñanza de la tecnología CIM.

Contenidos	A	B	C	D	E	F	G	Suma	Promedio fila
<b>A</b>	0,183	0,200	0,138	0,207	0,342	0,047	0,240	1,356	<b>0,194</b>
<b>B</b>	0,026	0,029	0,014	0,017	0,038	0,013	0,060	0,197	<b>0,028</b>
<b>C</b>	0,091	0,143	0,069	0,138	0,049	0,094	0,040	0,624	<b>0,089</b>
<b>D</b>	0,061	0,114	0,023	0,069	0,057	0,188	0,060	0,572	<b>0,082</b>
<b>E</b>	0,183	0,257	0,482	0,414	0,342	0,470	0,360	2,507	<b>0,358</b>
<b>F</b>	0,365	0,200	0,069	0,017	0,057	0,094	0,120	0,922	<b>0,132</b>
<b>G</b>	0,091	0,057	0,206	0,138	0,114	0,094	0,120	0,821	<b>0,117</b>
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	7,000	1,000
							<b>Inconsistencia</b>		<b>0,11</b>

Cuadro 4-14. Pesos específicos para cada contenido según cálculos AHP

Finalmente, se aplica el ajuste de pesos específicos a columnas y filas y se obtiene el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-15), cuyo resultado final es el índice de prioridad (última columna).

Este cuadro se obtiene realizando los siguientes cálculos, ya descritos en el capítulo anterior de esta tesis. En si, se trata de normalizar la matriz tanto por columnas como por filas; para esto se multiplican los valores de la columna “promedio de fila” por la matriz inicial de calificaciones, pero de forma cruzada.

Por ejemplo, la calificación de la comparación de A con A es 1 y se multiplica por el valor de la fila A de la columna de “promedio fila” que es 0,194. Entonces, el cálculo es  $1 \times 0,194 = 0,194$ ; este valor se deberá anotar en la siguiente tabla (Ver Cuadro 4-15) en la casilla de comparación de A con A.

La calificación de la comparación de A sobre B es de 7, valor que se deberá multiplicar por el valor de la columna “promedio fila” correspondiente a la fila B, que es 0,028. Entonces el cálculo será:  $7 \times 0,028 = 0,197$  valor que deberá ir a la casilla correspondiente a la comparación de A sobre B, y así sucesivamente, hasta completar la matriz.

De igual forma, que en la anterior matriz, se calcula en una columna la suma de todos los valores por fila y a continuación se calcula la división de la columna “suma” entre los valores de la columna “promedio fila” de la matriz anterior.



El resultado dará un índice de prioridad de los conceptos, que por una parte indica la importancia de los conceptos (escala del 1 al 9, donde el 9 es de la importancia máxima y 1 designado para poca significancia) y por otro lado, estos índices señalan el orden de prioridad comparada de los conceptos.

Contenidos	A	B	C	D	E	F	G	Suma	sum/promedio fila
<b>A</b>	0,194	0,197	0,178	0,245	0,358	0,066	0,235	1,473	7,60076
<b>B</b>	0,028	0,028	0,018	0,020	0,040	0,019	0,059	0,211	7,50517
<b>C</b>	0,097	0,141	0,089	0,163	0,051	0,132	0,039	0,712	7,99307
<b>D</b>	0,065	0,113	0,030	0,082	0,060	0,264	0,059	0,671	8,20494
<b>E</b>	0,194	0,253	0,624	0,490	0,358	0,659	0,352	2,930	8,18016
<b>F</b>	0,388	0,197	0,089	0,020	0,060	0,132	0,117	1,003	7,61228
<b>G</b>	0,097	0,056	0,267	0,163	0,119	0,132	0,117	0,952	8,12152

Promedio columna 7,88827  
 Índice de Inconsistencia 0,14805  
**Inconsistencia 0,11216**

Cuadro 4-15. Índice de prioridad para determinar contenidos importantes

Por lo que el resultado final del uso de esta herramienta se refleja en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-16).

Indie de Prioridad	Prioridad ascendente	Pautas de contenidos temáticos
7,60	6°	A. Gestión Total de la Calidad
7,51	7°	B. Programación y representación de procesos
7,99	4°	C. Procesos automatizados
8,20	1°	D. CAD, CAM, CAE, MRP- ERP, CIM
8,18	2°	E. Protocolos de comunicaciones informáticas
7,61	5°	F. Gestión de Proyectos
8,12	3°	G. Soporte para la toma de decisiones

Cuadro 4-16. Prioridad de estudio de contenidos CIM según industriales, estudiantes y profesores

A partir de estos resultados se puede concluir que, se ha validado la necesidad de estudiar los contenidos CIM en el currículo de Ingeniería Industrial porque tanto industriales, como estudiantes y profesores de asignaturas relacionadas con CIM, consideran prioritario el estudio de esta tecnología desde su punto de vista y desde sus necesidades.

Esto queda reflejado en que las temáticas de estudio de las tecnologías que componen el sistema de trabajo de CIM (CAD, CAM, CAE, MRP, etc.) han sido valoradas en primer lugar de forma concertada por industriales (desde el punto de vista de sus necesidades de mano de recursos humanos cualificados), estudiantes (desde el punto de vista de sus afinidades e intereses de colocación) y profesores (desde el punto de vista de la enseñanza y aprendizaje).

Por otra parte, los lugares posteriores en la priorización, son temáticas importantes que también están muy relacionadas y es indispensable conocerlas para poder tener una sólida formación en CIM.

Por consiguiente queda validada la necesidad de actualización de los contenidos CIM, ya que la inconsistencia<sup>40</sup> es del 0.11 y el rango aceptable para este parámetro es de 0.2 (como ya se mencionó en el anterior capítulo de esta tesis).

Cabe mencionar, que las calificaciones se realizaron a partir de los resultados de las encuestas anteriores, las que se complementaron con algunas preguntas que inducían a esta calificación; en los anexos se encuentra toda la información. (Ver Anexo 4-5).

#### 4.4.5 Determinación de necesidades de formación en tecnología CIM en base a estimaciones e información real

Finalmente, para completar el análisis que valida el diagnóstico realizado sobre la necesidad de actualizar el currículo de Ingeniería Industrial en cuanto a sus contenidos de enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM, se ha preparado un cuadro comparativo (Ver Cuadro 4-17).

Herramientas	Necesidades Teóricas	Necesidades Reales
Encuesta Industria	Ingenieros Industriales solventes en tecnología CIM porque su alta cualificación es la ventaja competitiva para maximizar su eficiencia y así fortalecer su estrategia de liderazgo de mercado para finalmente obtener mayores beneficios y utilidades.	Conocimientos, Habilidades y Características especializados en tecnología CIM para incorporar a Ingenieros a las empresas.
Correlación entre Necesidades Teóricas y Reales	Correlación alta, ya que los Conocimientos, Habilidades y Características de Personalidad son parte de la cualificación de recursos humanos.	
Encuesta Estudiantes	Valoración positiva del estudio de CIM porque la consideran una tecnología vigente y de futuro; lo que convierte a su estudio una herramienta de colocación en el mercado laboral de la industria que es su usuaria.	Interés por el estudio de la tecnología CIM.
Correlación entre Necesidades Teóricas y Reales	Correlación alta, ya que los estudiantes escogen su carrera universitaria por su interés (vocación o afinidad) y por las salidas laborales que les representan	
Encuesta Profesores	Necesidad de integrar la enseñanza de conocimientos referidos a CIM de varias asignaturas relacionadas, para lograr una enseñanza más completa.	Valoración positiva de la enseñanza e importancia de la tecnología de CIM, ya que su estudio es transversal a varias asignaturas y contenidos de importancia en la Ingeniería Industrial. Por tanto, es necesario sugerir una organización de contenidos para su mejor enseñanza y aprovechamiento.
Correlación entre Necesidades Teóricas y Reales	Correlación alta, ya que los profesores sugieren la re organización de los contenidos curriculares necesarios para la formación en la tecnología CIM, que por otra parte es el objeto del diseño de la metodología.	

Cuadro 4-17. Cuadro comparativo de Necesidades Reales y Teóricas de cualificación

Este cuadro comparativo muestra la correlación entre las necesidades de actualización del currículo teóricas y las reales.

Las necesidades teóricas, son aquellas obtenidas a partir de un primer supuesto que era la importancia del estudio de CIM, que fue la primera referencia para elegir la temática, posterior sujeto de aplicación del diseño metodológico.

40 Inconsistencia AHP: Hace referencia a la inconsistencia entre la comparación de las calificaciones de prioridad de A con B y B con A.

Por otra parte, una vez realizadas las encuestas, se profundizó en temas particulares a través de cuestionarios o preguntas individuales que ayudaron a definir cuáles eran las necesidades de cualificación de los recursos humanos que la industria usuaria de CIM valora para su incorporación en sus empresas.

Las necesidades reales, son aquellas que la industria usuaria de CIM, ha identificado explícitamente, respecto al nivel y las características de cualificación que buscan en el perfil del ingeniero industrial que podrían contratar, para desempeñar tareas relacionadas con la tecnología CIM.

#### 4.5 Fase II – Etapa única: Información curricular referida a la enseñanza y aprendizaje de CIM

Esta etapa de la Fase II está dedicada a organizar la información obtenida sobre los contenidos y otros, referidos al tema escogido para la actualización del currículo. Se tomará en cuenta la información de todos los antecedentes del diseño curricular para la enseñanza de CIM, en el contexto puntual del caso de estudio y en experiencias exitosas anteriores al mismo.

Nº	TEMAS DE FORMACIÓN	Valoración de importancia (mayor a menor)		
		UNIVERSIDAD (%)	INDUSTRIA (%)	AMBOS (%)
1	Comportamiento ético	88	91	89,50
2	Servicio de empresas	89	86	87,50
3	Seis Sigma	89	81	85,00
4	Gestión de proyectos	89	80	84,50
5	Lean Enterprise y CIM	81	86	83,50
6	Métodos estadísticos para el servicio	80	81	80,50
7	Liderazgo	72	87	79,50
8	Equipo de construcción y negociación	81	76	78,50
9	Dirección de funciones	80	74	77,00
10	Gestión de recursos de empresa	78	69	73,50
11	Tiempos del mercado	64	81	72,50
12	Desarrollo de Nuevos productos	66	78	72,00
13	Sistemas personales integrados	70	73	71,50
14	Ergonomía	68	74	71,00
15	Benchmarking	69	71	70,00
16	Simulación orientada al objeto	70	67	68,50
17	Interface hombre-ordenador	65	72	68,50
18	Conocimientos de Gestión	70	65	67,50
19	Métodos heurísticos de optimización	67	66	66,50
20	Fabricación ágil	64	69	66,50
21	Comportamiento organizacional	65	67	66,00
22	Ingeniería financiera	55	71	63,00
23	Optimización de objetivo múltiple	55	64	59,50
24	Gestión de relaciones con el cliente	43	76	59,50
25	Ingeniería del conocimiento	50	63	56,50

Cuadro 4-18. Temas priorizados por valoración de sector industrial y académico

##### 4.5.1 Perfil del Ingeniero Industrial orientado a la especialización en tecnologías de fabricación y sistemas de gestión

Como ya se ha mencionado, un antecedente importante para este estudio es el realizado por la Universidad de Florida Central, mediante el cual hicieron una consulta al sector industrial y al sector académico para identificar los temas de estudio

más importantes para ser tomados en cuenta en el perfil del currículo de Ingeniería Industrial.

Interesan estos resultados, por ser una consulta de alcance nacional, porque es el país que tiene la mayor cantidad y diversidad de industrias usuarias de CIM y porque determina los temas de las tecnologías emergentes para la fabricación y gestión de sistemas, que es de interés para la tesis doctoral.

Por otra parte, el industrial de Estados Unidos, no solo valora el aprendizaje de conocimientos académicos, sino también valora en alto grado las habilidades y rasgos de la personalidad de los futuros graduados.

En el Cuadro 4-18 se muestran los resultados de la valoración de estos temas valorados por el sector industrial y el sector académico, una vez que se aplicó la metodología Delphi para su obtención.

También se puede ver en los cuadros de gráficos de barras, la comparación entre la valoración del sector académico frente al sector industrial y su relativa coincidencia en el rango de calificación (Ver Gráficos 4-4 a, 4-4b, 4-4c).

El análisis del cuadro y los gráficos de los resultados del Delphi aplicado en Estados Unidos, sugiere las siguientes conclusiones:

- Los principales 25 temas de formación mejor valorados por los sectores académico y universitario incluyen la formación en conocimientos, habilidades y personalidad; categorías que aunque no están separadas en el estudio se pueden identificar claramente. Por tanto hace falta hacer una clasificación por estas tres categorías.
- Sin embargo, la mayoría de los requerimientos de los dos sectores que se valoran más en la formación, corresponden a la categoría de conocimientos, seguidos del desarrollo de habilidades y finalmente, las características de la personalidad de los futuros graduados de Ingeniería Industrial (Ver Cuadro 4-18).
- Otro aspecto importante es el que varios temas han sido clasificados en dos o hasta en tres categorías (Ver Cuadro 4-19), ya que su formación implica el aprendizaje de conocimientos para luego poder desarrollar habilidades que demandan un rasgo determinado en la personalidad del futuro graduado. De este mismo análisis, se advierte que aquellos temas clasificados como una combinación de conocimientos y habilidades, se relacionan directamente con temas inherentes al aprendizaje de CIM así como explícitamente está señalado el tema de CIM y Lean enterprise.
- Por tanto, la enseñanza y aprendizaje de CIM está priorizada en el grupo superior de los temas considerados importantes en la formación de los ingenieros industriales (con una valoración del 83.5% como promedio para ambos sectores).

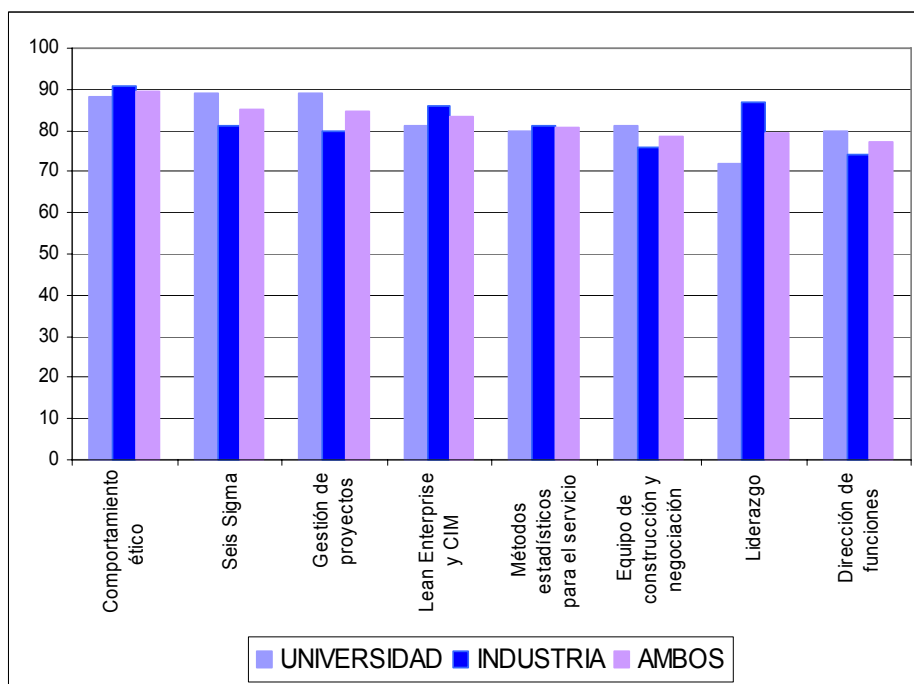


Gráfico 4-4a. Valoración de temas de formación por sectores

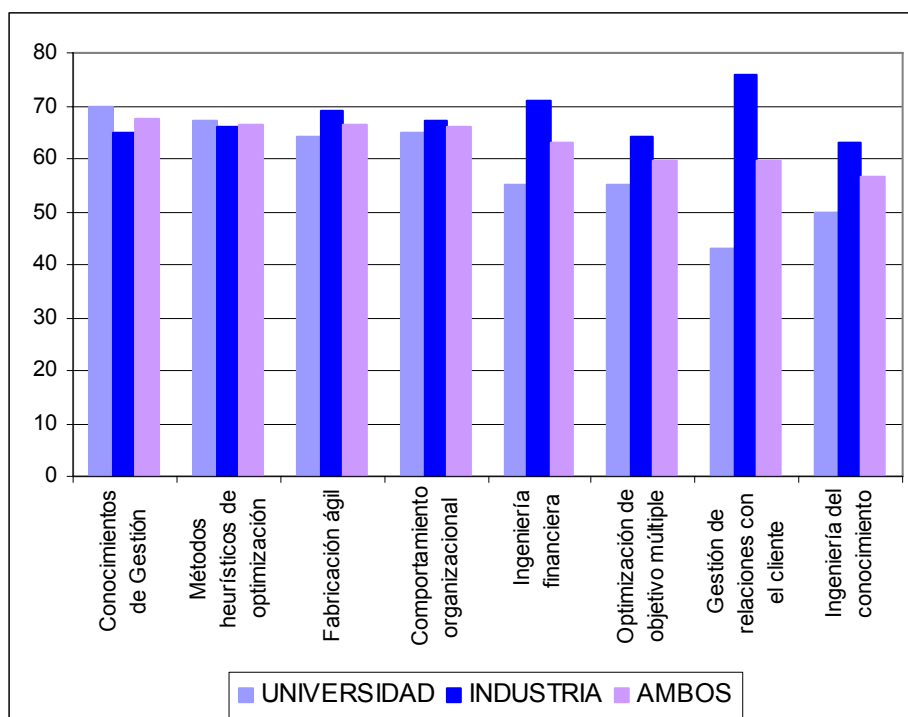


Gráfico 4-4b. Valoración de temas de formación por sectores

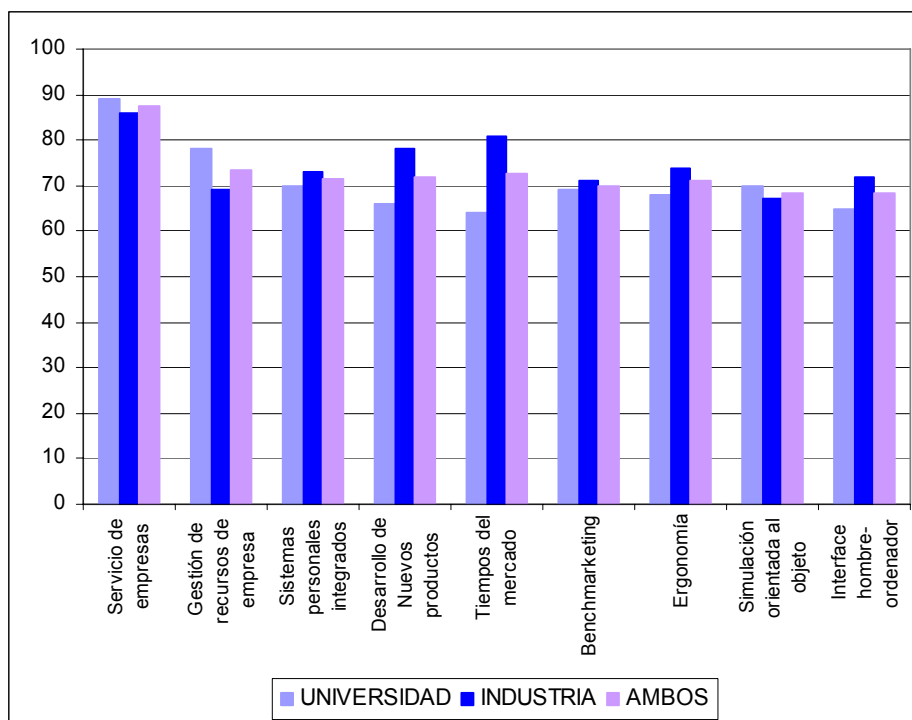


Gráfico 4-4c. Valoración de temas de formación por sectores

Nº	TEMAS DE FORMACIÓN	Clasificación de temas por categoría		
		CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	PERSONALIDAD
1	Comportamiento ético			X
2	Servicio de empresas	X	X	X
3	Seis Sigma	X		
4	Gestión de proyectos	X	X	
5	Lean Enterprise y CIM	X	X	
6	Métodos estadísticos para el servicio	X	X	
7	Liderazgo		X	X
8	Equipo de construcción y negociación		X	X
9	Dirección de funciones	X	X	
10	Gestión de recursos de empresa	X	X	
11	Tiempos del mercado	X		
12	Desarrollo de Nuevos productos	X		
13	Sistemas personales integrados	X		
14	Ergonomía	X		
15	Benchmarking	X	X	
16	Simulación orientada al objeto	X		
17	Interface hombre-ordenador	X	X	X
18	Conocimientos de Gestión	X	X	
19	Métodos heurísticos de optimización	X	X	
20	Fabricación ágil	X		
21	Comportamiento organizacional	X		
22	Ingeniería financiera	X		
23	Optimización de objetivo múltiple	X		
24	Gestión de relaciones con el cliente	X	X	X
25	Ingeniería del conocimiento	X	X	
<b>Total</b>		<b>22</b>	<b>13</b>	<b>6</b>

Cuadro 4-19. Temas de formación por categoría

- Por otra parte, según los resultados del método Delphi realizado en Estados Unidos (líder mundial en uso de aplicaciones CIM), los temas de formación para la carrera de ingeniería industrial más valorados por el sector industrial y por el sector académico, coinciden con temas dedicados a la formación y especialización en la tecnología CIM.

Por tanto, estos criterios son válidos para tomar en cuenta estos temas para identificar los contenidos curriculares para la enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM.

En el gráfico a continuación, se muestra la correlación de los temas priorizados en la consulta, con los componentes necesarios para un sistema CIM (Ver Figura 4-9).

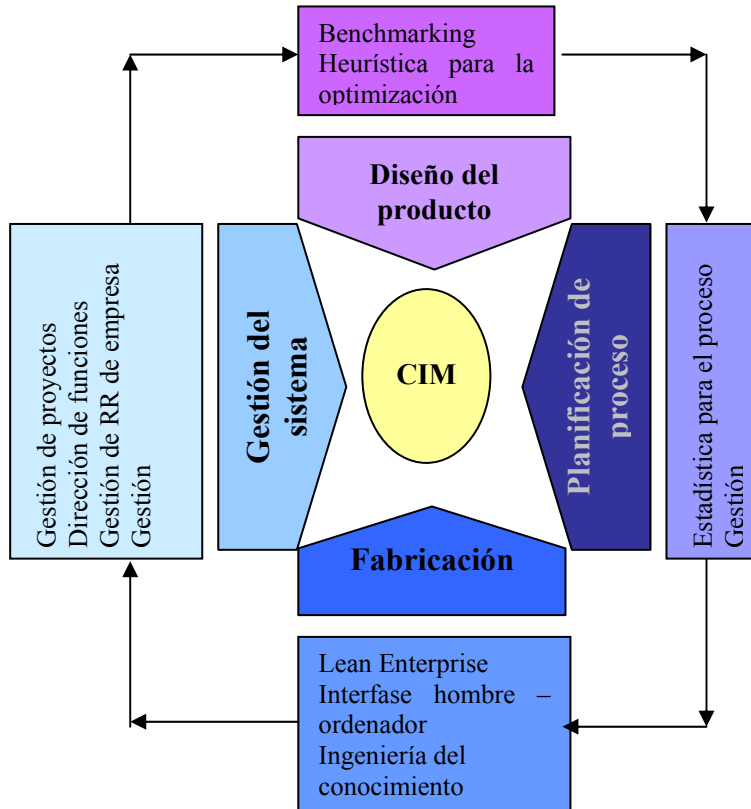


Figura 4-9. Correlación de temas de formación con un sistema CIM

#### 4.5.2 Pautas para la Organización de contenidos curriculares según criterio del sector académico

Con el objetivo de organizar los contenidos curriculares de referencia (para la propuesta de diseño curricular) se tomará en cuenta el punto de vista del sector académico, ya que son los profesionales adecuados para calificar los contenidos con criterios didácticos y tecnológicos. Así, se han considerado dos fuentes de información:

- a) Universidades que imparten la carrera de Ingeniería Industrial o equivalente, en España.
- b) Claustro de profesores de Ingeniería Industrial del IQS (caso de estudio).

La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas, en formularios electrónicos y preguntas complementarias en entrevistas individuales.

En el caso de las universidades que imparten la carrera de Ingeniería Industrial, se tratan un total de 44 universidades<sup>41</sup>, que son las más representativas de España para la zona geográfica de estudio elegida. Siendo las carreras afines a Ingeniería Industrial las siguientes carreras: Ingeniería en Organización Industrial, Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial, Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería de Diseño y Fabricación e Ingeniería de Organización de Operaciones.

Por otra parte, los profesores de la Universidad Ramón Llull (IQS) que imparten cursos en la carrera de Ingeniería Industrial, son 12 profesores de asignaturas relacionadas con la enseñanza de la tecnología CIM y pertenecen a tres departamentos distintos: Ingeniería Industrial, Ingeniería Química.

### **Resultados de Encuesta a universidades de España**

Con el objetivo de identificar las pautas que guiarán la organización de los contenidos, considerados prioritarios por el sector académico (89 profesionales que representan a las 43 universidades de España encuestadas) para la formación de estudiantes en la tecnología CIM, se elaboró una encuesta.

La encuesta se dividió en tres partes, descritas a continuación. Previo al análisis de las tres partes, es necesario corroborar que la elección de la muestra a ser encuestada, se relaciona con la problemática de la tesis doctoral, para lo que se plantea una pregunta orientada a conocer el criterio de los representantes de las carreras a ser encuestadas, sobre la relación entre la enseñanza de CIM y la carrera universitaria a la que representa (Ver Cuadro 4-20).

Pregunta	Correlación			
	alta	moderada	baja	nula
En qué medida se relaciona su carrera con la enseñanza de CIM?	61%	36%	3%	0%

Cuadro 4-20. Relación entre enseñanza de CIM y carreras universitarias

La primera parte, busca conocer cuál es la percepción de la enseñanza de la temática de CIM en el currículo de la carrera universitaria.

---

41 Universidad de Cádiz, Universidad de Córdoba, Universidad de Málaga, Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, Universidad de Sevilla, Universidad de Zaragoza, Universidad de Oviedo, Universidad de La Laguna, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Universidad de Cantabria, Universidad Católica de Ávila, Universidad de Burgos, Universidad de León, Universidad de Salamanca, Universidad de Valladolid, Universidad de Castilla La Mancha, Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Girona, Universidad de Lérida, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Rovira i Virgili, Universidad de Vic, Universidad Ramón Llull, Universidad de Deusto, Universidad de Mondragón, Universidad del País Vasco, Universidad de Extremadura, Universidad de La Coruña, Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo, Universidad Alfonso X El Sabio, Universidad de Nebrija, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Pontificia Comillas, Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Politécnica de Cartagena, Universidad de Navarra, Universidad de La Rioja, Universidad Jaume I, Universidad Miguel Hernández, Universidad Politécnica de Valencia.



Los resultados se pueden apreciar en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-21):

Pregunta	Respuesta	
	SI	NO
El aprendizaje de CIM es una salida profesional?	86%	14%
Valora positivamente la relación Industria y Universidad para la enseñanza de CIM?	92%	8%
Los contenidos de CIM consideran pautas de requerimientos de la industria usuaria de esta tecnología	33%	67%
Se debería impartir la enseñanza de CIM en su carrera?	95%	5%

Cuadro 4-21. Resultados sobre valoración en general de la enseñanza de CIM

La segunda parte, orienta las preguntas, para particularizar cómo debería ser la enseñanza de CIM en cuanto a oportunidad (cuándo) e intensidad (concentración y distribución de contenidos), como se ve en el siguiente cuadro de resultados (Ver Cuadro 4-22).

Pregunta	Año de formación				
	1º	2º	3º	4º	5º
En qué etapa considera oportuna la enseñanza de CIM y con qué intensidad?	2%	7%	21%	35%	35%
Sólo en curso de intensificación o especialización en el tema	5%	<b>Intensidad enseñanza</b>			
Parte de una asignatura	15%				
Dedicación completa de 1 asignatura	20%				
Varias asignaturas con dedicación parcial	18%				
Transversal a cursos superiores	42%				

Cuadro 4-22. Enseñanza de CIM en cursos y concentración de contenidos

Por otra parte, la tercera parte de la encuesta identifica los tres temas considerados más importantes e imprescindibles, según el criterio de los representantes de las universidades, para el aprendizaje de CIM.

En la encuesta (Ver Anexo 4-6) se puso a consideración una lista de tres categorías de temas de formación en CIM: Conocimientos, Habilidades y Características.

Esta lista se conformó en base a los criterios priorizados del resultado de los temas valorados por el sector académico e industrial de Estados Unidos, mediante la aplicación del método Delphi.

En el cuadro que sigue a continuación, se muestran los principales resultados de la encuesta (Ver Cuadro 4-23).

Formación necesaria de impartir para que la industria CIM valore a los futuros graduados			
Orden de prioridad	Conocimientos	Habilidades	Características
1º	CAD/CAM/CAE/CIM	Gestión de Proyectos	Liderazgo
2º	Sistemas de fabricación Flexible	Capacidad analítica y numérica	Trabajo en equipo
3º	Planificación del proceso asistido por ordenador	Capacidad para adaptar soluciones	Perspectiva Global

Cuadro 4-23. Priorización de temas para la formación en CIM por categoría

### Resultados de Encuesta a Profesores IQS

Otra consideración importante en la organización de contenidos relativos a CIM en el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial, es la valoración de los profesores de las asignaturas que se relacionan a su enseñanza en el caso de estudio. En este sentido, serán los profesores del IQS de diferentes departamentos, pero cuyas asignaturas en la teoría se relacionan con temas de enseñanza de CIM.

La encuesta preparada para tal objetivo, es un sencillo cuestionario que incide en 5 temáticas a determinar (Ver Cuadro 4-24). Por una parte los profesores valorarán si la enseñanza de CIM es necesaria en la carrera de Ingeniería Industrial. Pregunta que validará la necesidad de estudio de esta temática en el currículo elegido para su actualización.

Pregunta	SI	NO
Considera necesaria la enseñanza de CIM en la carrera de Ingeniería Industrial?	98%	2%
Considera que su asignatura es importante (prerrequisito o conocimientos previos) para el posterior estudio y aprendizaje de CIM?	80%	20%
Su asignatura se relaciona con uno o más tópicos de formación en CIM?	100%	0%
Considera necesario crear una asignatura dedicada exclusivamente a la enseñanza de CIM?	73%	27%
Considera que los contenidos relativos a CIM deben enseñarse de forma transversal en varias asignaturas, entre ellas la suya?	70%	30%

Cuadro 4-24. Valoración de la enseñanza de CIM por los profesores del caso de estudio

Otro tipo de preguntas, se orientan para conocer si cada profesor considera que su asignatura implica la enseñanza de conocimientos previos y necesarios para el aprendizaje de CIM.

El tercer grupo de preguntas aborda la relación existente entre la asignatura que imparte cada profesor y los temas necesarios para la enseñanza de CIM. El otro grupo de preguntas está referido a la forma y estructura de enseñanza de CIM, tratando de establecer criterios para valorar la posibilidad de dedicar una o más asignaturas al estudio de la tecnología CIM; así como su transversalidad al distribuir los conocimientos en los distintos niveles o cursos.

No obstante, a juicio de los profesores de asignaturas como: Dibujo y diseño industrial, Gestión de procesos, etc., deben ser considerados como requisitos indispensables y previos a la enseñanza de CIM en la carrera de Ingeniería Industrial.

Estas asignaturas son necesarias para la comprensión y posterior estudio de CIM, ya que se relacionan con más de un tema de enseñanza de tecnologías de fabricación. Por lo que se recomienda que estos temas podrían realizarse de forma transversal, es decir, distribuir sus contenidos en varias asignaturas, formando un marco lógico en el que se complementa su aprendizaje.

Finalmente, los resultados de ambas encuestas contribuyen a organizar los contenidos identificados para la enseñanza y aprendizaje de CIM, en base a los siguientes puntos:

- Todas las carreras consideradas en la encuesta tienen algún grado de relación con la enseñanza de CIM, de las que el 61% están implicadas fuertemente con la formación en CIM. Por tanto, el estudio de CIM en las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería en Organización Industrial, Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial, Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería de Diseño y Fabricación e Ingeniería de Organización de Operaciones; es adecuado.
- Los representantes de las universidades, consideran que la formación en CIM puede representar una salida profesional para los futuros graduados, de ahí la importancia de su estudio. Teniendo en cuenta, que de alguna forma se valida la elección de CIM para la aplicación del diseño de la metodología debido a su importancia. Asimismo, la mayoría de los encuestados coincide en que la relación entre la universidad y la industria usuaria de CIM es altamente positiva ya que se puede establecer un canal de comunicación de dos direcciones en la que la universidad interpreta las pautas de la industria para preparar contenidos y por otra parte, la industria aprovecha la formación de los graduados para desempeñar funciones relacionadas con CIM.
- En cuanto a la forma de enseñanza de CIM, hay una gran coincidencia en que la distribución de contenidos debe estar en los cursos superiores (3º, 4º y 5º). Además, los contenidos se deberán impartir de forma transversal en diferentes asignaturas de estos cursos sin excluir la posibilidad de incorporar una asignatura dedicada en exclusividad a su estudio.
- Complementariamente, una vez ya conocidas las pautas de la forma y oportunidad de enseñanza de CIM, se identificaron los contenidos principales clasificados en conocimientos, habilidades y características. Así los principales conocimientos son: CAD/CAM/CAE/CIM, Sistemas de Fabricación Flexible y Planificación de procesos asistidos por ordenador. Las habilidades priorizadas son en: Gestión de Proyectos, Capacidad analítica y numérica y Capacidad para adaptar soluciones. Las características priorizadas son: Liderazgo, Trabajo en equipo y Perspectiva Global.

#### **4.5.3 Organización de contenidos curriculares según características de estructura (temporalidad, duración, oportunidad, ubicación, didáctica, etc.)**

Considerando los resultados anteriores, el siguiente paso a seguir es la organización de los contenidos curriculares en un marco lógico, para lo que es necesaria la identificación de los segmentos de clientes. Cabe recordar que, el diseño de la

metodología y su aplicación, se basa en la interacción de los clientes externos e internos denominados evaluadores (estudiantes, universidades, empresa industrial).

La herramienta elegida para lograr este propósito es la Tabla de Segmentación del Cliente (Zultner y Mazur, 1996). Mediante la aplicación de esta herramienta (Ver Cuadro 4-25) se obtuvieron los siguientes resultados.

A partir de las respuestas a preguntas guía (de sentido y objetivo), se han identificado dos segmentos claros de clientes: por una parte se trata del sector académico y por otra del sector de la empresa industrial. Ambos sectores responden a las siguientes características de segmentación:

- Para atender el objetivo principal de la actualización del currículo de ingeniería Industrial para reforzar contenidos de formación en CIM, los Directores de carreras universitarias pueden aplicar la metodología propuesta y convertir la formación especializada en CIM en una herramienta para que los futuros graduados se beneficien de contar con una herramienta útil para su colocación en puestos de trabajo.

Idealmente esta formación en CIM se debería concentrar en los últimos años de la carrera (3º, 4º y 5º año) y sus contenidos estarán referidos al aprendizaje y desarrollo de: conocimientos, habilidades y características personales; que la industria valora como importantes para su desenvolvimiento en CIM ya que existe una demanda de personal (cualificado en CIM) aún insatisfecha.

- Otro claro segmento es el de las empresas industriales que en el caso de análisis de esta tabla de segmentación, está representada por el departamento de recursos humanos que está encargado de la contratación de personal cualificado en la tecnología CIM.

Este departamento está motivado a colaborar en la aplicación de la metodología porque se ha convencido que en la medida que ellos se impliquen en la formación de profesionales con formación acorde a sus necesidades, la probabilidad de contratar a personal idóneo es mayor y por tanto, la eficiencia de su sistema de producción también tendería a mejorar.

La formación podría impartirse en los últimos cursos de la carrera de Ingeniería Industrial (según criterio del sector académico) o también podría darse en la etapa de ejercicio laboral, una vez que se ha contratado al profesional en la industria y se decide invertir en él en su capacitación.

Por otra parte, hay una coincidencia con lo expresado por el otro segmento de clientes, en cuanto a la institución idónea para la formación del profesional, que es la universidad pero con un énfasis en la realización de prácticas en industrias reales para facilitar la inserción y adaptación.

Finalmente, la razón por la cuál se ha dedicado este estudio de CIM es porque es una tecnología de plena vigencia y proyección al futuro, estratégica en el sector industrial.

Por lo que se considera que la mejor forma en la que se debe aplicar la metodología es en un proceso que involucre las opiniones del sector industrial y educativo por la potencial alianza estratégica para el desarrollo de competencias en CIM.

Objetivos del diseño de la metodología propuesta	¿Quién? (Usaría la metodología)	¿Quién? (se beneficia con la metodología)	Qué? (Hace la metodología si la aplica)	Cuándo? (aplicaría la metodología)	Dónde? (aplicaría la metodología)	Por qué? (quiere aplicar la metodología)	Cómo? (aplica la metodología)	Clave
<b>Formación de ingenieros industriales solventes en tecnología CIM</b>	Directores de carrera (42%)	Industria usuaria de CIM (38%)	Mejorar la eficiencia de la empresas (incremento de beneficios y utilidades) (30%)	de 3° año a 5° año de Ingeniería Industrial (70%)	Centros de formación universitarios a nivel Ingeniería (50%)	CIM es una tecnología del presente y futuro (35%)	Consulta al sector industrial usuario de CIM (conocimientos, habilidades y características) (30%)	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Actualización del currículo de ingeniería Industrial para reforzar contenidos de formación en CIM</b>	Profesores de asignaturas relacionadas con CIM (35%)	Estudiantes (futuros graduados de Ingeniería Industrial) (45%)	Reducir la curva de aprendizaje (20%)	Posterior al egreso de estudiantes como postgrado de especialidad (15%)	Centros de formación para la capacitación de trabajadores en las empresas (15%)	Demanda insatisfecha de profesionales cualificados en CIM (35%)	Consulta al sector académico (conocimientos, habilidades y características) (30%)	<input type="checkbox"/>
<b>Identificación y Organización de contenidos CIM en el currículo</b>	Deptos. De Recursos Humanos de indsutrias CIM (13%)	Fabricantes de laboratorios didácticos para la enseñanza de CIM (17%)	Constituirse como ventaja competitiva frente a otros profesionales (10%)	Cuando ejerce su profesión en fuente de trabajo (15%)	Fábricas de laboratorios dedicados a la enseñanza de tecnología CIM (10%)	Captar mayor cantidad de estudiantes (beneficios para la universidad) (10%)	Correlación de respuestas a consultas de sectores académicos e indsutriales (30%)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Jefes de proyectos CIM que necesitan incorporar personal especializado (10%)		Convertir la formación en herramienta de colocación en el mercado laboral de tecnologías de fabricación (35%)		Cualquier currículo a ser actualizado (25%)	Liderar oferta de cualificación profesional en CIM (20%)	Consulta a los estudiantes, futuros graduados (interés, aptitud, valoración) (10%)	<input type="checkbox"/>

Cuadro 4-25. Tabla de Segmentación de Clientes del diseño de la Metodología propuesta

De esta forma, las pautas para la organización de los contenidos de actualización del currículo respecto a la tecnología CIM, son las siguientes:

1. **Objetivos**

- Actualización del currículo de ingeniería Industrial para reforzar contenidos de formación en CIM.
- Incrementar los beneficios de la empresa industrial CIM, a través de una estrategia basada en la cualificación de los recursos humanos
- Formación de ingenieros industriales solventes en tecnología CIM
- Identificación y Organización de contenidos CIM en el currículo, considerando criterios del sector académico e industrial

2. **Producto a desarrollar**

- Currículo del Ingeniero Industrial, cuyos contenidos se ajustan a las necesidades de la industria usuaria de CIM.

3. **Segmentación de los Clientes**

- Sector Industrial usuario (o potencial usuario) de la tecnología CIM.
- Sector académico, interesado en ofrecer formación con salidas reales en la industria.

4. **Beneficiados**

- Estudiantes, futuros graduados con amplias expectativas de colocación laboral en la industria CIM.
- Empresas industriales CIM, que pueden incrementar sus utilidades ya que sus profesionales especializados en CIM pueden mejorar la eficiencia del sistema.

5. **Beneficios**

- Reducción de la curva de aprendizaje.
- Liderazgo del mercado basado en estrategia de cualificación de recursos humanos
- Colaboración Universidad – Empresa

6. **Temporalidad (cuándo se sugiere incidir en la formación en CIM)**

- 3º, 4º y 5º año
- Una vez graduados en el ejercicio de labores tecnológicas relacionadas con CIM (capacitación en fuente de trabajo).

7. **Modalidad de enseñanza de contenidos CIM**

- Asignatura transversal a los últimos años
- Asignatura de dedicación completa
- Varias asignaturas con dedicación parcial
- Laboratorios complementarios a las asignaturas teóricas

8. **Lugar para la enseñanza**

- Centros de formación a nivel universitario

- Programas de capacitación para la especialización puntual, en las mismas empresas industriales.

#### 9. **Motivos para la enseñanza de CIM**

- Tecnología de actualidad y proyección futura
- Acercamiento entre empresa y universidad con el objetivo de asegurar colocación laboral e incrementar la eficiencia de sistemas de gestión CIM que repercuten en las utilidades de la empresa.

#### 10. **Medios para lograr la aplicación de la metodología**

- Consulta de necesidades del sector industrial usuario de CIM
- Consulta de necesidades del sector académico para la enseñanza de CIM
- Correlación de criterios de ambos sectores para la determinación de los contenidos de enseñanza idóneos de CIM.

#### 11. **Organización de los contenidos de CIM**

- Conocimientos, Habilidades y Características personales, mejor valorados en los futuros graduados de Ingeniería Industrial por parte del sector industrial (usuario de CIM) y por parte del sector académicos (desde su punto de vista didáctico).
- Conocimientos: CAD/CAM/CAE/CIM, Sistemas Flexibles de Fabricación, Planificación del proceso asistido por ordenador.
- Habilidades: Gestión de Proyectos, Capacidad analítica y numérica, Capacidad para adaptar soluciones.
- Características: Liderazgo, Trabajo en equipo, Perspectiva Global
- Ética: Comportamiento ético, ética industrial

#### 12. **Contenidos temáticos orientadores**

- CAD, CAM, CAE. MRP, ERP, CIM
- Protocolos de comunicaciones informáticas
- Soporte para la toma de decisiones
- Procesos automatizados
- Gestión de proyectos
- Gestión total de la calidad
- Programación y representación de procesos

### **4.6 Fase III – Etapa I: Correlación**

La Fase de correlación es la parte más importante de este diseño de metodología, pues se organizan todos los resultados de las etapas anteriores, en cuanto a la información coleccionada de las fuentes del sector académico y del sector industrial; y se correlacionan con el objetivo de perfilar un currículo cuyos contenidos para la enseñanza y aprendizaje de CIM responden a necesidades de la industria usuaria de CIM, a criterios didácticos y a intereses de los estudiantes.

Para correlacionar los anteriores resultados se combinarán dos herramientas para el tratamiento de información: el método Delphi Modificado (Rotatorio) y el Despliegue

de la Función de Calidad (QFD). Ambas herramientas afinarán los resultados y correlaciones hasta obtener el perfil del currículo para la enseñanza de CIM.

Como ya se ha descrito en el capítulo 3 de esta tesis, la metodología QFD se estructura a partir de matrices cuadradas y en cada una se valora la correlación entre sus abscisas y ordenadas. El resultado de una matriz puede ser utilizado como las ordenadas de una nueva matriz para luego poder correlacionar otros pares de criterios (de forma consecutiva e indefinida) hasta obtener un resultado final más ajustado a las necesidades de los objetivos de la investigación.

Este diseño de metodología ha considerado necesario el uso de siete matrices que afinan y ajustan el objetivo final de diseñar el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial dedicado al estudio de la tecnología CIM.

A continuación, de forma general, se mencionan los principales cálculos que se aplican en el tratamiento y correlación de la información de las siete matrices QFD.

La calificación de las correlaciones de los conceptos X e Y, será realizada por dos grupos de expertos conformados por representantes del sector académico y del sector industrial, respectivamente.

El grupo de expertos del sector académico está conformado por directores de carrera, jefes de estudio, profesores, o autoridades relacionados con la carrera de ingeniería industrial o equivalentes (en las que se imparte formación en la tecnología CIM en el ámbito nacional). Por su parte, el grupo de expertos del sector académico, lo conforman representantes de empresas industriales usuarias de CIM.

Las opiniones de ambos grupos, fueron clasificadas y valoradas según los pasos definidos en el diseño de la metodología. En primer lugar, la información (recabada de fuente directa) fue expresada por el valor de su frecuencia; para poder sintetizar las ponderaciones en una única calificación que represente a los dos grupos de expertos y que corresponda a la escala ya definida.

De ambos grupos, se obtendrá el valor modal para cada una de las 100 correlaciones (matriz 10x10). Adicionalmente, para dar mayor valor agregado al análisis de las correlaciones; se compararán las respuestas (del ámbito nacional) con las respuestas del profesor L. Rabelo (jefe del grupo de investigación que reconfiguró el currículo de Ingeniería Industrial del sistema universitario de Estados Unidos); que de alguna forma representa la realidad de un país líder de las aplicaciones de la tecnología CIM.

Esta comparación, será de utilidad para comparar las diferentes tendencias en el desarrollo curricular, entre ambos países (España y Estados Unidos).

Siguiendo con la metodología de calificación y el tratamiento de la información, es necesario tomar en cuenta que cada experto tuvo que asignar 100 calificaciones (con valores de 0, 1, 3 ó 9) a cada matriz (de un total de 7 matrices) que correlaciona dos diferentes grupo de conceptos (denominados X e Y).

Al mismo tiempo, son trece expertos (6 del sector empresarial y 7 del sector académico) quienes califican 700 correlaciones, haciendo un total de 9100 calificaciones que deben ser resumidas de la mejor forma posible.

Aunque son muchas calificaciones, este gran número es necesario para asegurar resultados válidos, precisos y representativos, por lo que se plantea un tratamiento estadístico del cálculo de índices de tendencia central.



En este caso se eligió calcular la Moda [1] porque es el valor que representa la máxima frecuencia en una serie estadística.

$$Md = L_{i-1} + \frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i+1})} * a_i \quad [1]$$

Donde:

Md: Moda

$L_{i-1}$ : Límite inferior de la clase modal

$f_i$ : Frecuencia absoluta de la clase modal

$f_{i-1}$ : Frecuencia absoluta inmediatamente inferior a la clase modal.

$f_{i+1}$ : Frecuencia absoluta inmediatamente posterior a la clase modal.

$a_i$ : Amplitud de la clase modal.

De forma tal, que finalmente se construyan siete matrices con sus calificaciones calculadas por valores modales.

Dado que los expertos solo pueden calificar con la escala cerrada, ya mencionada, la moda representará la calificación que más se repita, pues no serviría calcular valores medios, porque la fortaleza del método de calificación se basa en la diferenciación para poder priorizar con mayor claridad las correlaciones más directas.

Como ya se ha descrito en este mismo capítulo en el acápite 4.2, la composición del grupo de expertos es una muestra representativa de las instituciones (mercado laboral y universidades) más importantes para el entorno de actuación del futuro graduado de Ingeniería Industrial.

#### **4.6.1 Primera Matriz QFD: Correlación entre la valoración del perfil profesional y las temáticas estudiadas en CIM**

Como se mencionó en el anterior punto, el primer paso para realizar el proceso de correlaciones es definir el objetivo de las correlaciones de esta primera matriz QFD que es identificar cuáles son las temáticas (obtenidas a partir de resultados anteriores en consulta al sector académico) que inciden de forma directa en el perfil profesional que el sector industrial (usuario de CIM) valora en el personal que podría incorporar en su empresa.

El diseño de la matriz, ha considerado 10 criterios de entrada (a ser correlacionados) tanto en el eje X como en el Y, que se detallan a continuación:

##### **Eje X: Perfil profesional basado en el desarrollo de conocimientos, habilidades y características personales**

###### *Conocimientos*

X<sub>1</sub>: Herramientas asistidas por Ordenador (CAD, CAM, CAE, CAPP, Rapid prototyping, Rapid tooling, etc.)

X<sub>2</sub>: Herramientas para la toma de decisiones

X<sub>3</sub>: Tecnologías de integración

###### *Habilidades*

X<sub>4</sub>: Habilidades computacionales

X<sub>5</sub>: Capacidad en Investigación analítica / cuantitativa

X<sub>6</sub>: Habilidades para comunicarse y expresarse verbal y de escritura técnica

X<sub>7</sub>: Capacidad para adaptar soluciones a problemas no previsibles

*Características personales o rasgos de la personalidad*

X<sub>8</sub>: Empatía (capacidad de ponerse en la situación de los demás) y liderazgo

X<sub>9</sub>: Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión

X<sub>10</sub>: Capacidad de análisis crítico y creativo

**Eje Y: Temáticas que orientan la configuración de contenidos específicos necesarios para el estudio de CIM en el currículo de Ingeniería Industrial**

Y<sub>1</sub>: Procesos, Recursos humanos, recursos materiales, económicos, etc.

Y<sub>2</sub>: Tecnologías de Fabricación.

Y<sub>3</sub>: Infraestructura y organización de recursos.

Y<sub>4</sub>: Gestión y control de herramientas para fabricación, planificación, programación y otros asistidos por ordenador.

Y<sub>5</sub>: Gestión y control de información para la ingeniería.

Y<sub>6</sub>: Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento

Y<sub>7</sub>: Gestión y aseguramiento de la Calidad

Y<sub>8</sub>: Integración empresarial y de procesos vertical y horizontal asistida por ordenador

Y<sub>9</sub>: Organización de la producción

Y<sub>10</sub>: Gestión de la organización empresarial

En esta primera matriz, los expertos deberán correlacionar las características deseadas (por el mercado laboral) en el perfil de un ingeniero industrial con las temáticas o temas necesarios para potenciar dicho perfil profesional.

Los resultados de las correlaciones de ambos grupos de expertos (industrial y académico) del ámbito nacional, expresados en su valor modal, son los siguientes (Ver Cuadro 4-26):

		Valoración del perfil									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Temáticas guía de contenidos CIM	Y1	1	9	3	3	1	9	9	9	9	3
	Y2	9	3	3	3	3	3	9	1	3	3
	Y3	3	9	1	3	3	3	9	3	9	9
	Y4	9	3	9	9	3	3	3	1	3	3
	Y5	9	9	9	9	3	3	3	9	3	3
	Y6	3	3	9	3	3	3	9	9	3	9
	Y7	3	3	9	3	3	1	9	3	3	3
	Y8	9	3	9	3	3	3	9	9	3	9
	Y9	9	3	9	3	3	9	9	3	9	9
	Y10	3	9	9	3	3	9	9	9	9	9

Cuadro 4-26. Moda de las Respuestas de la 1ª Matriz (Casa de Calidad), grupo de expertos

Para comprender mejor la interpretación del cuadro anterior de respuestas, se analizará un ejemplo.

La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación  $X_1Y_1$  y su calificación ha sido de 1; es decir, que la correlación entre  $X_1$  (Herramientas asistidas por Ordenador: CAD, CAM, CAE, CAPP, Rapid prototyping, Rapid tooling, etc.) e  $Y_1$  (Procesos, Recursos humanos, recursos materiales, económicos, etc.) es débil.

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los participantes del grupo de expertos, que representan a los sectores industrial y académico; consideran que tienen poca relación o influencia los *conocimientos y habilidades en herramientas asistidas por ordenador* como CAD con el estudio de temas relacionados con *los recursos humanos, recursos materiales, financieros; etc.*

O de otra forma, se interpreta, que el estudio de temas como *recursos humanos, recursos materiales, financieros; etc.* tiene una débil correlación en el desarrollo de conocimientos y habilidades relativas al uso de *herramientas asistidas por ordenador* como CAD, CAM, CAE, etc.

En términos generales, se puede apreciar que ninguna de las 100 correlaciones ( $X_i$   $=1, \dots, 10$ ;  $Y_j$   $=1, \dots, 10$ ) tiene una calificación de 0, lo que indica que los valores de entrada iniciales (conceptos correspondientes a las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial y a los temas relacionados con el estudio de CIM) tienen alguna incidencia y que la selección de conceptos (a partir de resultados de la aplicación de otras herramientas) ha sido adecuada.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-27) se puede diferenciar claramente, la jerarquía de correlación, para la que se han establecido previamente los valores de calificación: 0, 1, 3 y 9.

		Valoración del perfil									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Temáticas guía de contenidos CIM	Y1	1	9	3	3	1	9	9	9	9	3
	Y2	9	3	3	3	3	3	9	1	3	3
	Y3	3	9	1	3	3	3	9	3	9	9
	Y4	9	3	9	9	3	3	3	1	3	3
	Y5	9	9	9	9	3	3	3	9	3	3
	Y6	3	3	9	3	3	3	9	9	3	9
	Y7	3	3	9	3	3	1	9	3	3	3
	Y8	9	3	9	3	3	3	9	9	3	9
	Y9	9	3	9	3	3	9	9	3	9	9
	Y10	3	9	9	3	3	9	9	9	9	9

Cuadro 4-27. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 1ª Matriz

De este cuadro, se obtienen las siguientes puntualizaciones:

- El 40% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 54% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 6% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca

- No existen correlaciones nulas (0)

Por otra parte, el detalle de cada una de las correlaciones, analizadas por grupos de comparación, es el siguiente:

- La correlación  $X_1Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Herramientas asistidas por Ordenador Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **muy notable** en el logro del desarrollo de las habilidades y conocimientos de las Herramientas asistidas por ordenador (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_2Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Herramientas para la toma de decisiones Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **notable** en el logro del desarrollo de las habilidades y conocimientos de las Herramientas para la toma de decisiones (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Tecnologías de integración Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Alta.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **trascendental** en el logro del desarrollo de las habilidades y conocimientos de las Herramientas para la toma de decisiones (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Habilidades computacionales Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **regularmente notable** en el logro del desarrollo de habilidades computacionales (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_5 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Capacidad en Investigación analítica / cuantitativa Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **notable** en la Capacidad en Investigación analítica / cuantitativa (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_6 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Habilidades de comunicación verbal y escritura técnicas Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **notable** en el desarrollo de Habilidades de comunicación verbal y escritura técnicas (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Capacidad para adaptar soluciones a problemas no previsibles Vs. Procesos y Recursos, ... , Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Alta.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **trascendental** en el logro del desarrollo de la Capacidad para adaptar soluciones a problemas no previsibles (característica identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Empatía y liderazgo Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Moderadamente alta.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **muy notable** en el desarrollo de la empatía y liderazgo (característica personal identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: media.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad,

Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **notable** en el desarrollo de la Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión (característica personal identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

- La correlación  $X_{10}Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Capacidad de análisis crítico y creativo Vs. Procesos y Recursos, ..., Gestión empresarial) ha sido calificada por los expertos con una calificación: media-alta.

Es decir; que el estudio de temas referidos a: Procesos y recursos, Tecnologías de fabricación, Infraestructura, Gestión y control de herramientas para la producción, Gestión y control de información, Seguridad y mantenimiento, Calidad, Integración empresarial, Organización de la producción y Gestión empresarial, influyen de forma **muy notable** en el desarrollo de la Capacidad de análisis crítico y creativo (característica personal identificada como importante en el perfil del Ingeniero Industrial).

Finalmente el cuadro muestra, que a partir de las correlaciones más fuertes, los temas que se deberán tomar en cuenta para el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Industrial; para que sus graduados sean solventes en la tecnología CIM, son los siguientes:

- $Y_{10}$  “Gestión de la organización empresarial”, ya que su estudio permitirá fortalecer conocimientos de Herramientas para la toma de decisiones ( $X_2$ ), Tecnologías de integración ( $X_3$ ); asimismo el desarrollo de habilidades de Comunicación en lenguaje técnico ( $X_6$ ), Adaptación de soluciones a problemas no previsibles ( $X_7$ ); como también rasgos personales como la Empatía y liderazgo ( $X_8$ ), Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión ( $X_9$ ) y Capacidad de análisis crítico y creativo ( $X_{10}$ ).
- $Y_9$  “Organización de la producción”, ya que su estudio permitirá fortalecer conocimientos de Herramientas asistidas por Ordenador ( $X_1$ ), Tecnologías de integración ( $X_3$ ); asimismo el desarrollo de habilidades de Comunicación en lenguaje técnico ( $X_6$ ), Adaptación de soluciones a problemas no previsibles ( $X_7$ ); como también rasgos personales como la Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión ( $X_9$ ) y Capacidad de análisis crítico y creativo ( $X_{10}$ ).
- $Y_8$  “Integración empresarial y de procesos”, ya que su estudio permitirá fortalecer conocimientos de Herramientas asistidas por Ordenador ( $X_1$ ), Tecnologías de integración ( $X_3$ ); asimismo el desarrollo de habilidades de capacidad de Adaptación de soluciones a problemas no previsibles ( $X_7$ ); como también rasgos personales como la Empatía y liderazgo ( $X_8$ ) y Capacidad de análisis crítico y creativo ( $X_{10}$ ).
- $Y_5$  “Gestión y control de información para la ingeniería”, ya que su estudio permitirá fortalecer conocimientos de Herramientas asistidas por Ordenador ( $X_1$ ), Herramientas para la toma de decisiones ( $X_2$ ), Tecnologías de integración ( $X_3$ ); asimismo el desarrollo de habilidades Computacionales ( $X_4$ ); como también rasgos personales como la Empatía y liderazgo ( $X_8$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados. Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no.

Así, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-5). En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones.

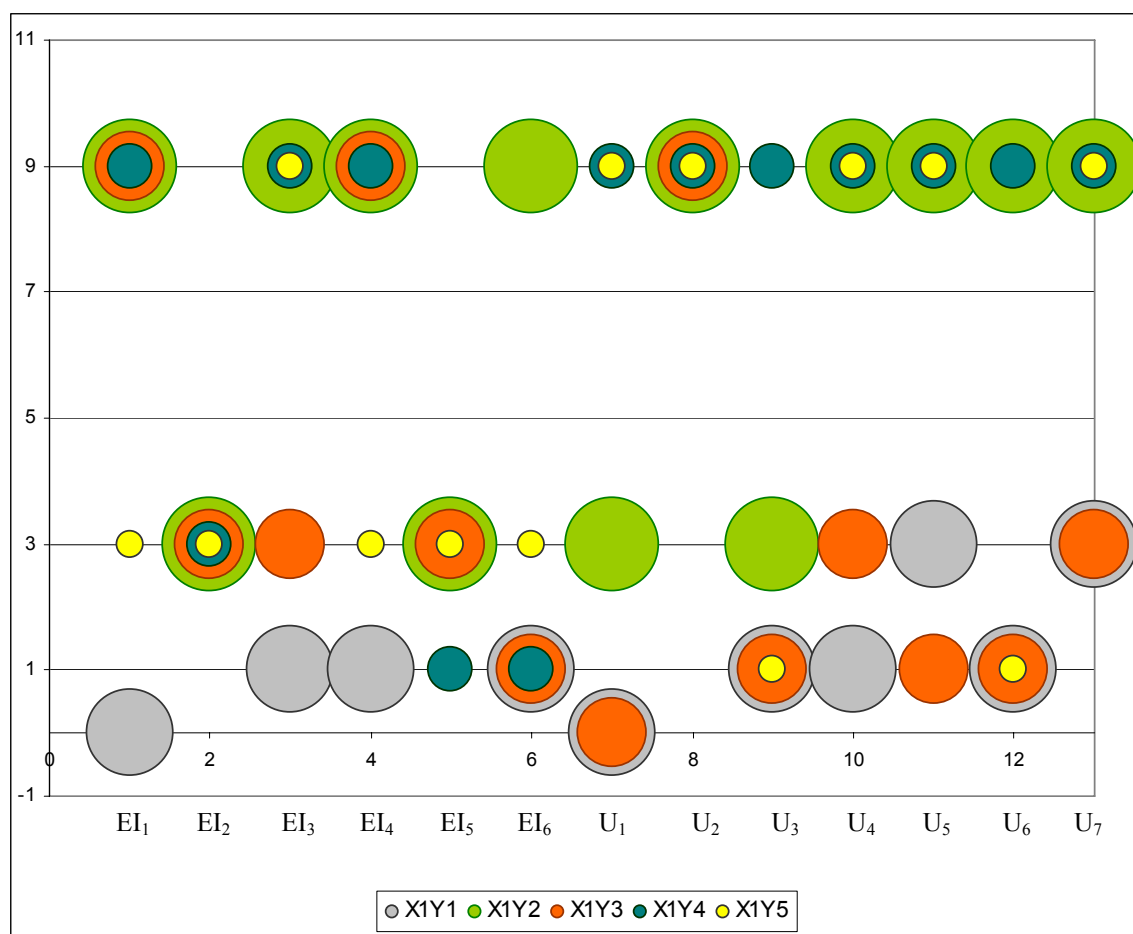


Gráfico 4-5. Concentración de calificaciones de respuestas - 1ª Matriz

Donde:

EI<sub>1</sub>: Empresa Industrial N° 1

EI<sub>n</sub>: Empresa Industrial n; n= 1,..., 6

U<sub>1</sub>: Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1,..., 7

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos (Ver Cuadro 4-28):

		Valoración del perfil (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Temáticas guía de contenidos CIM	Y1	1	3	1	9	3	9	3	9	9	9
	Y2	3	1	9	3	3	0	3	0	0	0
	Y3	0	3	1	1	3	3	9	1	1	1
	Y4	1	9	1	1	1	3	3	3	3	3
	Y5	0	3	1	1	1	9	9	9	9	9
	Y6	1	1	3	1	0	3	3	3	3	3
	Y7	0	3	3	1	1	9	3	3	3	3
	Y8	3	1	9	3	1	0	1	1	1	1
	Y9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	3
	Y10	0	9	3	1	9	9	9	9	9	9

Cuadro 4-28. Respuestas de la 1ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-29), en el que se advierte claramente que hay una gran coincidencia de los mismos valores y que las semejanzas en el rango de calificación de valores medios también es alto, siendo una minoría los valores que tienen una divergencia amplia de calificación y un único resultado totalmente opuesto.

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre los temas, considerados indispensables para la formación en tecnología CIM:

- En Estados Unidos, el tema, cuyos contenidos se han valorado positivamente, es la Gestión de la organización industrial (Y<sub>10</sub>), que contribuye al desarrollo de habilidades relativas a Capacidad en Investigación analítica / cuantitativa (X<sub>5</sub>), Comunicación en lenguaje técnico (X<sub>6</sub>), Adaptación de soluciones a problemas no previsibles (X<sub>7</sub>); como también rasgos personales como la Empatía y liderazgo (X<sub>8</sub>), Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión (X<sub>9</sub>) y Capacidad de análisis crítico y creativo (X<sub>10</sub>).
- También se observa una mayor correlación en las habilidades y rasgos personales, que a juicio de los académicos de Estados Unidos son los factores más importantes para determinar las temáticas a se estudiadas en el aprendizaje de CIM.

Por tanto, del análisis de la comparación de los dos cuadros de resultados, se concluye que hay una mayoría de coincidencia en las calificaciones, ya que para ambos ámbitos geográficos; uno de los temas más importantes para el aprendizaje de CIM es la Gestión de la organización empresarial; seguida de la organización de la producción.

En particular estos dos temas pueden abarcar contenidos que refuerzan el desarrollo de conocimientos, habilidades y características personales; principalmente centrados en el estudio de Herramientas asistidas por Ordenador (CAD, CAM, CAE, CAPP, Rapid prototyping, Rapid tooling, etc.), Habilidades para comunicarse y expresarse verbal y de escritura técnica, Capacidad para adaptar soluciones a problemas no previsibles, Empatía (capacidad de ponerse en la situación de los demás) y liderazgo, Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión y en la Capacidad de análisis crítico y creativo.

Esta es la conclusión, de la primera matriz, que deberá tomarse en cuenta para el diseño curricular para el estudio de CIM.



		Valoración del perfil (comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Temáticas guía de contenidos CIM	Y1	1	9-3	3-1	9-3	3-1	9	9-3	9	9	9-3
	Y2	9-3	3-1	9-3	3	3	3-0	9-3	1-0	3-0	3-0
	Y3	3-0	9-3	1	3-1	3	3	9	3-1	9-1	9-1
	Y4	9-1	9-3	9-1	9-1	3-1	3	3	3-1	3	3
	Y5	9-0	9-3	9-1	9-1	3-1	9-3	9-3	9	9-3	9-3
	Y6	3-1	3-1	9-3	3-1	3-0	3	9-3	9-3	3	9-3
	Y7	3-0	3	9-3	3-1	3-1	9-1	9-3	3	3	3
	Y8	9-3	3-1	9	3	3-1	3-0	9-1	9-1	3-1	9-1
	Y9	9-3	3	9-3	3	9-3	9-3	9-3	3	9-3	9-3
	Y10	3-0	9	9-3	3-1	9-3	9	9	9	9	9

Cuadro 4-29. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 1ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

### Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Primera Matriz

Finalmente, el análisis de correlación se completó con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y).

Como se explicó en el anterior capítulo, este método permite eliminar el sesgo cuando se trabaja con dos grupos distintos de expertos.

El tratamiento en la primera matriz, consiste en aplicar el método que propone, que el primer grupo de expertos correspondiente al sector académico (en el rol de productor) califique cada concepto referido al conjunto de conocimientos, habilidades y rasgos de la personalidad (aquellos que son mejor valorados en el perfil de un Ingeniero Industrial).

Las calificaciones se asignaron en una escala del 0% al 100%, de tal forma que los diez conceptos (X<sub>1</sub> a X<sub>10</sub>) sumen un total de 100%. Al ser 7 expertos en este grupo, se deberá calcular su media (Ver Cuadro 4-30). Este valor (media aritmética) se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y).

Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

Perfil	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	6,67	15,00	5,00	10,00	10,00	15,00	17,76	11,35
X2	18,33	5,00	5,00	5,00	10,00	10,00	4,3	8,23
X3	8,33	20,00	5,00	10,00	5,00	10,00	10,13	9,78
X4	5,00	7,50	5,00	10,00	5,00	10,00	5,5	6,86
X5	5,00	10,00	5,00	5,00	15,00	15,00	8	9,00
X6	5,00	7,50	5,00	10,00	5,00	5,00	6,5	6,29
X7	18,33	7,50	20,00	10,00	10,00	20,00	14,625	14,35
X8	13,33	12,50	20,00	15,00	5,00	3,00	7,9	10,96
X9	10,00	10,00	15,00	15,00	10,00	5,00	10,13	10,73
X10	10,00	5,00	15,00	10,00	25,00	7,00	15,155	12,45
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-30. Media de calificación del sector académico a las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-6), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 5% al 20%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia tanto conocimientos, habilidades y características personales. Lo que se interpreta que son conceptos complementarios y no excluyentes.

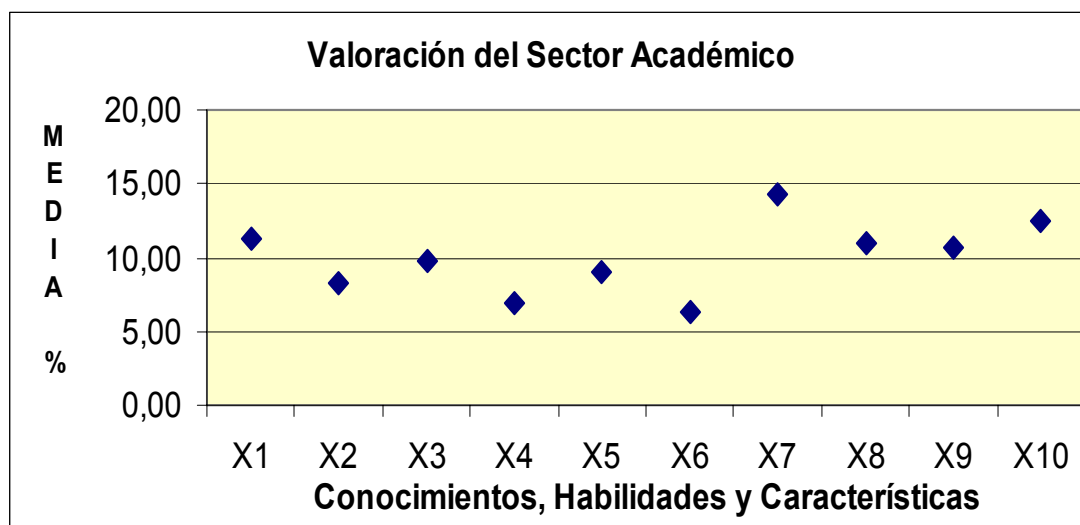


Gráfico 4-6. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de características del perfil profesional

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique los conocimientos, habilidades y características personales, pero a diferencia del rango anterior, cada concepto deberá ser calificado de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-31).

Perfil	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
X1	30,00	20,00	70,00	80,00	70,00	25,00	49,17
X2	50,00	30,00	60,00	100,00	80,00	15,00	55,83
X3	20,00	50,00	70,00	70,00	100,00	40,00	58,33
X4	15,00	15,00	60,00	65,00	65,00	20,00	40,00
X5	25,00	20,00	70,00	75,00	70,00	45,00	50,83
X6	20,00	25,00	60,00	70,00	75,00	10,00	43,33
X7	40,00	40,00	90,00	90,00	90,00	50,00	66,67
X8	20,00	40,00	90,00	70,00	90,00	10,00	53,33
X9	40,00	30,00	100,00	90,00	80,00	20,00	60,00
X10	40,00	30,00	80,00	90,00	80,00	10,00	55,00

Cuadro 4-31. Media de calificación del sector industrial de características del perfil profesional del Ingeniero Industrial

La representación gráfica de estas calificaciones independientes realizadas por el sector industrial, muestra que la importancia que los industriales le dan a los componentes del perfil profesional del Ingeniero Industrial. Los valores oscilan en el rango del 40% al 70%, lo que se interpreta como notablemente importantes (Ver Gráfico 4-7).

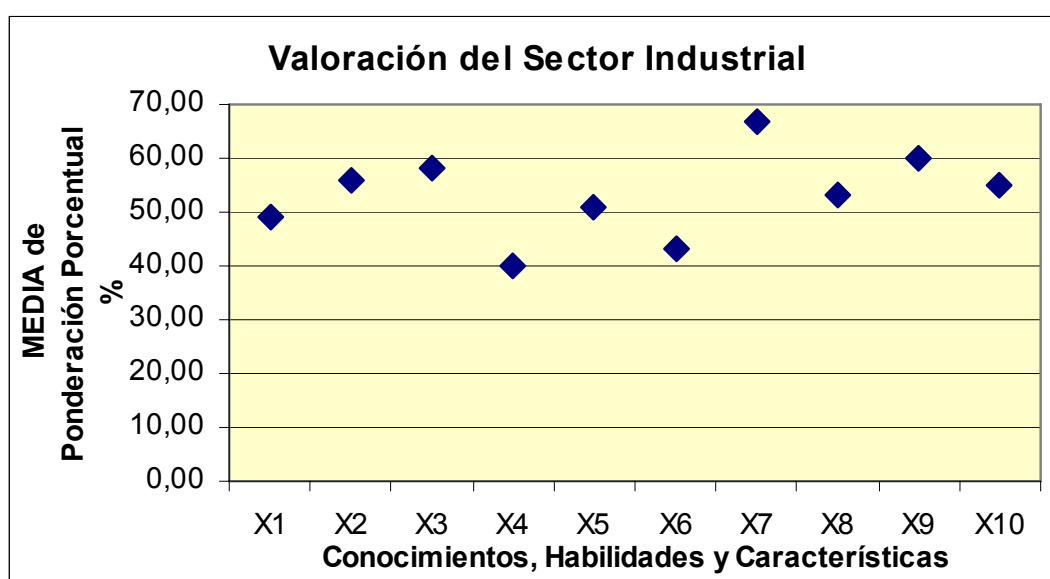


Gráfico 4-7. Concentración de calificaciones del sector industrial a las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-32), nos ayuda a comparar las valoraciones del sector industrial y del sector académico (nacional y norteamericano) a fin de tener una conclusión global sobre la ponderación relativa de las características del perfil industrial; adecuado para la enseñanza de CIM.

Abscisa	Concepto perfil	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Herramientas asistidas por Ordenador	11,35	26,00	8°	49,17
X2	Herramientas para la toma de decisiones	8,23	10,00	4°	55,83
X3	Tecnologías de integración	9,78	31,00	3°	58,33
X4	Habilidades computacionales	6,86	10,00	10°	40,00
X5	Capacidad en Investigación analítica / cuantitativa	9,00	2,00	7°	50,83
X6	Habilidades de comunicación técnica	6,29	2,00	9°	43,33
X7	Capacidad para adaptar soluciones a problemas no previsibles	14,35	4,00	1°	66,67
X8	Empatía (capacidad de ponerse en la situación de los demás) y liderazgo	10,96	7,00	6°	53,33
X9	Capacidad de trabajo en equipo y bajo presión	10,73	4,00	2°	60,00
X10	Capacidad de análisis crítico y creativo	12,45	4,00	5°	55,00

Cuadro 4-32. Comparación de importancia de características del perfil del Ingeniero Industrial

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que el desarrollo de la habilidad para solucionar problemas no previsibles, es la característica que más valora la industria, cuando quiere contratar a un Ingeniero Industrial que desempeñe labores relacionadas con la tecnología CIM.

Por otra parte, esta misma característica es la más destacada por el grupo de expertos del sector académico; mientras que para el experto de Estados Unidos la característica mejor valorada en el perfil del Ingeniero Industrial es su formación en el dominio de herramientas asistidas por ordenador.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (características del perfil del Ingeniero Industrial) e Y (temas necesarios para el aprendizaje de CIM), como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (características del perfil del Ingeniero Industrial) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la primera matriz QFD (Cuadro 4-35), tomando en cuenta que los resultados se calculan a partir de las directrices, ya explicadas en el capítulo 3 de esta tesis. También, se muestra el esquema básico en el que se desarrollarán las matrices QFD (Ver Cuadro 4-34).

		Parámetros de Diseño																
		Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	
		54,6%	9,3%	9,6%	13,2%	5,7%	4,9%	10,9%	15,9%	8,4%	10,3%	11,9%						
Necesidad Superior	No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4	Parámetro 5	Parámetro 6	Parámetro 7	Parámetro 8	Parámetro 9	Parámetro 10	Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa
Categoría 1	1	Necesidad 1	11,4%	1	9	3	3	1	9	9	9	9	3	49%	11,4%	5,6%	5,8%	12,7%
	2	Necesidad 2	8,2%	9	3	3	3	3	3	9	0	3	3	56%	8,2%	4,6%	3,6%	8,0%
	3	Necesidad 3	9,8%	3	3	1	1	3	3	9	3	9	9	58%	9,8%	5,7%	4,1%	9,0%
Grupo 1	4	Necesidad 4	6,9%	0	3	9	3	3	3	3	1	3	3	40%	6,9%	2,7%	4,1%	9,1%
	5	Necesidad 5	9,0%	9	9	9	9	0	9	3	0	3	3	51%	9,0%	4,6%	4,4%	9,8%
	6	Necesidad 6	6,3%	0	1	3	3	3	3	9	0	3	9	43%	6,3%	2,7%	3,6%	7,9%
	7	Necesidad 7	14,4%	3	3	9	0	3	9	9	3	0	3	67%	14,4%	9,6%	4,8%	10,5%
Grupo 2	8	Necesidad 8	11,0%	9	3	9	3	3	3	9	9	3	9	53%	11,0%	5,8%	5,1%	11,3%
	9	Necesidad 9	10,7%	9	3	9	3	3	0	9	3	9	9	60%	10,7%	6,4%	4,3%	9,5%
	10	Necesidad 10	12,5%	3	9	9	3	3	9	9	9	9	9	55%	12,5%	6,8%	5,6%	12,3%
Grupo 3			100,0%															
			Peso ponderado OK	4,7	4,8	6,7	2,9	2,5	5,5	8,0	4,2	5,2	6,0	53,2%	100,0%	54,6%	45,4%	100,0%
			Métrico	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4	Parámetro 5	Parámetro 6	Parámetro 7	Parámetro 8	Parámetro 9	Parámetro 10					
			Dirección de Mejora															
			Nivel actual															
			Nivel competencia 1															
			Nivel competencia 2															
			Nivel competencia 3															
			Meta															
			Dificultad															

Cuadro 4-34. Esquema de matriz QFD para el desarrollo de correlaciones.

Los resultados se pueden interpretar mejor con la ayuda de gráficos de barras y diagramas de Pareto.

Así, el primer gráfico (Ver Gráfico 4-8) de la primera matriz QFD, refleja los resultados referidos a las necesidades del cliente.

En este caso se trata de las necesidades del sector industrial respecto a las características de formación, que valora o busca en un Ingeniero Industrial, contratado para desempeñar funciones relacionadas con la tecnología CIM.

Es necesario puntualizar que en todas las matrices (de la primera a la séptima) se hará el mismo análisis, por lo que no se repetirán los conceptos que guían la evaluación.

Entre los conceptos novedosos propuestos en el último simposio de QFD<sup>42</sup>, está el de la evaluación por el valor de la “contribución relativa”.

Esto se refiere a cuánto influye un determinado ítem en el control de la satisfacción de las necesidades expresadas por el cliente.

Otro concepto igual de interesante es la “Brecha absoluta ponderada”, que se refiere al valor porcentual que incrementaría la mejora del diseño del servicio o producto, si la valoración de la satisfacción del cliente sería el 100%.

A partir de los anteriores tres gráficos, se puede evaluar objetivamente los resultados de la primera matriz QFD, que son los siguientes:

Las necesidades del cliente (sector industrial), son las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial, que logran ajustar la formación necesaria para que los profesionales desempeñen funciones relacionadas con la tecnología CIM.

Como se ve en el Gráfico 4-8, las necesidades de cualificación o características del perfil profesional, priorizadas por los sectores industrial y académico son: la Capacidad para solucionar problemas (14.4%), Capacidad de análisis crítico y creativo (12.5%); y los Conocimientos de las herramientas asistidas por ordenador (11.4%).

---

42 Simposio QFD, llevado a cabo en la ciudad de Williamsburg - Virginia en septiembre del año 2007

		Parametros de Diseño																
		Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
		54,6%	10,0%	8,8%	12,1%	6,1%	5,0%	11,8%	14,6%	10,2%	10,3%	10,9%						
Necesidad Superior	No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Procesos y recursos (humanos, materiales, económicos, etc)	Tecnologías de Fabricación	Infraestructura y organización de recursos	Gestión y Ctrl. herramientas asistidas por ordenador (CAD, CAM, CAE, CAPP, MRP, 6 Sigma, etc)	Gestión y Control de información en Ingeniería	Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento	Gestión y Aseguramiento de la Calidad	Integración vertical y horizontal asistida por Ordenador	Organización de la Producción	Gestión de la Organización empresarial	Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa
CONOCIMIENTOS	1	Asistencia por Ordenador (CAD, CAM, CAE, CAPP,	11,4%	1	9	3	3	1	9	9	9	9	3	49%	11,4%	5,6%	5,8%	12,7%
	2	Herramientas para asistir a la toma de decisiones	8,2%	9	3	3	3	3	3	9	0	3	3	56%	8,2%	4,6%	3,6%	8,0%
	3	Tecnologías de Integración: FMS, CIM, GT, CM	9,8%	3	3	1	1	3	3	9	3	9	9	58%	9,8%	5,7%	4,1%	9,0%
HABILIDADES	4	Habilidades computacionales	6,9%	9	3	9	3	3	3	3	1	3	3	40%	6,9%	2,7%	4,1%	9,1%
	5	Investigación analítica/cuantitativa	9,0%	9	9	9	9	3	9	3	9	3	3	51%	9,0%	4,6%	4,4%	9,8%
	6	Habilidades verbales/escritura técnica	6,3%	3	1	3	3	3	3	9	9	3	9	43%	6,3%	2,7%	3,6%	7,9%
	7	Capacidad para solucionar problemas	14,4%	3	3	9	3	3	9	9	3	3	3	67%	14,4%	9,6%	4,8%	10,5%
CARACTERÍSTICAS	8	Empatía (ponerse en el lugar del otro) y liderazgo	11,0%	9	3	9	3	3	3	9	9	3	9	53%	11,0%	5,8%	5,1%	11,3%
	9	Capacidad de trabajo en equipo y en situaciones	10,7%	9	3	9	3	3	9	9	3	9	9	60%	10,7%	6,4%	4,3%	9,5%
	10	Capacidad de análisis crítico y creativo	12,5%	3	9	9	3	3	9	9	9	9	9	55%	12,5%	6,8%	5,6%	12,3%
		100,0%																
		Peso ponderado OK	5,5	4,8	6,7	3,3	2,8	6,5	8,0	5,6	5,7	6,0	53,2%	100,0%	54,6%	45,4%	100,0%	
		Métrico	% del Nº total de estudiantes satisfechos con la gestión de los recursos para la enseñanza de CIM	Nº de créditos destinados a su enseñanza	m2 (superficie de laboratorios CIM)	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza	Nº de créditos destinados a su enseñanza					
		Dirección de Mejora	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor					
		Nivel actual	No determinado	15	70	31,5	13,5	7,5	19,5	19,5	12	25,5						
		Nivel competencia 1	No se tiene información suficiente	Bien	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Regular						
		Nivel competencia 2	No se tiene información suficiente	Bien	Bien	Muy bien	Bien	Bien	Muy bien	Bien	Bien	Regular						
		Nivel competencia 3	No se tiene información suficiente	Bien	Muy bien	Muy bien	Muy Bien	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Regular						
		Meta	Solvencia en conocimientos y	Nivel alto de conocimientos y	Sólidos conocimientos	Nivel alto de conocimientos y	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Solvencia en conocimientos y	Nivel alto de conocimientos y	Nivel alto de conocimientos y	Solvencia en conocimientos y						
		Dificultad	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media						

Cuadro 4-35. Resultados de Correlación entre valoración del perfil profesional del Ingeniero Industrial y los temas dedicados al estudio de la tecnología CIM. 1ª Matriz QFD

Los contenidos a ser actualizados en el currículo del Ingeniero Industrial, deberán tomar en cuenta estas consideraciones.

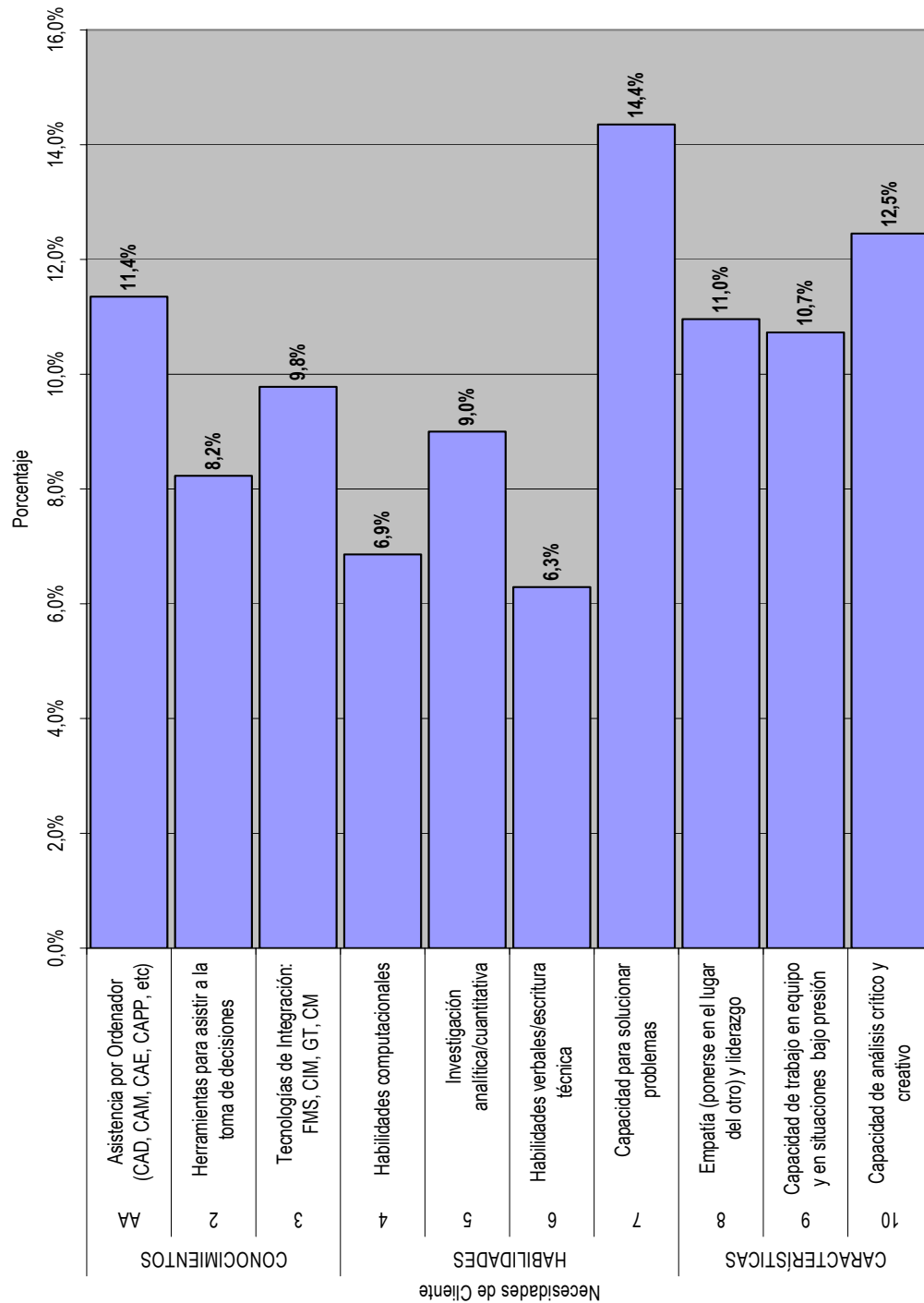


Gráfico 4-8. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 1ª Matriz QFD

El valor de la “contribución relativa” se refiere a cuánto influye un determinado concepto en la satisfacción de las necesidades del cliente. En este caso, el Gráfico 4-9 muestra los valores porcentuales que reflejan en qué medida el estudio de los diferentes temas (parámetros de diseño) contribuyen a la formación de Ingenieros Industriales especializados en CIM. Los temas que contribuyen más en la formación y en el perfil son: Gestión y aseguramiento de la calidad (14.6%), Infraestructura y la



organización de los recursos (12.5%) y la Seguridad industrial y gestión de mantenimiento (11.8%).

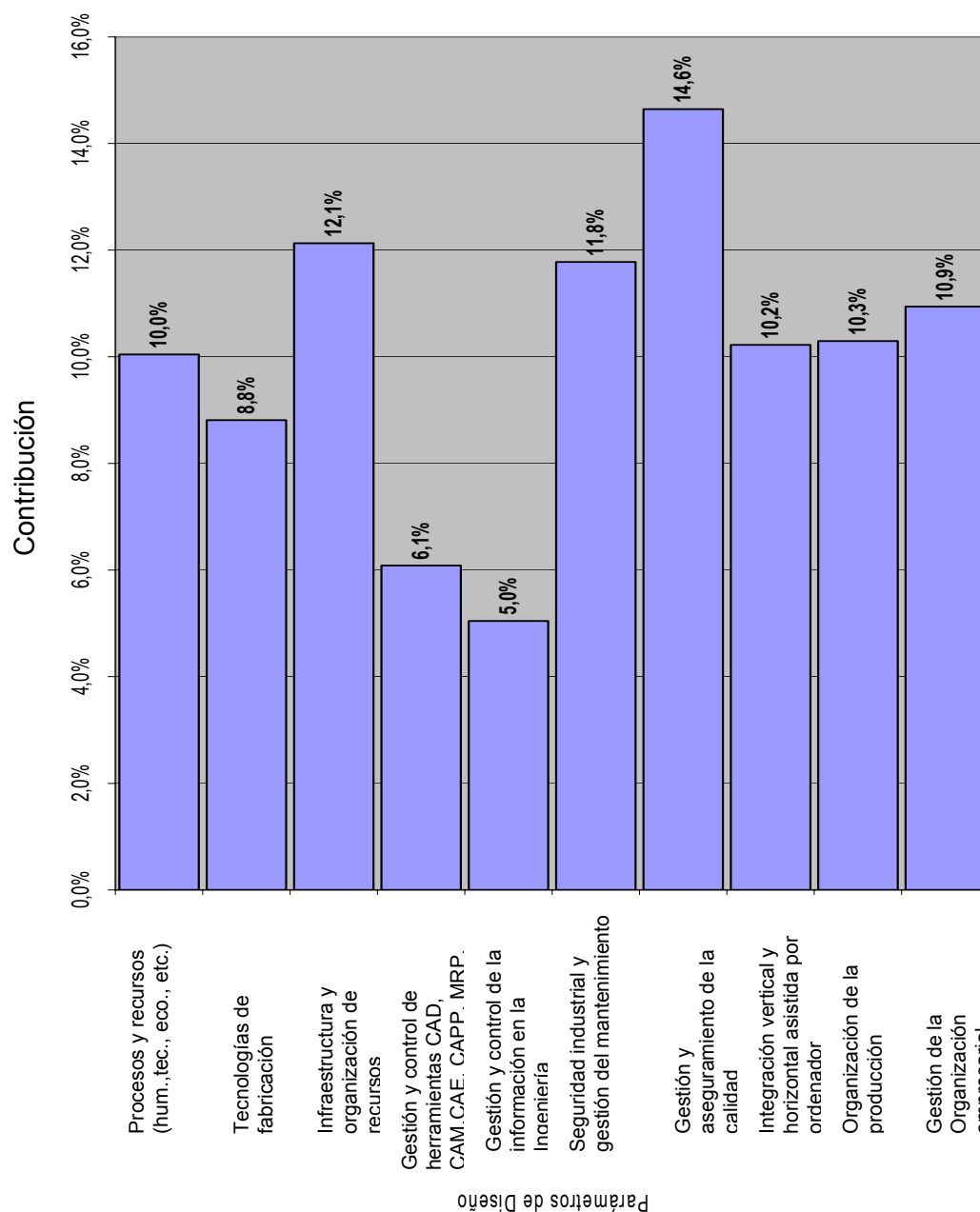


Gráfico 4-9. Diagrama de Pareto para la contribución relativa – 1ª Matriz QFD

El Gráfico 4-10, muestra los valores denominados “Brecha absoluta ponderada”, este concepto se refiere al valor porcentual que incrementaría la mejora del diseño del servicio o producto, si la valoración de la satisfacción del cliente sería el 100%. Representa el porcentaje de cuánto se podría mejorar el diseño del producto en función de las necesidades del cliente.

Así, se aproximará más la elección de temas de estudio CIM a las características mejor valoradas por la industria, estos son: Conocimientos de Producción y fabricación asistida por ordenador (5.8%); Capacidades para el análisis crítico y creativo (5.6%); y la Capacidad para solucionar problemas no previsibles (4.8%).

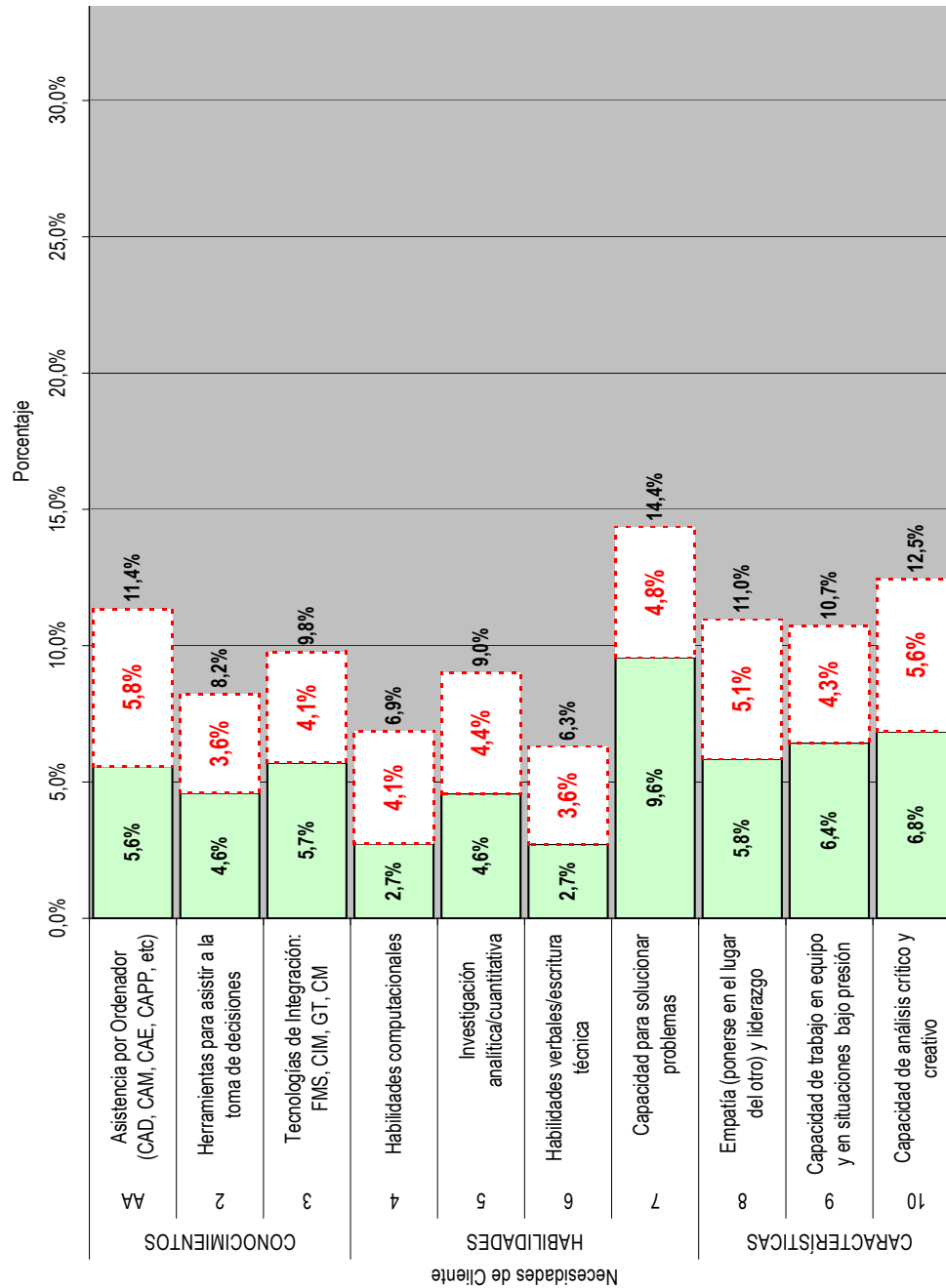


Gráfico 4-10. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 1ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, es decir, la mejora anterior, qué porcentaje representa de la mejora total o estado ideal del perfil profesional en consideración a los temas de estudio de la tecnología CIM.

Esto quiere decir que, el reforzamiento de las características referida a:

- Conocimientos de la Fabricación y producción asistida por ordenador y el manejo de sus herramientas (12.7%)
- Capacidad de análisis crítico y creativo (12.3%)
- Capacidad de Empatía y liderazgo (11.3%).

Finalmente, como resultado del tratamiento de la 1ª Matriz QFD, se concluye que las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial mejor valoradas por los industriales son:

- Capacidad de solucionar problemas
- Capacidad de análisis crítico y creativo
- Conocimientos de herramientas asistidas por ordenador usados en la fabricación y producción.

Estas principales características, se podrán lograr mediante el estudio de temas relacionados con la tecnología CIM priorizados en:

- Fabricación y producción asistida por ordenador y el manejo de sus herramientas
- Capacidad de análisis crítico y creativo
- Capacidad de Empatía y liderazgo

Para lo que es necesario incidir en la mejora de los puntos más débiles según los expertos académicos que se correlacionan con:

- Gestión y aseguramiento de la calidad
- Infraestructura y organización de recursos
- Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento

#### **4.6.2 Segunda Matriz QFD: Correlación entre temáticas para el estudio de CIM y las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial**

Esta matriz QFD tiene por objetivo identificar cuáles son las metas de aprendizaje en carreras universitarias tecnológicas que más se correlacionan con los temas dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM (ya priorizados en la anterior matriz QFD).

El resultado del tratamiento de esta información permitirá dar consistencia a la priorización de temas de estudio CIM, ya que cada tema elegido deberá responder a las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial; carrera cuyo currículo es el idóneo para incluir contenidos para la enseñanza y aprendizaje de CIM.

El diseño de la matriz, ha considerado 10 conceptos de entrada en el eje X y otros 10 conceptos en el Y. Los criterios X de esta segunda matriz corresponden a los mismos criterios Y de la primera matriz (como ya se explicó en el diseño de la metodología), mientras que los conceptos Y se refieren a las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial y son los siguientes:

##### **Eje X: Temáticas para el estudio y aprendizaje**

X<sub>1</sub>: Procesos, Recursos humanos, recursos materiales, económicos, etc.

X<sub>2</sub>: Tecnologías de Fabricación.

X<sub>3</sub>: Infraestructura y organización de recursos.

X<sub>4</sub>: Gestión y control de herramientas para fabricación, planificación, programación y otros asistidos por ordenador.

X<sub>5</sub>: Gestión y control de información para la ingeniería.

X<sub>6</sub>: Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento

X<sub>7</sub>: Gestión y aseguramiento de la Calidad

X<sub>8</sub>: Integración empresarial y de procesos vertical y horizontal asistida por ordenador

X<sub>9</sub>: Organización de la producción

X<sub>10</sub>: Gestión de la organización empresarial

**Eje Y: Metas de Aprendizaje de carreras tecnológicas**

*Conocimientos*

Y<sub>1</sub>: Conocimientos básicos de ciencia e ingeniería

Y<sub>2</sub>: Conocimientos en estándares de la ingeniería

Y<sub>3</sub>: Evaluación de problemas con enfoques sistemáticos e interdisciplinarios

*Habilidades*

Y<sub>4</sub>: Reducir y compilar la información, así como la capacidad de síntesis de información

Y<sub>5</sub>: Análisis de problemas que no están definidos o están mal definidos

Y<sub>6</sub>: Comunicación verbal y escrita con el personal técnico y no técnico

Y<sub>7</sub>: Resolución de problemas en la industria y en equipo

*Características*

Y<sub>8</sub>: Pensamiento crítico y creativo

Y<sub>9</sub>: Autoaprendizaje

Y<sub>10</sub>: Ética profesional

La calificación de los grupos de expertos (industrial y académico) para las correlaciones en esta segunda matriz, muestra los siguientes resultados, expresados en su valor modal (Ver Cuadro 4-36):

		Valoración de Temas para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Metas de aprendizaje de CIM	Y1	3	9	1	3	3	3	3	3	3	3
	Y2	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3
	Y3	3	3	9	3	3	3	3	1	3	9
	Y4	3	3	3	9	9	3	3	1	3	9
	Y5	3	3	9	3	9	9	9	9	9	9
	Y6	9	1	3	1	3	3	3	3	3	9
	Y7	9	3	3	1	9	3	3	3	9	9
	Y8	1	3	3	3	3	1	1	9	3	3
	Y9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9
	Y10	9	9	9	3	9	3	3	3	9	9

Cuadro 4-36. Moda de las Respuestas de la 2ª Matriz (Casa de Calidad), grupo de expertos

Para comprender mejor la interpretación del cuadro anterior de respuestas, se analizará un ejemplo. La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación  $X_1Y_1$  y su calificación ha sido de 3; es decir, que la correlación entre  $X_1$  (Procesos, Recursos humanos, recursos materiales, económicos, etc.) y  $Y_1$  (Conocimientos básicos de ciencia e ingeniería) es media.

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los participantes del grupo de expertos, que representan a los sectores industrial y académico; consideran que tienen una relación moderada o influencia media las *temáticas priorizadas para el estudio de CIM como es el estudio de procesos y recursos para alcanzar la metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial en cuanto a los conocimientos básicos en ciencia y tecnología.*

O de otra forma, se interpreta, que las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial como *estudio de procesos y recursos*, requiere el aprendizaje de *conocimientos básicos en ciencia y tecnología* en una intensidad moderada.

Al igual que en la anterior matriz, ninguna de las 100 correlaciones ( $X_{i=1,\dots,10}; Y_{j=1,\dots,10}$ ) tiene una calificación de 0, lo que indica que las correlaciones al menos son débiles.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-37) se aprecian los grupos de respuestas diferenciados por la jerarquía de sus calificaciones (0, 1, 3 y 9).

		Valoración de Temas para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Metas de aprendizaje de CIM	Y1	3	9	1	3	3	3	3	3	3	3
	Y2	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3
	Y3	3	3	9	3	3	3	3	1	3	9
	Y4	3	3	3	9	9	3	3	1	3	9
	Y5	3	3	9	3	9	9	9	9	9	9
	Y6	9	1	3	1	3	3	3	3	3	9
	Y7	9	3	3	1	9	3	3	3	9	9
	Y8	1	3	3	3	3	1	1	9	3	3
	Y9	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9
	Y10	9	9	9	3	9	3	3	3	9	9

Cuadro 4-37. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 2ª Matriz

En este cuadro, se observan los siguientes datos importantes para el análisis:

- El 30% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 60% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 10% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- No existen correlaciones nulas (0)

Así mismo, el análisis de cada grupo de correlaciones se desagrega como sigue:

- La correlación  $X_1Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Procesos y Recursos Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de Procesos y Recursos (humanos, materiales, económicos, de máquinas e infraestructura, etc.).

- La correlación  $X_2Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Tecnologías de fabricación Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de Tecnologías de fabricación.

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Infraestructura y organización de recursos Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de Infraestructura y organización de recursos.

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión y control de herramientas para la fabricación, planificación, producción, programación, etc. Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de

forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de Gestión y control de herramientas para la fabricación, planificación, producción, programación, etc.

- La correlación  $X_5 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión y control de información en la ingeniería Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **muy notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Gestión y control de información en la ingeniería.

- La correlación  $X_6 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento.

- La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión y aseguramiento de la calidad Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Gestión y aseguramiento de la calidad.

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Integración vertical y horizontal asistida por ordenador Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la

ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Integración vertical y horizontal asistida por ordenador en los procesos de fabricación y producción.

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Organización de la producción Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Organización de la producción.

- La correlación  $X_{10} Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión de la organización empresarial Vs. Conocimientos básicos en ciencia y tecnología, ..., Ética Profesional) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Alta.

Es decir; que las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial relativas a Conocimientos básicos en ciencia y Tecnología, Estándares de la ingeniería, Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario, Habilidades de Reducir y compilar información, Análisis de problemas no definidos, Comunicación técnica verbal y escrita, Resolución de problemas en equipo, Pensamiento creativo, Autoaprendizaje y Ética profesional; influyen de forma **trascendental** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del tema que concierne al estudio de la Gestión de la organización empresarial.

Finalmente, se puede interpretar que las correlaciones más fuertes son las que ejercen algunas metas de aprendizaje sobre los temas priorizados como se detalla a continuación:

- $Y_5$  “Análisis de problemas no definidos”, ya que el logro de esta meta de aprendizaje permitirá dar el marco lógico curricular al estudio de temas para la formación en la tecnología CIM; en especial a los siguientes temas: Infraestructura y organización de recursos ( $X_3$ ), Gestión y Control de información en la ingeniería ( $X_5$ ), Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento ( $X_6$ ), Gestión y aseguramiento de la calidad ( $X_7$ ), Integración vertical y horizontal asistida por ordenador ( $X_8$ ), Organización de la producción ( $X_9$ ) y Gestión de la organización empresarial ( $X_{10}$ ).
- $Y_{10}$  “Ética profesional”, que debe estar presente y orientar el estudio de los temas dedicados a la tecnología CIM, en especial en aquellos temas que se ha determinado una correlación fuerte o máxima: Procesos y recursos en procesos de fabricación y producción –materiales, humanos, económicos, etc.- ( $X_1$ ),



Tecnologías de fabricación ( $X_2$ ), Infraestructura y organización de recursos ( $X_3$ ), Gestión y Control de información en la ingeniería ( $X_5$ ), Organización de la producción ( $X_9$ ) y Gestión de la organización empresarial ( $X_{10}$ ).

- $Y_7$  “Resolución de problemas en equipo”, porque esta meta de aprendizaje desarrolla el verdadero potencial del profesional en situaciones no ideales y esta meta se ha correlacionado fuertemente en los siguientes temas de estudio de la tecnología CIM: Procesos y recursos en procesos de fabricación y producción – materiales, humanos, económicos, etc.- ( $X_1$ ), Gestión y Control de información en la ingeniería ( $X_5$ ), Organización de la producción ( $X_9$ ) y Gestión de la organización empresarial ( $X_{10}$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados. Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no.

Así, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-11). En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

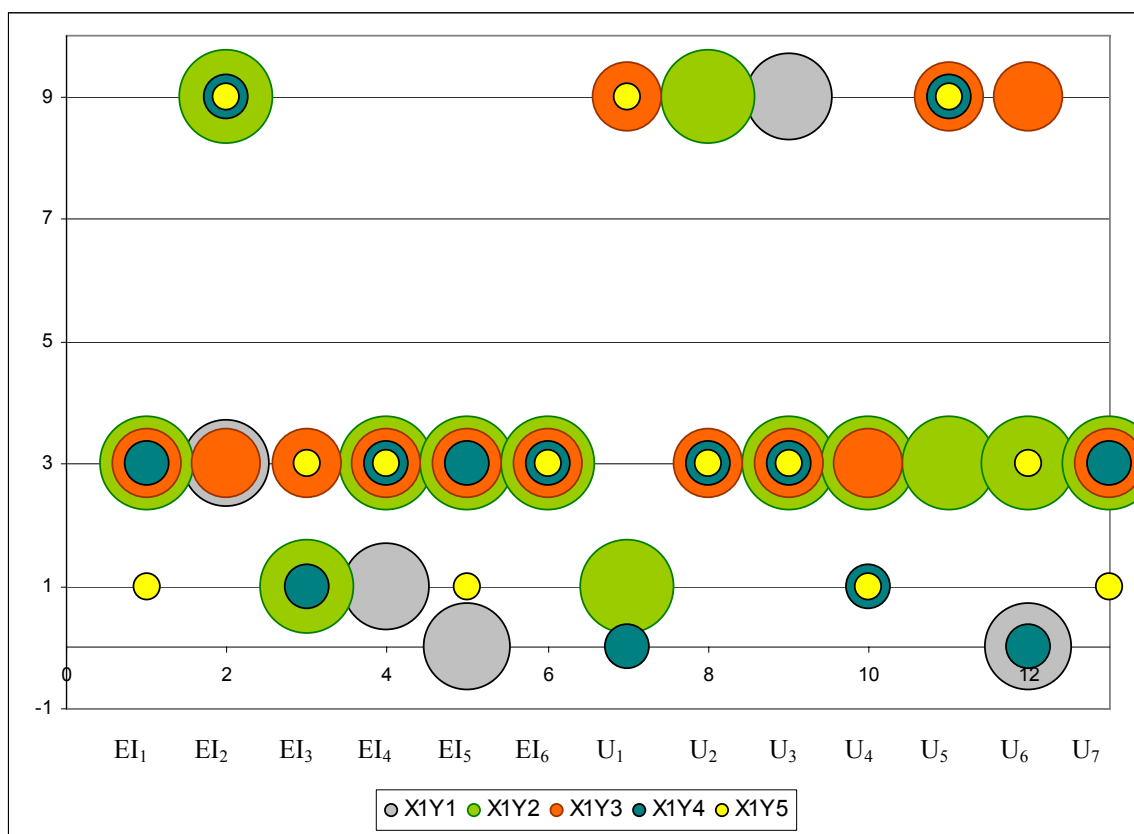


Gráfico 4-11. Concentración de calificaciones de respuestas – 2ª Matriz

Donde:

$EI_1$ : Empresa Industrial N° 1

$EI_n$ : Empresa Industrial n;  $n= 1, \dots, 6$

$U_1$ : Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1,..., 7

A continuación se muestra la matriz de calificaciones que corresponde al sector académico de Estados Unidos, para luego realizar la correspondiente comparación de tendencias (Ver Cuadro 4-38):

		Valoración de Temas para la enseñanza de CIM (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Metas de aprendizaje de CIM	Y1	1	3	1	1	3	1	1	1	0	0
	Y2	1	1	3	3	3	1	1	3	1	1
	Y3	9	0	3	3	3	1	1	1	1	1
	Y4	0	0	3	9	9	3	1	1	1	3
	Y5	9	0	3	1	9	1	0	0	3	9
	Y6	9	0	1	0	0	9	9	0	1	9
	Y7	9	0	1	0	0	9	9	0	1	9
	Y8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3
	Y9	0	0	1	1	1	0	0	0	1	3
	Y10	9	0	1	0	0	9	9	0	3	9

Cuadro 4-38. Respuestas de la 2ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-39), en el que se advierte claramente que hay una considerable coincidencia en las calificaciones emitidas por los expertos del ámbito nacional y las calificaciones del sector académico de Estados Unidos.

		Valoración de Temas para la enseñanza de CIM (comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Metas de aprendizaje de CIM	Y1	3-1	9-3	1	3-1	3	3-1	3-1	3-1	3-0	3-0
	Y2	3-1	9-1	3	3	3	3-1	3-1	3	3-1	3-1
	Y3	9-3	3-0	9-3	3	3	3-1	3-1	1	3-1	9-1
	Y4	3-0	3-0	3	9	9	3	3-1	1	3-1	9-3
	Y5	9-3	3-0	9-3	3-1	9	9-1	9-0	9-0	9-3	9
	Y6	9	1-0	3-1	1-0	3-0	9-3	9-3	3-0	3-1	9
	Y7	9	3-0	3-1	1-0	9-0	9-3	9-3	3-0	9-1	9
	Y8	3-1	3-0	3-0	3-0	3-1	1-0	1-0	9-0	3-0	3
	Y9	3-0	3-0	3-1	3-1	9-1	3-0	3-0	3-0	3-1	9-3
	Y10	9	9-0	9-1	3-0	9-0	9-3	9-3	3-0	9-3	9

Cuadro 4-39. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 2ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre las metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial, consideradas guías indispensables para la elección de temas de enseñanza de la tecnología CIM.

En Estados Unidos, la meta de aprendizaje más apreciada es la referida a la Ética profesional, seguido de la Resolución de problemas y las habilidades y capacidades de Comunicación técnica verbal y escrita.

Las mencionadas metas de aprendizaje, requieren el estudio de los siguientes temas: Procesos y recursos (humanos, materiales, económicos, etc.) ( $X_1$ ), Seguridad Industrial y gestión de mantenimiento ( $X_6$ ), Gestión y aseguramiento de la calidad ( $X_7$ ), y Gestión de la organización empresarial ( $X_{10}$ ).

Por tanto, con el análisis de la comparación de los dos cuadros de resultados, se concluye que hay una mayoría de coincidencia en las calificaciones, ya que para ambos ámbitos geográficos (España y Estados Unidos); las metas más importantes para el aprendizaje de CIM son los Conocimientos de los estándares en la Ingeniería, Reducir y compilar la Información (uso de TICs), y la Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario.

Por su parte, los temas que ayudan a cumplir con las metas de aprendizaje de mejor manera y que coinciden ambos países son: el estudio de Procesos y recursos, Gestión y control de herramientas (de fabricación, planificación, y la Gestión de la organización empresarial).

### **Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Segunda Matriz**

Finalmente, el análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y). Es decir, qué importancia relativa recibe cada calificación.

En esta segunda matriz, las respuestas obtenidas se dividen en dos grupos o tipos de calificaciones:

- El primer grupo de expertos correspondiente al *sector académico* (en el rol de productor) calificó a cada concepto referido al conjunto de temas necesarios para el estudio de CIM. Estos corresponden a los mejor valorados en el perfil de un Ingeniero Industrial.

Como en la anterior matriz, las calificaciones se asignaron en una escala del 0% al 100% a los diez conceptos ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) con tal que sumen un total de 100%. Luego se calculó la media de las calificaciones (Ver Cuadro 4-40). Este valor se traslada a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y). De esta forma, se obtendrá una calificación ponderada relativa de la importancia de las metas de aprendizaje del sector académico.

Temas	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
<b>X1</b>	5,00	10,00	20,00	15,00	20,00	5,00	8,50	11,93
<b>X2</b>	18,00	12,50	20,00	15,00	15,00	12,00	13,50	15,14
<b>X3</b>	3,00	7,50	7,00	10,00	10,00	10,00	6,00	7,64
<b>X4</b>	15,00	12,50	10,00	20,00	10,00	18,00	27,50	16,14
<b>X5</b>	8,00	10,00	10,00	10,00	5,00	8,00	7,50	8,36
<b>X6</b>	8,00	7,50	1,00	5,00	5,00	10,00	5,00	5,93
<b>X7</b>	10,00	7,50	1,00	5,00	10,00	12,00	3,00	6,93
<b>X8</b>	12,00	7,50	10,00	10,00	5,00	12,00	15,00	10,21
<b>X9</b>	12,00	12,50	20,00	5,00	10,00	8,00	6,50	10,57
<b>X10</b>	9,00	12,50	1,00	5,00	10,00	5,00	7,50	7,14
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-40. Calificación ponderada del sector académico a los temas relativos al estudio de CIM

Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-12), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 5% al 20%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia. Lo que se interpreta que son conceptos complementarios y no excluyentes.

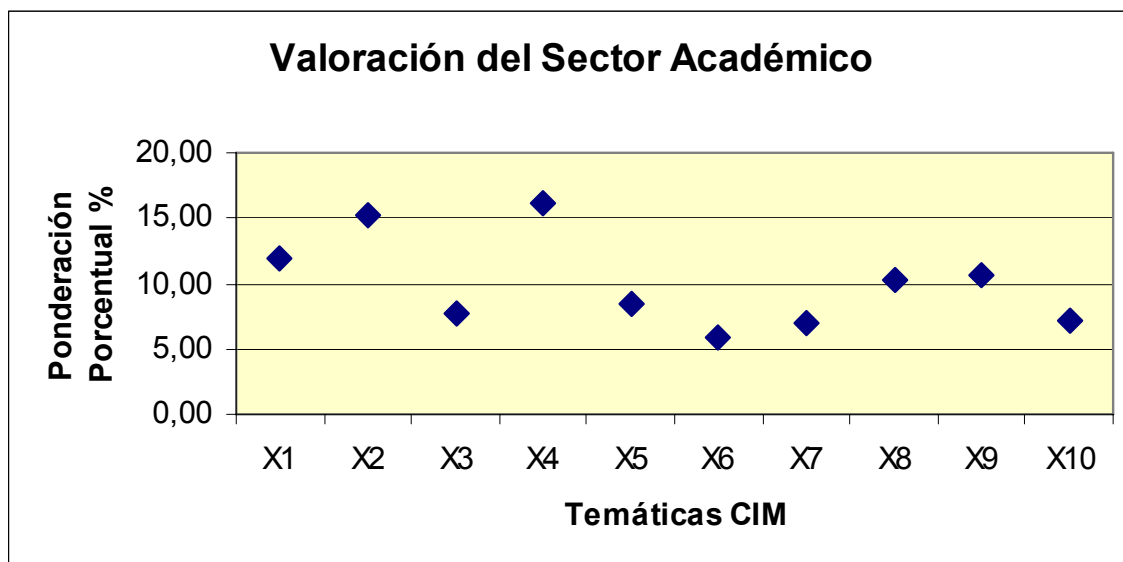


Gráfico 4-12. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de Temas

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique los temas de enseñanza relativos a CIM, pero a diferencia del rango anterior, cada concepto deberá ser calificado de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-41).

Temas	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
<b>X1</b>	10,00	15,00	70,00	65,00	70,00	60,00	48,33
<b>X2</b>	10,00	10,00	90,00	65,00	80,00	70,00	54,17
<b>X3</b>	5,00	5,00	90,00	60,00	80,00	60,00	50,00
<b>X4</b>	15,00	10,00	90,00	70,00	90,00	70,00	57,50
<b>X5</b>	15,00	10,00	90,00	70,00	90,00	70,00	57,50
<b>X6</b>	5,00	5,00	80,00	60,00	80,00	60,00	48,33
<b>X7</b>	5,00	10,00	100,00	60,00	95,00	60,00	55,00
<b>X8</b>	5,00	10,00	70,00	60,00	70,00	70,00	47,50
<b>X9</b>	15,00	10,00	90,00	80,00	85,00	70,00	58,33
<b>X10</b>	15,00	15,00	90,00	80,00	80,00	60,00	56,67

Cuadro 4-41. Media de calificación del sector industrial a los temas de estudio de CIM

La representación gráfica de estas calificaciones independientes realizadas por el sector industrial, muestra que la importancia con que los industriales califican a los temas de estudio necesarios para la formación y solvencia en la tecnología CIM. Los valores oscilan en el rango del 45% al 60%, lo que se interpreta como notablemente importantes (Ver Gráfico 4-13).

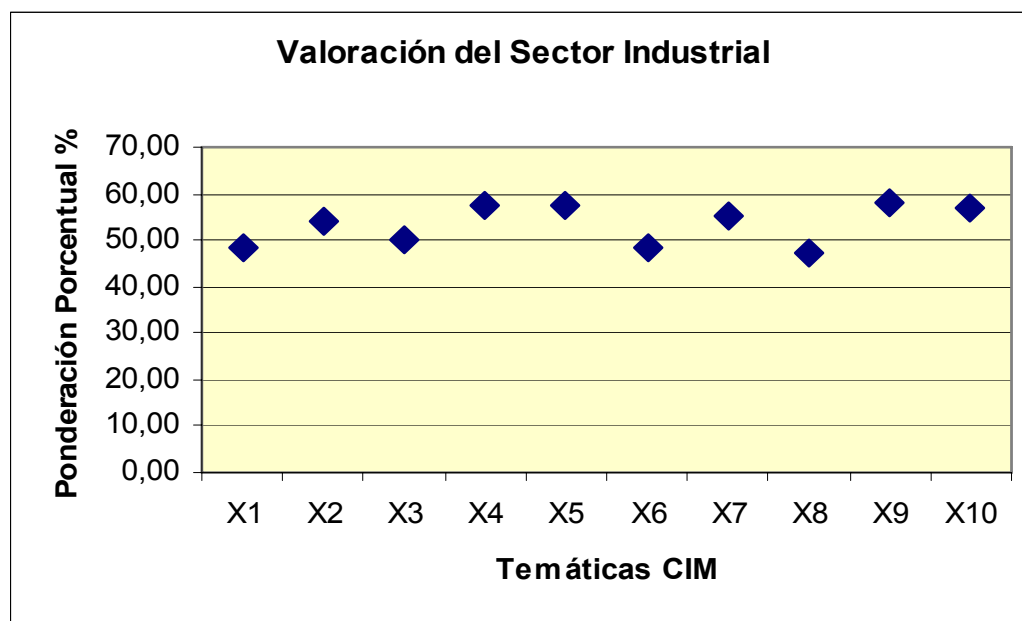


Gráfico 4-13. Concentración de calificaciones del sector industrial a los temas de estudio para la formación en tecnología CIM

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-42) a fin de tener una conclusión global sobre la ponderación relativa de los temas de estudio indispensables para el aprendizaje de CIM.

Abscisa	Concepto Temas de estudio CIM	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Procesos y Recursos	11,93	5,00	7°	48,33
X2	Tecnologías de fabricación	15,14	20,00	5°	54,17
X3	Infraestructura y organización de recursos	7,64	5,00	6°	50,00
X4	Gestión y control de herramientas asistidas por ordenador	16,14	20,00	2°	57,50
X5	Gestión y control de Información en la ingeniería	8,36	10,00	2°	57,50
X6	Seguridad industrial y gestión del mantenimiento	5,93	10,00	7°	48,33
X7	Gestión y aseguramiento de la calidad	6,93	5,00	4°	55,00
X8	Integración vertical y horizontal asistidas por ordenador	10,21	10,00	8°	47,50
<b>X9</b>	<b>Organización de la producción</b>	<b>10,57</b>	<b>10,00</b>	<b>1°</b>	<b>58,33</b>
X10	Gestión de la organización empresarial	7,14	5,00	3°	56,67

Cuadro 4-42. Comparación de importancia de temas de estudio para el aprendizaje de CIM.

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que el tema de estudio relacionado con la Organización de la producción, es el tema mejor valorado para desarrollar la formación y solvencia en la tecnología CIM.

Por otra parte, este tema es el más destacado por el grupo de expertos del sector académico; mientras que para el experto de Estados Unidos es el segundo tema mejor valorado.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (Temas de estudio para el aprendizaje de la tecnología CIM) e Y (Metas de aprendizaje en la carrera de Ingeniería Industrial), como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (Temas de estudio para el aprendizaje de la tecnología CIM) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la segunda matriz QFD (Cuadro 4-43).

Necesidad Superior		No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Parametros de Diseño										Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	
					Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9						10
					53,6%	9,1%	11,2%	9,4%	8,4%	13,5%	7,5%	7,5%	8,3%	9,9%						15,3%
Temáticas CIM priorizadas	1	Procesos y recursos (humanos, materiales,	11,9%	3	9	1	3	3	3	3	3	3	3	3	48%	11,9%	5,8%	6,2%	13,3%	
	2	Tecnologías de Fabricación	15,1%	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	54%	15,1%	8,2%	6,9%	15,0%	
	3	Infraestructura y organización de recursos	7,6%	3	3	9	3	3	3	3	3	1	3	9	50%	7,6%	3,8%	3,8%	8,2%	
	4	Gestión y Control de herramientas (de	16,1%	3	3	3	9	9	3	3	3	1	3	9	58%	16,1%	9,3%	6,9%	14,8%	
	5	Gestión y Control de información en Ingeniería	8,4%	3	3	9	3	9	9	9	9	9	9	9	58%	8,4%	4,8%	3,6%	7,7%	
	6	Seguridad Industrial y gestión del mantenimiento	5,9%	9	1	3	1	3	3	3	3	3	3	9	48%	5,9%	2,9%	3,1%	6,6%	
	7	Gestión y Aseguramiento de la Calidad	6,9%	9	3	3	1	9	3	3	3	3	9	9	55%	6,9%	3,8%	3,1%	6,7%	
	8	Integración vertical y horizontal asistida por	10,2%	1	3	3	3	3	3	1	1	9	3	3	48%	10,2%	4,8%	5,4%	11,6%	
	9	Organización de la Producción	10,6%	3	3	3	3	9	3	3	3	3	3	9	58%	10,6%	6,2%	4,4%	9,5%	
	10	Gestión de la Organización empresarial	7,1%	9	9	9	3	9	3	3	3	3	9	9	57%	7,1%	4,0%	3,1%	6,7%	
			100,0%																	
				4,0	4,9	4,1	3,7	5,9	3,3	3,3	3,6	4,3	6,8	53,3%	100,0%	53,6%	46,4%	100,0%		
				Conocimientos básicos científicos y de ingeniería	Conocimientos de estándares pertinentes a la ingeniería	Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario	Reducir y compilar la información. Capacidad de síntesis de información	Análisis de problemas mal definidos	Comunicación verbal y escrita, con personal técnico y no técnico	Resolución de problemas en equipo	Pensamiento Creativo	Autoaprendizaje	Ética profesional							
				Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados	Nº asignaturas o créditos dedicados							
				Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor							
				361 créditos	15 créditos	No determinado	1 asignatura	2 asignaturas	3 asignaturas	3 asignaturas	No determinado	No determinado	1 asignatura							
				Muy bien	Bien	Muy bien	No se tiene información concreta	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Regular	No se tiene información concreta							
				Muy bien	Muy bien	Muy bien	No se tiene información concreta	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Regular	No se tiene información concreta							
				Muy bien	Bien	Muy bien	No se tiene información concreta	Bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Regular	No se tiene información concreta							
				Sólidos conocimientos y habilidades de cultura ingenieril	Sólidos conocimientos y habilidades de cultura ingenieril	Enseñanza transversal a últimos años de la carrera	Enseñanza transversal a últimos años de la carrera	Enseñanza transversal a últimos años de la carrera	Enseñanza transversal a últimos años de la carrera	Enseñanza transversal a últimos años de la carrera	Enseñanza transversal a todos la carrera	Enseñanza transversal a toda la carrera	Enseñanza transversal a toda la carrera							
				10%	10%	65%	50%	65%	30%	40%	60%	65%	30%							

Cuadro 4-43. Correlación entre temas dedicados a la enseñanza de CIM y las metas de aprendizaje en carreras tecnológicas. 2ª Matriz QFD

El gráfico (Ver Gráfico 4-14) muestra las necesidades del sector industrial, que prioriza como temas más importantes para el estudio y aprendizaje de CIM a: Gestión y control de herramientas asistidas por ordenador (16.1%), Tecnologías de fabricación (15.1%); y Procesos y recursos (11.4%).

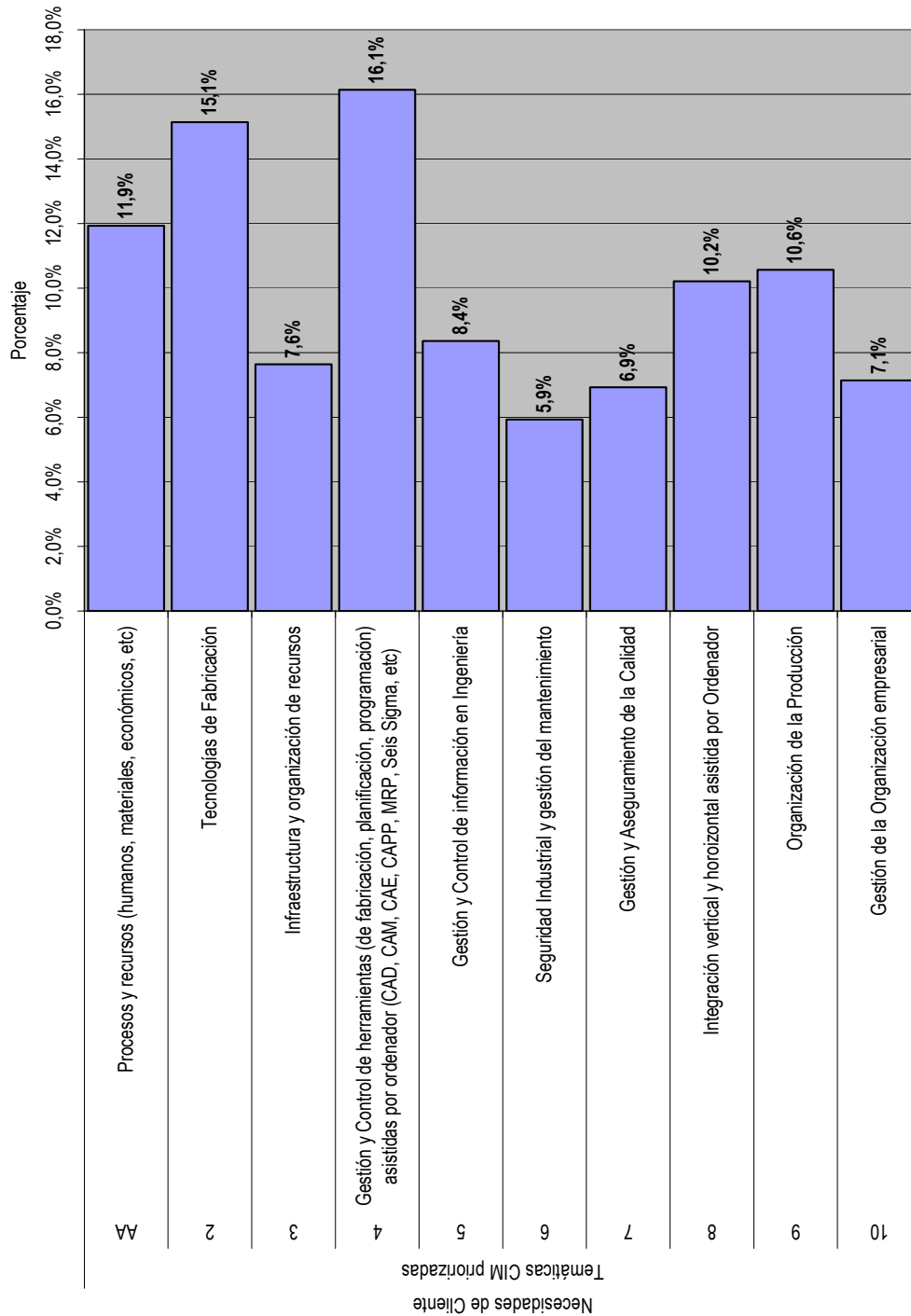


Gráfico 4-14. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente –2ª Matriz QFD



La “contribución relativa” refleja en qué medida las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial (señalados como parámetros de diseño) se logran mediante el estudio de los temas priorizados para el aprendizaje de CIM (Ver Gráfico 4-15). Los resultados priorizan a: Ética profesional (15.3%), Análisis de problemas no definidos (13.5%) y los Conocimientos básicos en ciencia y tecnología (11.2%).

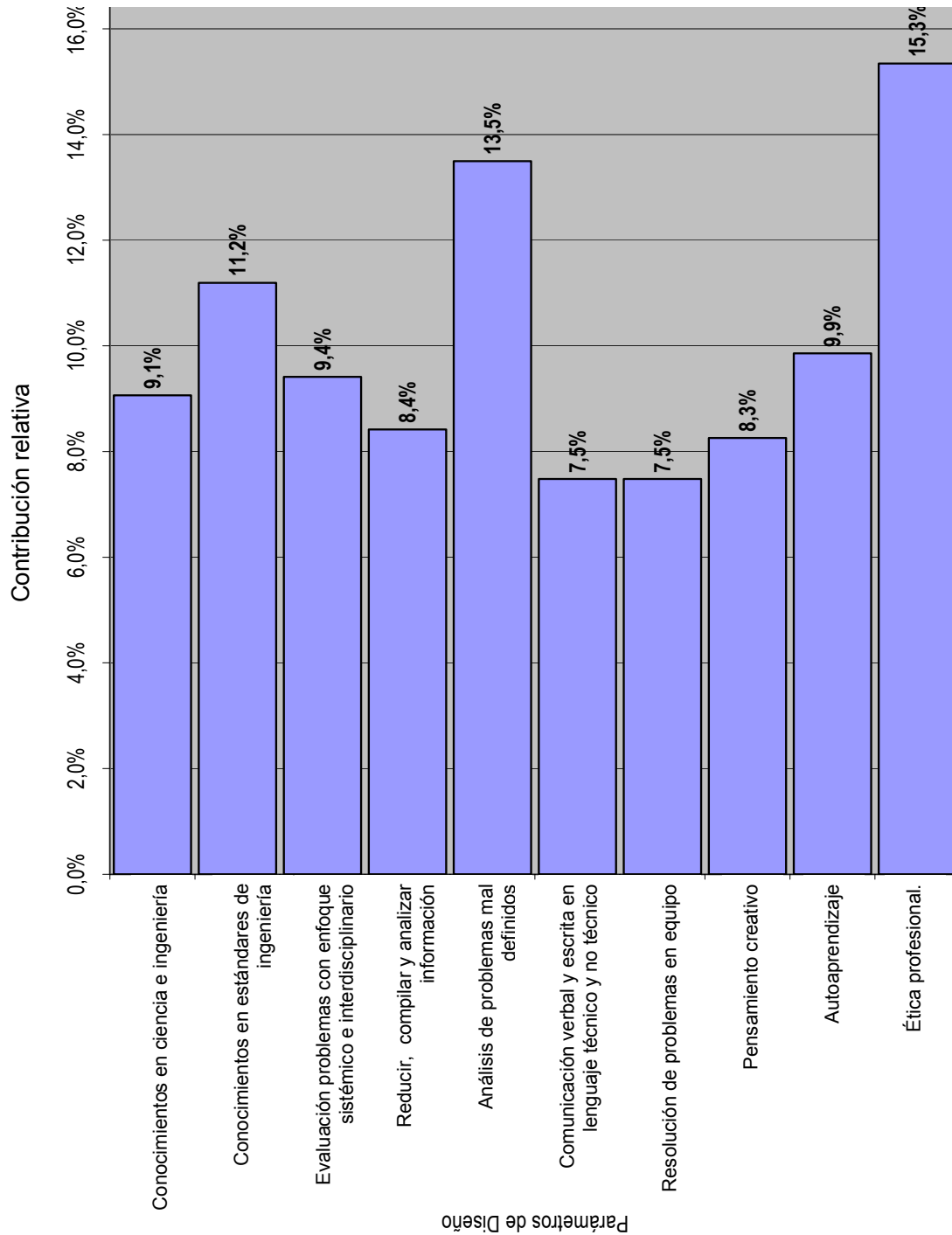


Gráfico 4-15. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 2ª Matriz

En el Gráfico 4-16 se muestran los valores de “Brecha absoluta ponderada” que se refiere al porcentaje de cuánto se podría mejorar el diseño de los contenidos curriculares CIM en función del cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial. Estos porcentajes son: Gestión y control de herramientas asistidas por ordenador (6.8%); Tecnologías de fabricación (6.8%); y Procesos y recursos (humanos, económicos, materiales, etc.) (4.8%).

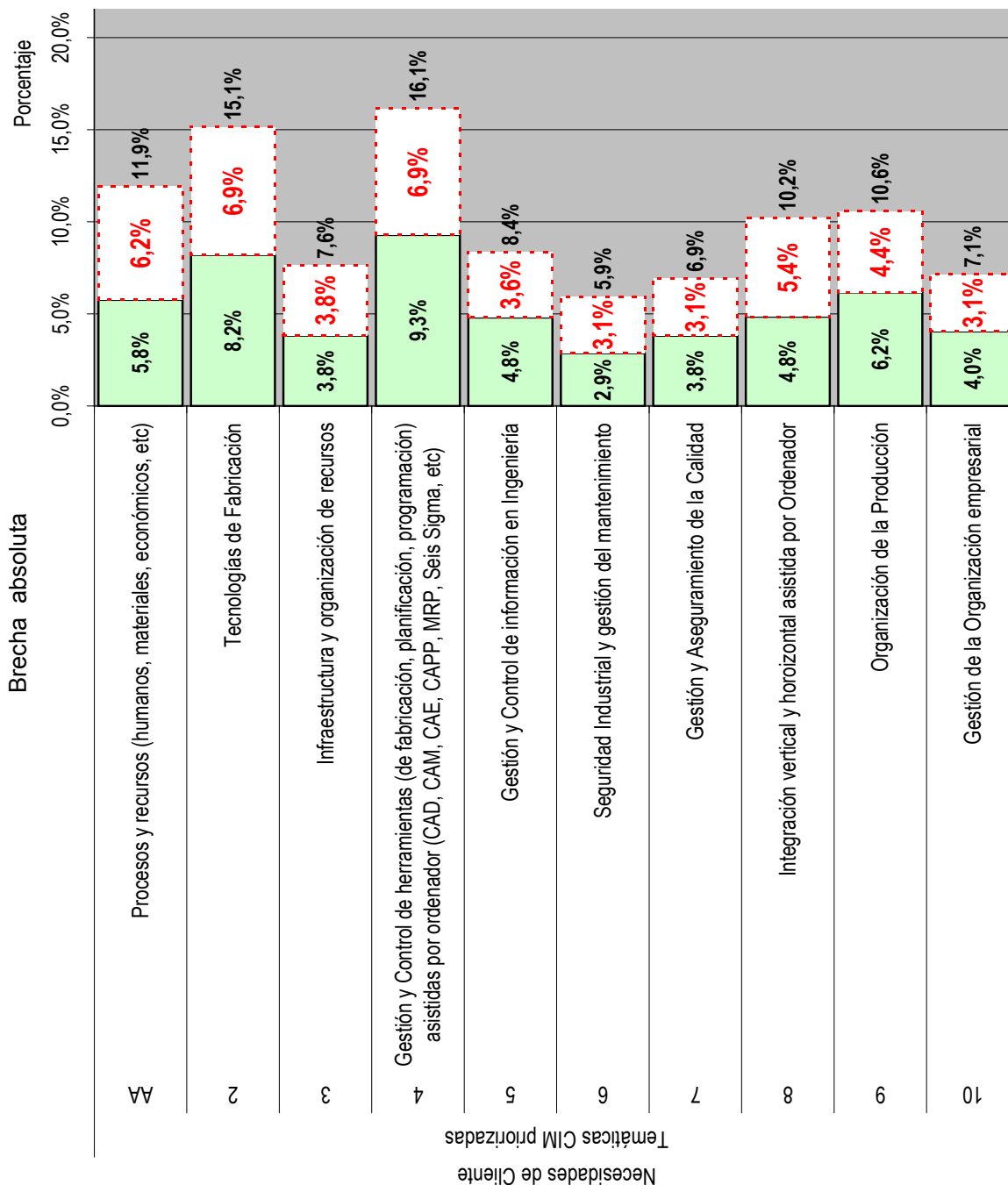


Gráfico 4-16. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 2ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, es decir, qué porcentaje del total de la mejora representa el estudio de los temas priorizados para lograr el cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial. Los índices calculados son los siguientes:

- Tecnologías de fabricación (15%)
- Gestión y control de herramientas (14.8%)
- Procesos y recursos (13.3%).

Finalmente, el resultado del tratamiento de la 2ª Matriz QFD, muestra que las temáticas o temas de estudio para la formación en la tecnología CIM mejor valorados por los industriales son:

- Tecnologías de fabricación
- Organización de la producción
- Procesos y recursos (humanos, materiales, económicos, etc.).

Estas temáticas priorizadas son además las que mayor contribución aportan al logro de las metas de aprendizaje planteadas en el perfil profesional del Ingeniero Industrial.

#### **4.6.3 Tercera Matriz QFD: Correlación entre metas de aprendizaje y asignaturas para la enseñanza de CIM**

Esta matriz QFD tiene por objetivo identificar cuáles son las asignaturas priorizadas por el sector industrial y por el sector académico. Estas consideran, por una parte a las temáticas priorizadas para el estudio de CIM y por otra parte, coadyuvan al cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial.

El diseño de la matriz, ha considerado 10 conceptos tanto en el eje X como en el Y. Los criterios X de esta tercera matriz corresponden a los mismos criterios Y de la segunda matriz (como ya se explicó en el diseño de la metodología), mientras que los conceptos Y de esta tercera matriz son nuevos y se detallan a continuación.

##### **Eje X: Metas de Aprendizaje de carreras tecnológicas**

###### *Conocimientos*

X<sub>1</sub>: Conocimientos básicos de ciencia e ingeniería

X<sub>2</sub>: Conocimientos en estándares de la ingeniería

X<sub>3</sub>: Evaluación de problemas con enfoques sistemáticos e interdisciplinarios

###### *Habilidades*

X<sub>4</sub>: Reducir y compilar la información, así como la capacidad de síntesis de información

X<sub>5</sub>: Análisis de problemas que no están definidos o están mal definidos

X<sub>6</sub>: Comunicación verbal y escrita con el personal técnico y no técnico

X<sub>7</sub>: Resolución de problemas en la industria y en equipo

###### *Características*

X<sub>8</sub>: Pensamiento crítico y creativo

X<sub>9</sub>: Autoaprendizaje

X<sub>10</sub>: Ética profesional

**Eje Y: Asignaturas cuyos contenidos, en su totalidad o de forma parcial, se relacionan con la enseñanza de CIM**

*Asignaturas troncales*

Y<sub>1</sub>: Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas

Y<sub>2</sub>: Organización Industrial y Administración de Empresas

Y<sub>3</sub>: Proyectos

*Asignaturas obligatorias*

Y<sub>4</sub>: Mecánica aplicada

Y<sub>5</sub>: Electrónica básica

Y<sub>6</sub>: Proyectos tecnológicos

*Asignaturas optativas*

Y<sub>7</sub>: Procesos avanzados de fabricación

Y<sub>8</sub>: Regulación y Automatismos

Y<sub>9</sub>: Gestión de operaciones y Gestión empresarial

Y<sub>10</sub>: Diseño asistido por ordenador (CAD)

Los resultados de las correlaciones de ambos grupos de expertos (industrial y académico) del ámbito nacional, se expresaron en los siguientes valores modales (Ver Cuadro 4-44):

		Valoración de Metas de aprendizaje									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Asignaturas relacionadas con la enseñanza de CIM	Y1	9	9	3	3	1	3	3	3	3	3
	Y2	9	1	3	3	3	3	9	3	3	3
	Y3	9	9	9	3	9	3	9	9	3	3
	Y4	9	9	3	3	3	3	3	9	3	3
	Y5	9	9	3	3	1	1	3	3	3	0
	Y6	9	9	3	3	3	1	9	9	9	9
	Y7	9	9	9	3	3	3	9	9	3	3
	Y8	9	9	3	1	3	1	3	3	3	3
	Y9	3	3	3	3	9	9	9	9	9	9
	Y10	9	9	3	3	3	1	9	9	9	3

Cuadro 4-44. Moda de las Respuestas de la 3ª Matriz (Casa de Calidad), grupo de expertos

Por ejemplo, la calificación de la primera casilla superior de la izquierda representa a la correlación X<sub>1</sub>Y<sub>1</sub> y su calificación ha sido de 9. Es decir, que la correlación entre X<sub>1</sub> (Conocimientos básicos de ciencia e ingeniería) y Y<sub>1</sub> (Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas) es alta (valor máximo).

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los miembros de los grupos de expertos; consideran que existe una relación alta o trascendental entre las *metas de aprendizaje fijadas para la carrera de Ingeniería Industrial referidas a la formación en Conocimientos básicos de ciencia y tecnología* y la elección de la *asignatura de Tecnologías de fabricación y Tecnologías de Máquinas*.

O también, que las asignaturas seleccionadas para el estudio de la tecnología CIM como *Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas*, coadyuvan de forma trascendental en el logro de las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial como es la solvencia en *Conocimientos básicos de ciencia y tecnología*.

En términos generales, se puede apreciar que tan solo una de las 100 correlaciones ( $X_i = 1, \dots, 10; Y_j = 1, \dots, 10$ ) tiene una calificación de 0, lo que indica que los conceptos preseleccionados son válidos, al observar las evidentes correlaciones en una mayoría de las comparaciones.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-45) se observan los grupos de calificaciones clasificados por jerarquía.

		Valoración de Metas de aprendizaje									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Asignaturas relacionadas con la enseñanza de CIM	Y1	9	9	3	3	1	3	3	3	3	3
	Y2	9	1	3	3	3	3	9	3	3	3
	Y3	9	9	9	3	9	3	9	9	3	3
	Y4	9	9	3	3	3	3	3	9	3	3
	Y5	9	9	3	3	1	1	3	3	3	0
	Y6	9	9	3	3	3	1	9	9	9	9
	Y7	9	9	9	3	3	3	9	9	3	3
	Y8	9	9	3	1	3	1	3	3	3	3
	Y9	3	3	3	3	9	9	9	9	9	9
	Y10	9	9	3	3	3	1	9	9	9	3

Cuadro 4-45. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 3ª Matriz

En este cuadro, se analizan las siguientes clasificaciones de estudio:

- El 39% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 52% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 8% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- No existen correlaciones nulas (0)

Al mismo tiempo, el análisis de cada grupo de correlaciones se describe a continuación:

- La correlación  $X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Conocimientos de ciencia y tecnología Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ...,

Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Alta.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **trascendental** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta de aprendizaje del estudio de conocimientos básicos de ciencia y tecnología.

- La correlación  $X_2Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Conocimientos en Estándares en la Ingeniería Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **trascendental** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta de aprendizaje del estudio de conocimientos de Estándares en la Ingeniería.

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta de aprendizaje del estudio de la Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario.

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Reducir y compilar la información o capacidad de síntesis de información Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada,

Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta del desarrollo de la habilidad de reducir y compilar la información (capacidad de síntesis de información).

- La correlación  $X_5 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Análisis, reformulación y resolución de problemas no definidos Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta del desarrollo de la habilidad de Análisis, reformulación y resolución de problemas no definidos.

- La correlación  $X_6 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Comunicación verbal y escrita con el personal técnico y no técnico Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta del desarrollo de la habilidad de Comunicación verbal y escrita con personal técnico y no técnico.

- La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Resolución de problemas en equipo Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **muy notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta del desarrollo de la habilidad de resolución de problemas en equipo.

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Pensamiento creativo Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **muy notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta de fortalecer la característica personal del Pensamiento creativo.

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Autoaprendizaje Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta fortalecer la característica personal del Autoaprendizaje.

- La correlación  $X_{10} Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Ética profesional Vs. Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, ..., Diseño Asistido por Ordenador) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que las asignaturas cuyos contenidos se refieren a la enseñanza de CIM como son Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas, Organización Industrial y Administración de Empresas, proyectos, Mecánica Aplicada, Electrónica Básica, Proyectos tecnológicos, Procesos Avanzados de Fabricación, Regulación y Automatismos, Gestión de Operaciones y gestión Empresarial y Diseño Asistido por Ordenador; influyen de forma **notable** cuando se deben definir temas para el estudio de CIM, como es el caso particular del cumplimiento de la meta de fortalecer la característica personal de la Ética profesional.

Finalmente, el cuadro muestra que a partir de las correlaciones más fuertes, las asignaturas que más se adecuan para la enseñanza de contenidos relacionados con CIM y que se deberán tomar en cuenta para el diseño curricular de la carrera de Ingeniería Industrial son las siguientes:

- $Y_3$  “Proyectos”, ya que su inclusión en el currículo de Ingeniería Industrial permitirá dar el marco lógico al cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera que están orientadas al estudio de CIM. Por tanto esta asignatura ejerce su influencia en las siguientes metas priorizadas: Conocimientos básicos en ciencia y tecnología ( $X_1$ ), Conocimientos en Estándares en la Ingeniería ( $X_2$ ), Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario ( $X_3$ ), Análisis,



reformulación y resolución de problemas no definidos ( $X_5$ ), Resolución de problemas en equipo ( $X_7$ ) y Pensamiento creativo ( $X_8$ ).

- $Y_9$  “Gestión de operaciones y Gestión empresarial”, ya que su inclusión en el currículo de Ingeniería Industrial permitirá dar el marco lógico al cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera que están orientadas al estudio de CIM.

Por tanto esta asignatura ejerce su influencia en las siguientes metas priorizadas: Análisis, reformulación y resolución de problemas no definidos ( $X_5$ ), Comunicación verbal y escrita con personal técnico y no técnico ( $X_6$ ), Resolución de problemas en equipo ( $X_7$ ), Pensamiento creativo ( $X_8$ ), Autoaprendizaje ( $X_9$ ) y Ética profesional ( $X_{10}$ ).

- $Y_6$  “Proyectos tecnológicos”, ya que su inclusión en el currículo de Ingeniería Industrial permitirá dar el marco lógico al cumplimiento de las metas de aprendizaje de la carrera que están orientadas al estudio de CIM.

Por tanto esta asignatura ejerce su influencia en las siguientes metas priorizadas: Conocimientos básicos en ciencia y tecnología ( $X_1$ ), Conocimientos en Estándares en la Ingeniería ( $X_2$ ), Resolución de problemas en equipo ( $X_7$ ), Pensamiento creativo ( $X_8$ ), Autoaprendizaje ( $X_9$ ) y Ética profesional ( $X_{10}$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados.

Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no. Así, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-17).

En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos es el siguiente (Ver Cuadro 4-46).

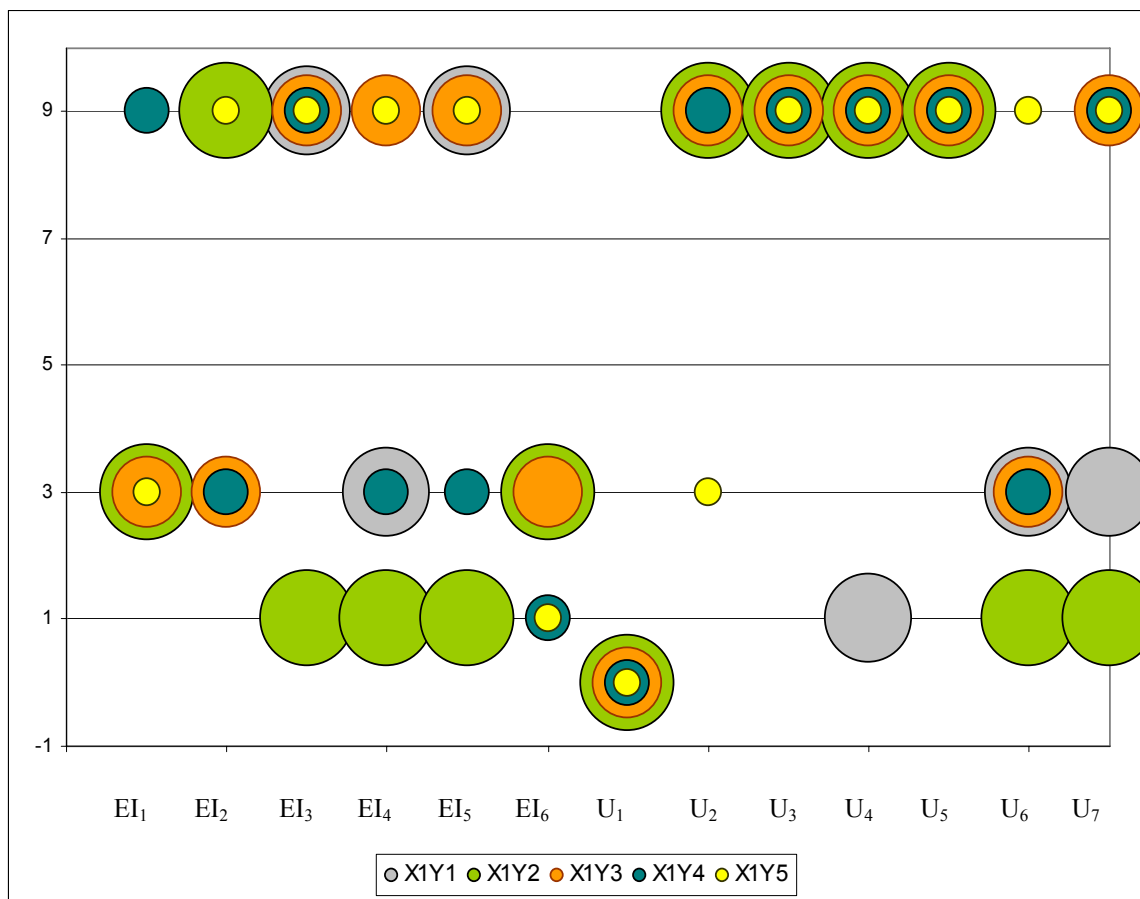


Gráfico 4-17. Concentración de calificaciones de respuestas – 3ª Matriz

Donde:

El<sub>1</sub>: Empresa Industrial N° 1

El<sub>n</sub>: Empresa Industrial n; n= 1, ..., 6

U<sub>1</sub>: Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1, ..., 7

		Valoración de Metas de aprendizaje (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Asignaturas relacionadas con la enseñanza de CIM	Y1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Y2	0	1	9	9	9	9	9	3	3	3
	Y3	1	3	3	9	9	9	9	3	3	3
	Y4	3	9	1	0	0	0	0	0	0	0
	Y5	3	9	1	0	0	0	0	0	0	0
	Y6	1	1	3	3	3	0	3	1	1	0
	Y7	3	3	3	1	1	0	0	3	3	0
	Y8	0	1	3	0	0	0	0	1	1	1
	Y9	1	1	3	9	9	9	9	3	3	3
	Y10	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0

Cuadro 4-46. Respuestas de la 3ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-47), en el que se advierte claramente que hay una gran coincidencia plena en algunos valores, mientras que en otros el grado de variación no es muy significativo y en pocos la divergencia es máxima (sólo 6).

		Valoración de Metas de aprendizaje (comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Asignaturas relacionadas con la enseñanza de CIM	Y1	9-1	9-1	3-1	3-0	1-0	3-0	3-0	3-1	3-1	3-0
	Y2	9-0	1	9-3	9-3	9-3	9-3	9	3	3	3
	Y3	9-1	9-3	9-3	9-3	9	9-3	9	9-3	3	3
	Y4	9-3	9	3-1	3-0	3-0	3-0	3-0	9-0	3-0	3-0
	Y5	9-3	9	3-1	3-0	1-0	1-0	3-0	3-0	3-0	0
	Y6	9-1	9-1	3	3	3	1-0	9-3	9-1	9-1	9-0
	Y7	9-3	9-3	9-3	3-1	3-1	3-0	9-0	9-3	3	3-0
	Y8	9-0	9-1	3	1-0	3-0	1-0	3-0	3-1	3-1	3-1
	Y9	3-1	3-1	3	9-3	9	9	9	9-3	9-3	9-3
	Y10	9-1	9-1	3-1	3-1	3-0	1-0	9-0	9-1	9-1	3-0

Cuadro 4-47. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 3ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre las asignaturas priorizadas para la enseñanza de contenidos referidos a CIM:

- En *Estados Unidos*, la asignatura elegida como prioritaria es la referida a los Proyectos, tanto los genéricos como los específicos de Ingeniería o tecnológicos, pero también ha sido considerada como prioritaria la asignatura de gestión de operaciones y Gestión empresarial.
- Las mencionadas asignaturas, aportan contenidos que coadyuvan al cumplimiento de las siguientes metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial:
  - Conocimientos básicos en ciencia y tecnología (X<sub>1</sub>)
  - Conocimientos en Estándares en la Ingeniería (X<sub>2</sub>)
  - Resolución de problemas en equipo (X<sub>7</sub>)
  - Pensamiento creativo (X<sub>8</sub>)

Por tanto, con el análisis de comparación de los dos cuadros de resultados, se concluye que hay una mayoría de coincidencia en las calificaciones, ya que para ambos ámbitos geográficos (España y Estados Unidos); las asignaturas más importantes para el aprendizaje de CIM son los Proyectos y gestión empresarial.

Por su parte, las metas de aprendizaje cuya importancia es mayor se centra en el área de los conocimientos ingenieriles en general, el desarrollo de habilidades como la de análisis y resolución de problemas así como el fortalecimiento de rasgos personales como la creatividad.

### **Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Tercera Matriz**

Finalmente, el análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y).

Es decir, qué calificación de importancia recibe cada concepto, respecto a su grupo de conceptos.

Como se explicó en el anterior capítulo, este método permite eliminar el sesgo cuando se trabaja con dos grupos distintos de expertos.

En esta tercera matriz, el método propone dos tipos de calificaciones:

- El primer grupo de expertos correspondiente al *sector académico* (en el rol de productor) califique cada concepto referido al conjunto de metas de aprendizaje que son más importantes en la formación del Ingeniero Industrial.

Las calificaciones se deberán asignar en una escala del 0% al 100%, de tal forma que los diez conceptos ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) sumen un total de 100%. Al ser 7 expertos en este grupo, se deberá calcular su media (Ver Cuadro 4-48).

Este valor (media aritmética) se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y). De esta forma, se obtendrá una calificación ponderada relativa.

Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

Metas	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	10,00	7,50	30,00	15,00	20,00	10,00	10,00	14,64
X2	15,00	15,00	30,00	5,00	0,00	12,00	9,50	12,36
X3	5,00	10,00	1,00	5,00	10,00	15,00	22,50	9,79
X4	9,00	10,00	1,00	5,00	15,00	7,00	10,00	8,14
X5	25,00	10,00	1,00	5,00	10,00	8,00	7,50	9,50
X6	30,00	10,00	2,00	5,00	5,00	7,00	6,50	9,36
X7	2,00	10,00	3,00	5,00	10,00	14,00	10,00	7,71
X8	1,00	12,50	1,00	10,00	20,00	12,00	10,00	9,50
X9	2,00	7,50	1,00	20,00	5,00	8,00	11,50	7,86
X10	1,00	7,50	30,00	25,00	5,00	7,00	2,50	11,14
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-48. Calificación ponderada del sector académico a las metas de aprendizaje

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-18), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de

5% al 20%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia. Lo que se interpreta que son conceptos complementarios y no excluyentes.

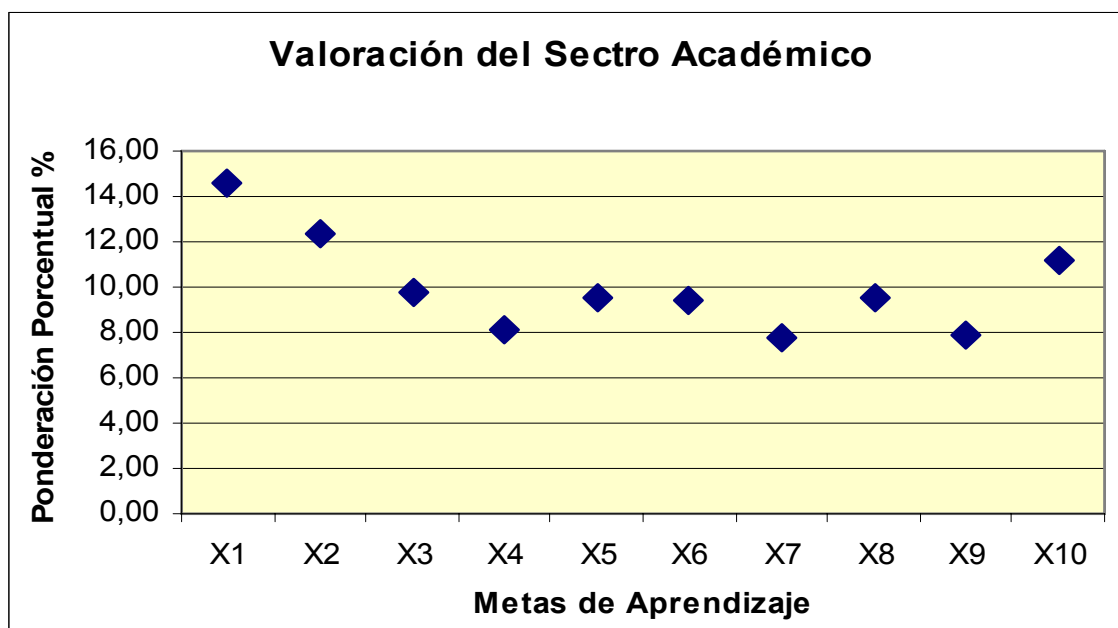


Gráfico 4-18. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de Metas de aprendizaje

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial, pero a diferencia del rango anterior, cada concepto deberá ser calificado de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no debe ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-49).

Metas	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
X1	5,00	15,00	80,00	70,00	75,00	50,00	49,17
X2	10,00	10,00	70,00	70,00	70,00	50,00	46,67
X3	10,00	15,00	90,00	80,00	75,00	40,00	51,67
X4	5,00	15,00	80,00	75,00	75,00	40,00	48,33
X5	10,00	10,00	90,00	70,00	70,00	40,00	48,33
X6	15,00	5,00	70,00	60,00	65,00	50,00	44,17
X7	15,00	10,00	100,00	70,00	70,00	40,00	50,83
X8	15,00	5,00	90,00	60,00	65,00	60,00	49,17
X9	5,00	5,00	90,00	60,00	65,00	60,00	47,50
X10	10,00	15,00	70,00	70,00	75,00	60,00	50,00

Cuadro 4-49. Media de calificación del sector industrial a las metas de aprendizaje

La representación gráfica de estas calificaciones independientes realizadas por el sector industrial, muestra que la importancia con que los industriales califican a las

metas de aprendizaje que dan cabida o que justifican el estudio de asignaturas necesarios para la formación y solvencia en la tecnología CIM. Los valores oscilan en el rango del 44% al 52%, lo que se interpreta como notablemente importantes (Ver Gráfico 4-19).

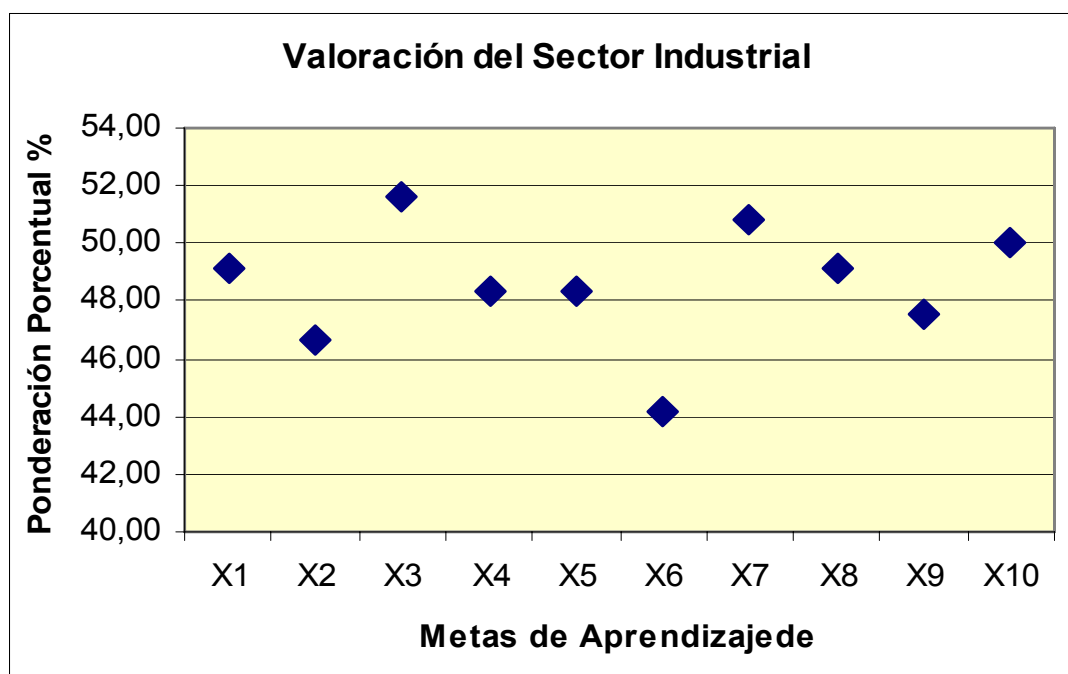


Gráfico 4-19. Concentración de calificaciones del sector industrial a las metas de aprendizaje

Abscisa	Concepto Metas de aprendizaje	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Conocimientos básicos en ciencia y tecnología	14,64	15,00	4°	49,17
X2	Conocimientos de Estándares en la Ingeniería	12,36	15,00	7°	46,67
X3	Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario	<b>9,79</b>	<b>20,00</b>	<b>1°</b>	<b>51,67</b>
X4	Reducir y compilar la información (capacidad de síntesis de información)	8,14	10,00	5°	48,33
X5	Análisi, reformulación y resolución de problemas no definidos	9,50	5,00	5°	48,33
X6	Comunicación verbal y escrita con personal técnico y no técnico	9,36	10,00	8°	44,17
X7	Resolución de problemas en equipo	7,71	5,00	2°	50,83
X8	Pensamiento creativo	9,50	10,00	4°	49,17
X9	Autoaprendizaje	7,86	5,00	6°	47,50
X10	Ética profesional	11,14	5,00	3°	50,00

Cuadro 4-50. Comparación de importancia de metas de aprendizaje.

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-50), nos ayuda a comparar las valoraciones del sector industrial y del sector académico (nacional y norteamericano) a fin de tener una conclusión global sobre la ponderación relativa de las metas de aprendizaje que dan lugar y justifican que se impartan asignaturas relativas a la enseñanza de la tecnología CIM.

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que la meta de aprendizaje “Evaluación de problemas con enfoque sistemático e interdisciplinario”, coincide en ser priorizada tanto por el sector académico (local y norteamericano) como por el sector industrial.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (Metas de aprendizaje) e Y (Asignaturas adecuadas para la enseñanza de la tecnología CIM), como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (Metas de aprendizaje) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la tercera matriz QFD (Cuadro 4-51), tomando en cuenta que los resultados se calculan a partir de las directrices, ya explicadas en el capítulo 3 de esta tesis.

Los resultados (Ver Gráfico 4-20) muestran las necesidades del cliente (sector industrial) respecto a las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial, las que justifican la priorización de asignaturas para impartir la enseñanza de la tecnología CIM.

Las metas con mayor relevancia (Ver Gráfico 4-20) en el estudio de asignaturas dedicadas a la enseñanza de CIM son:

- Conocimientos básicos en ciencia y tecnologías (14.6%),
- Conocimientos de Estándares en la Ingeniería (12.4%)
- Ética profesional (11.1%).

Necesidad Superior		No	Necesidad del Cliente	Calificación ponderada actual	Parametros de Diseño								Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa		
					1	2	3	4	5	6	7	8						9	10
				48,6%	16,9%	15,0%	8,0%	5,6%	7,1%	5,3%	12,9%	12,4%	9,3%	7,4%					
				Peso Ponderado	Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas	Organización Industrial y Administración de Empresas	Proyectos	Mecánica Aplicada	Electrónica Básica	Proyectos Tecnológicos	Procesos Avanzados de Fabricación	Regulación y Automatismos	Gestión de Operaciones y Gestión Empresarial	Diseño Asistido por Ordenador					
Conocimientos	1	Conocimientos básicos científicos y de ingeniería	14,6%	9	9	3	3	1	3	3	3	3	3	49%	14,6%	7,2%	7,4%	14,5%	
	2	Conocimientos de estándares pertinentes a la	12,4%	9	1	3	3	3	3	9	3	3	3	47%	12,4%	5,8%	6,6%	12,8%	
	3	Evaluación de problemas con enfoque sistemático e	9,8%	9	9	9	3	9	3	9	9	3	3	52%	9,8%	5,1%	4,7%	9,2%	
Habilidades	4	Reducir y compilar la información. Capacidad de	8,1%	9	9	3	3	3	3	3	9	3	3	48%	8,1%	3,9%	4,2%	8,2%	
	5	Análisis de problemas mal definidos	9,5%	9	9	3	3	1	1	3	3	3	0	48%	9,5%	4,6%	4,9%	9,5%	
	6	Comunicación verbal y escrita, con personal técnico	9,4%	9	9	3	3	3	1	9	9	9	9	44%	9,4%	4,1%	5,2%	10,2%	
	7	Resolución de problemas en equipo	7,7%	9	9	9	3	3	3	9	9	3	3	51%	7,7%	3,9%	3,8%	7,4%	
Características	8	Pensamiento Creativo	9,5%	9	9	3	1	3	1	3	3	3	3	49%	9,5%	4,7%	4,8%	9,4%	
	9	Autoaprendizaje	7,9%	3	3	3	3	9	9	9	9	9	9	48%	7,9%	3,7%	4,1%	8,0%	
	10	Ética profesional	11,1%	9	9	3	3	3	1	9	9	9	3	50%	11,1%	5,6%	5,6%	10,8%	
				100,0%	8,5	7,5	4,1	2,8	3,6	2,7	6,5	6,2	4,7	3,7	48,6%	100,0%	48,6%	51,4%	100,0%
				Peso ponderado OK	Conocimientos básicos científicos y de ingeniería	Organización Industrial y Administración de Empresas	Proyectos	Mecánica Aplicada	Electrónica Básica	Proyectos Tecnológicos	Procesos Avanzados de Fabricación	Regulación y Automatismos	Gestión de Operaciones y Gestión Empresarial	Diseño Asistido por Ordenador					
				Métrico	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza					
				Dirección de Mejora	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor	Mayor es mejor
				Nivel actual	200 créditos	1 asignatura	2 asignaturas	3 asignaturas	2 asignaturas	3 asignaturas	1 asignatura	1 asignatura	2 asignaturas	3 asignaturas					
				Nivel competencia 1	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Muy bien					
				Nivel competencia 2	Muy bien	Bien	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Muy bien					
				Nivel competencia 3	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Muy bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Muy bien					
				Meta	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos y habilidades	Sólidos conocimientos y habilidades	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos y habilidades	Dominio total del tema	Dominio total del tema	Sólidos conocimientos y habilidades	Sólidos conocimientos y habilidades					
				Dificultad	20%	20%	20%	30%	20%	30%	40%	40%	30%	30%					

Cuadro 4-51. Correlación entre las metas de aprendizaje de carreras tecnológicas y las asignaturas dedicadas al estudio de CIM. 3ª Matriz QFD



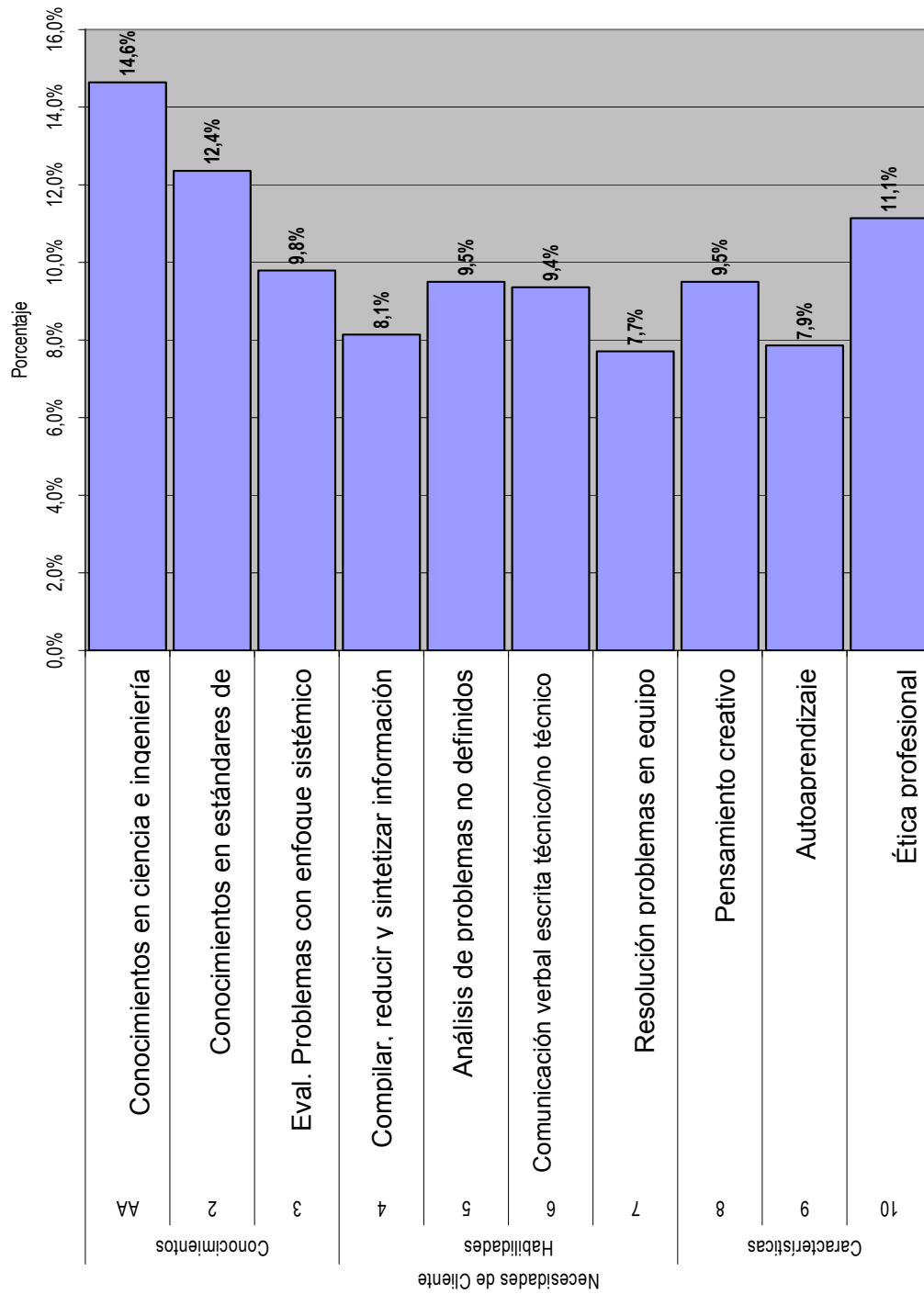


Gráfico 4-20. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 3ª Matriz QFD

La contribución relativa (Ver Gráfico 4-21) de las asignaturas en el cumplimiento de metas de aprendizaje es la siguiente: Tecnologías de fabricación y de Máquinas (16.9%), Organización industrial y Admin. de empresas (15%) y Regulación y automatismos (12.9%).

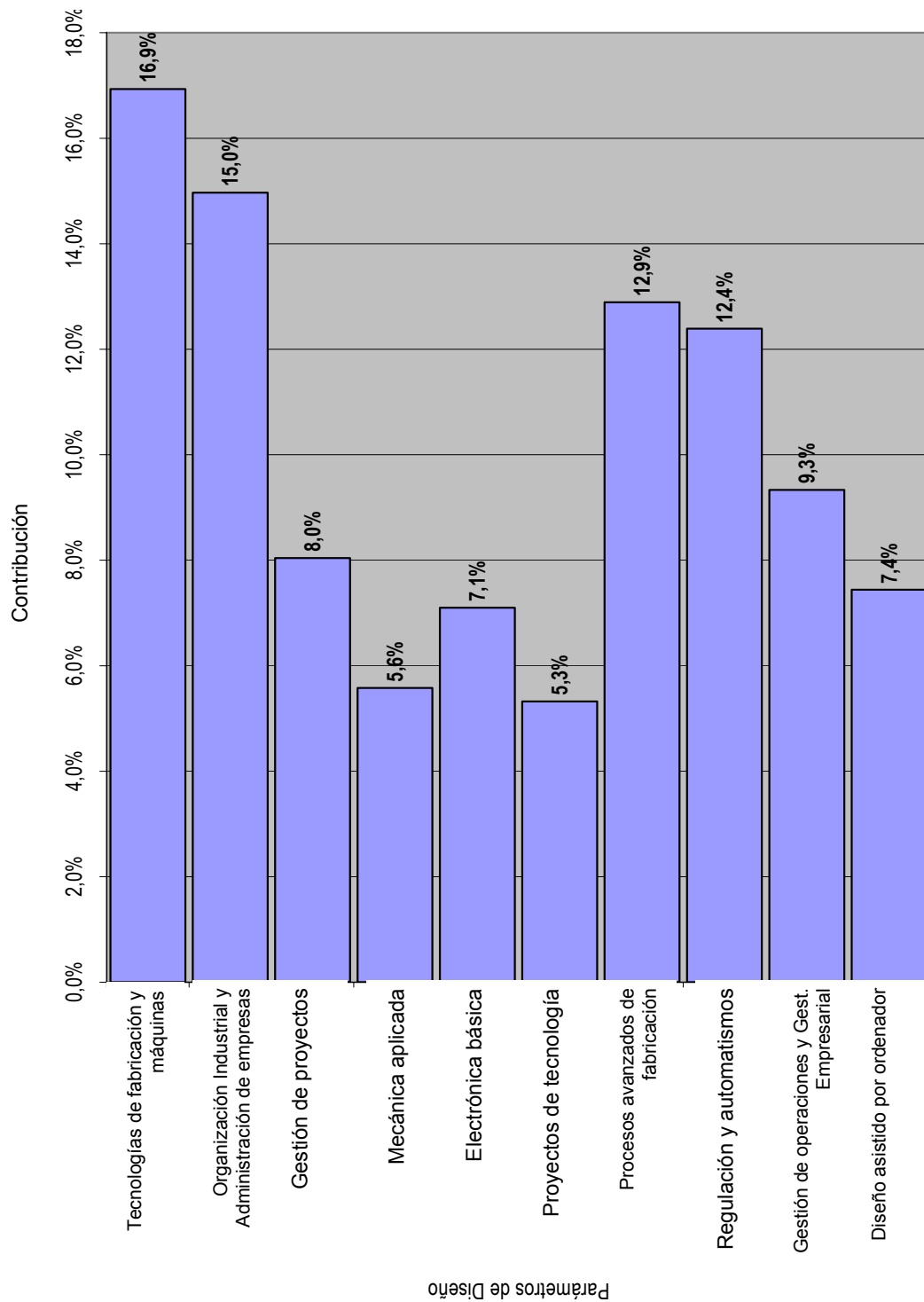


Gráfico 4-21. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 3ª Matriz QFD

El Gráfico 4-22, muestra la repercusión en el logro de metas de aprendizaje si se ajustaran las necesidades de los industriales respecto a la formación y en la siguiente proporción: Conocimientos básicos en ciencia y tecnología para la Ingeniería (7.4%); Conocimientos de Estándares de la Ingeniería (6.6%) y Ética profesional (5.6%).

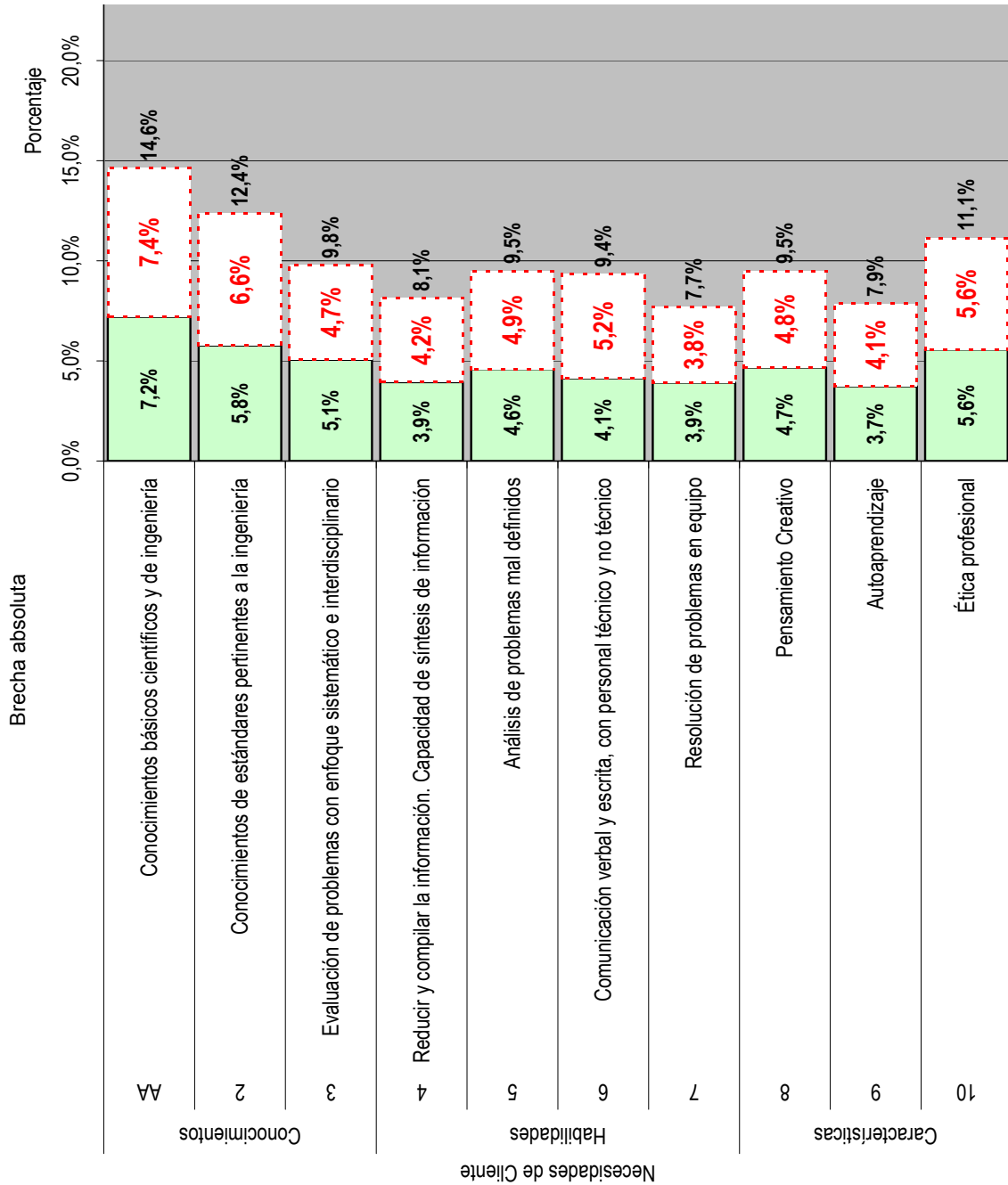


Gráfico 4-22. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 3ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, representado por el porcentaje de mejora que se logra con esa acción determinada respecto de la mejora total.

Es decir, con el ajuste de qué metas de aprendizaje se puede elegir las mejores asignaturas para la enseñanza de CIM y cuál es el porcentaje que representan del total de la mejora ideal: Conocimientos básicos en ciencia y tecnología para la Ingeniería (14.5%), Conocimientos de Estándares de la Ingeniería (12.8%) y Ética profesional (10.8%).

Finalmente, como resultado final del tratamiento de la 3ª Matriz QFD, se concluye que las metas de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial que se correlacionan más con la enseñanza y aprendizaje de la tecnología CIM son:

- Conocimientos básicos en ciencia y tecnología para la Ingeniería.
- Conocimientos de Estándares de la Ingeniería.
- Ética profesional.

Estas metas priorizadas son además las que en mayor medida deben pautar la elección de asignaturas para la enseñanza de CIM.

#### **4.6.4 Cuarta Matriz QFD: Correlación entre asignaturas para la enseñanza de CIM y la didáctica con que se imparten**

Esta matriz QFD tiene por objetivo identificar qué prácticas de la didáctica se adecuan mejor a las asignaturas priorizadas e identificadas en la anterior matriz. Por otra parte, también deberán quedar priorizadas las asignaturas cuyos contenidos son los más ajustados para la enseñanza de CIM.

El resultado de esta matriz permitirá dar consistencia a la priorización de las asignaturas que estudian CIM y a las metodologías y/o estrategias empleadas para su enseñanza.

El diseño de la matriz, ha considerado 10 conceptos para cada eje X e Y. Los conceptos a correlacionar X corresponden a los mismos criterios Y de la tercera matriz (como ya se explicó en el diseño de la metodología. A continuación se detallan los conceptos:

**Eje X: Asignaturas cuyos contenidos, en su totalidad o de forma parcial, se relacionan con la enseñanza de CIM**

*Asignaturas troncales*

X<sub>1</sub>: Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas

X<sub>2</sub>: Organización Industrial y Administración de Empresas

X<sub>3</sub>: Proyectos

*Asignaturas obligatorias*

X<sub>4</sub>: Mecánica aplicada

X<sub>5</sub>: Electrónica básica

X<sub>6</sub>: Proyectos tecnológicos

*Asignaturas optativas*

X<sub>7</sub>: Procesos avanzados de fabricación

X<sub>8</sub>: Regulación y Automatismos

X<sub>9</sub>: Gestión de operaciones y Gestión empresarial

X<sub>10</sub>: Diseño asistido por ordenador (CAD)

**Eje Y: Didáctica como metodología y estrategia de enseñanza***Contenidos teóricos*

Y<sub>1</sub>: Clase magistral

Y<sub>2</sub>: Estudio dirigido

Y<sub>3</sub>: Presentaciones públicas

Y<sub>4</sub>: Seminarios

*Habilidades y Capacidades prácticas*

Y<sub>5</sub>: Laboratorio

Y<sub>6</sub>: Estudio de casos

Y<sub>7</sub>: Implementación de miniproyectos

*Estrategias combinadas*

Y<sub>8</sub>: E-Learning (electronic learning)

Y<sub>9</sub>: Uso de NTIC (Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación)

Y<sub>10</sub>: B – Learning (Blended Learning)

Recordemos algunos conceptos ya citados en el capítulo 2 de esta tesis:

- **Clase magistral:** Es un discurso de divulgación científica o discurso académico que se utiliza en diversas disciplinas para designar el conjunto de discursos orales y escritos producidos en ámbitos relacionados con la enseñanza (con una finalidad, generalmente, didáctica). La relación que se establece entre los participantes es de experto a experto o de más a menos experto.
- **Miniproyectos:** Son pequeños problemas prácticos solucionables en 10- 20 minutos que desarrollan las técnicas de trabajo básicas del trabajo en el aula-taller: soldar, pegar, cortar, etc. Su estructura es un guión escrito breve en el que explica el trabajo a realizar y una bandeja en la que se encuentran los materiales y herramientas necesarias.
- **B-Learning** (del inglés *blended learning*): Consiste en un proceso docente semipresencial; esto significa que un curso dictado en este formato incluirá tanto clases presenciales como actividades de e-learning. Este modelo de formación hace uso de las ventajas de la formación 100% on-line y la formación presencial, combinándolas en un solo tipo de formación que agiliza la labor tanto del formador como del alumno. El diseño instruccional del programa académico para el que se ha decidido adoptar una modalidad b-Learning deberá incluir tanto actividades on-line como presenciales, pedagógicamente estructuradas, de modo que se facilite lograr el aprendizaje buscado.

- **E-Learning** (*del inglés electronic learning*): Pedagógicamente se trata de hacer una pedagogía de transmisión del saber más allá de la propia inserción de contenidos en la red (actual sociedad de la información que creo debe convertirse en sociedad del conocimiento). Tecnológicamente, las NTIC son el soporte de este nuevo concepto de educación.
- **NTIC**: Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación se conciben como el universo de dos conjuntos, representados por las tradicionales Tecnologías de la Comunicación (TC) - constituidas principalmente por la radio, la televisión y la telefonía convencional - y por las Tecnologías de la información (TI) caracterizadas por la digitalización de las tecnologías de registros de contenidos (informática, de las comunicaciones, telemática y de las interfaces)". Las TIC son herramientas, soportes y canales que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan y presentan información de la forma más variada.

Una vez recordados algunos conceptos del grupo Y, continuamos con las valoraciones.

En esta cuarta matriz, los expertos califican en qué medida se correlacionan las asignaturas dedicadas al estudio de CIM con la didáctica con que se las debería impartir (metodología y estrategia de enseñanza).

Los resultados de las correlaciones de los dos grupos de expertos (industrial y académico) del ámbito nacional, expresados en su valor modal, son los siguientes (Ver Cuadro 4-52):

		Valoración de Asignaturas relacionadas con CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Didáctica para la enseñanza de CIM	Y1	9	9	3	9	9	3	3	3	9	3
	Y2	9	9	9	3	3	9	3	3	3	3
	Y3	3	9	3	1	1	3	3	1	3	1
	Y4	3	9	3	3	1	3	9	9	9	3
	Y5	9	0	9	3	9	9	9	9	0	9
	Y6	3	9	3	3	3	9	9	9	9	1
	Y7	9	1	9	3	9	9	9	9	3	9
	Y8	0	3	3	3	9	3	3	3	9	9
	Y9	1	3	3	3	3	3	3	1	3	9
	Y10	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3

Cuadro 4-52. Moda de las Respuestas de la 4ª Matriz (Casa de Calidad), grupo de expertos

Para comprender mejor la interpretación del cuadro anterior de respuestas, analizamos un ejemplo. La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación  $X_1Y_1$  y su calificación ha sido de 9; es decir, que la correlación entre  $X_1$  (Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas) y  $Y_1$  (Clase magistral) es alta (valor máximo).

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los miembros del grupo de expertos, que representan a los sectores industrial y académico; consideran que tienen una relación alta o influencia trascendental la didáctica (en este caso la clase magistral) con que imparte la asignatura de *Tecnologías de fabricación y Tecnologías de Máquinas*.

O de otra forma, se interpreta, que la asignatura *Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas*, idealmente debería impartida basada en una enseñanza de *Clase magistral* para que las metas de aprendizaje se cumplan.

En términos generales, se puede apreciar que tan sólo cinco de las 100 correlaciones ( $X_{i=1,\dots,10}; Y_{j=1,\dots,10}$ ) tiene una calificación de 0, lo que indica que los valores de entrada iniciales tienen alguna correlación y por tanto está validada la elección de dichos conceptos.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-53) se muestran las calificaciones diferenciadas por grupos.

		Valoración de Asignaturas relacionadas con CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Didáctica para la enseñanza de CIM	Y1	9	9	3	9	9	3	3	3	9	3
	Y2	9	9	9	3	3	9	3	3	3	3
	Y3	3	9	3	1	1	3	3	1	3	1
	Y4	3	9	3	3	1	3	9	9	9	3
	Y5	9	0	9	3	9	9	9	9	0	9
	Y6	3	9	3	3	3	9	9	9	9	1
	Y7	9	1	9	3	9	9	9	9	3	9
	Y8	0	3	3	3	9	3	3	3	9	9
	Y9	1	3	3	3	3	3	3	1	3	9
	Y10	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3

Cuadro 4-53. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 4ª Matriz

De este cuadro, se realizan las siguientes puntualizaciones:

- El 37% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 49% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 9% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- El 5% de las calificaciones corresponde a las correlaciones nulas (0)

Así mismo, el análisis de cada grupo de correlaciones se desagrega como sigue:

- La correlación  $X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Tecnologías de fabricación y Tecnologías de Máquinas, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_2Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Organización industrial y Administración de empresas Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir, que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Organización Industrial y Administración de empresas, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Proyectos Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Proyectos, donde la influencia es **notable**.

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Mecánica aplicada Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Mecánica aplicada, donde la influencia es **notable**.

- La correlación  $X_5Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Electrónica básica Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio



de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Electrónica básica, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_6 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Proyectos tecnológicos Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Proyectos Tecnológicos, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Procesos avanzados de fabricación Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Procesos avanzados de fabricación, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Regulación y automatismos Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Regulación y automatismos, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión de operaciones y Gestión empresarial Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, la ejecución de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y

Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Gestión de operaciones y Gestión empresarial, donde la influencia es **muy notable**.

- La correlación  $X_{10}Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Diseño Asistido por Ordenador Vs. Clase magistral, ..., B- learning) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) más adecuadas para impartir las distintas asignaturas, como la Clase magistral, el Estudio dirigido, las Presentaciones públicas, los Seminarios, las prácticas en Laboratorio, el Estudio de casos, el desarrollo de Miniproyectos, el Aprendizaje electrónico (E-learning), el uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) y el Aprendizaje combinado (Blended learning); repercuten en el diseño del currículo, asignaturas y sus contenidos para el estudio de CIM. Y en este caso particular de la asignatura de Diseño Asistido por Ordenador, donde la influencia es **muy notable**.

Finalmente el cuadro muestra, que a partir de las correlaciones más fuertes, las metodologías y estrategias de enseñanza (didáctica) que más se adecuan para la enseñanza de las asignaturas priorizadas para el aprendizaje de CIM son las siguientes:

- $Y_1$  “Clase magistral”, ya que esta metodología permitirá impartir las asignaturas alcanzando las metas de aprendizaje planteadas para la formación en la tecnología CIM. Por tanto, esta metodología ha sido mejor correlacionada y sugerida para la enseñanza de las siguientes asignaturas: Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas ( $X_1$ ), Organización industrial y Administración de empresas ( $X_2$ ), Mecánica aplicada ( $X_4$ ), Electrónica básica ( $X_5$ ) y Gestión de operaciones y Gestión empresarial ( $X_9$ ).
- $Y_5$  “Prácticas de Laboratorio”, ya que esta metodología permitirá impartir las asignaturas alcanzando las metas de aprendizaje planteadas para la formación en la tecnología CIM. Por tanto, esta metodología ha sido mejor correlacionada y sugerida para la enseñanza de las siguientes asignaturas: Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas ( $X_1$ ), Proyectos ( $X_3$ ), Electrónica básica ( $X_5$ ), Proyectos tecnológicos ( $X_6$ ), Procesos avanzados de fabricación ( $X_7$ ), Regulación y automatismos ( $X_8$ ) y Diseño Asistido por Ordenador ( $X_{10}$ ).
- $Y_1$  “Desarrollo de Miniproyectos”, ya que esta metodología permitirá impartir las asignaturas alcanzando las metas de aprendizaje planteadas para la formación en la tecnología CIM. Por tanto, esta metodología ha sido mejor correlacionada y sugerida para la enseñanza de las siguientes asignaturas: Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas ( $X_1$ ), Proyectos ( $X_3$ ), Electrónica básica ( $X_5$ ), Proyectos tecnológicos ( $X_6$ ), Procesos avanzados de fabricación ( $X_7$ ), Regulación y automatismos ( $X_8$ ) y Diseño Asistido por Ordenador ( $X_{10}$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados.

Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no. Así, si se concentran los puntos en la mitad baja, significará que las correlaciones son relevantes. Para mejor ilustración, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-23). En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

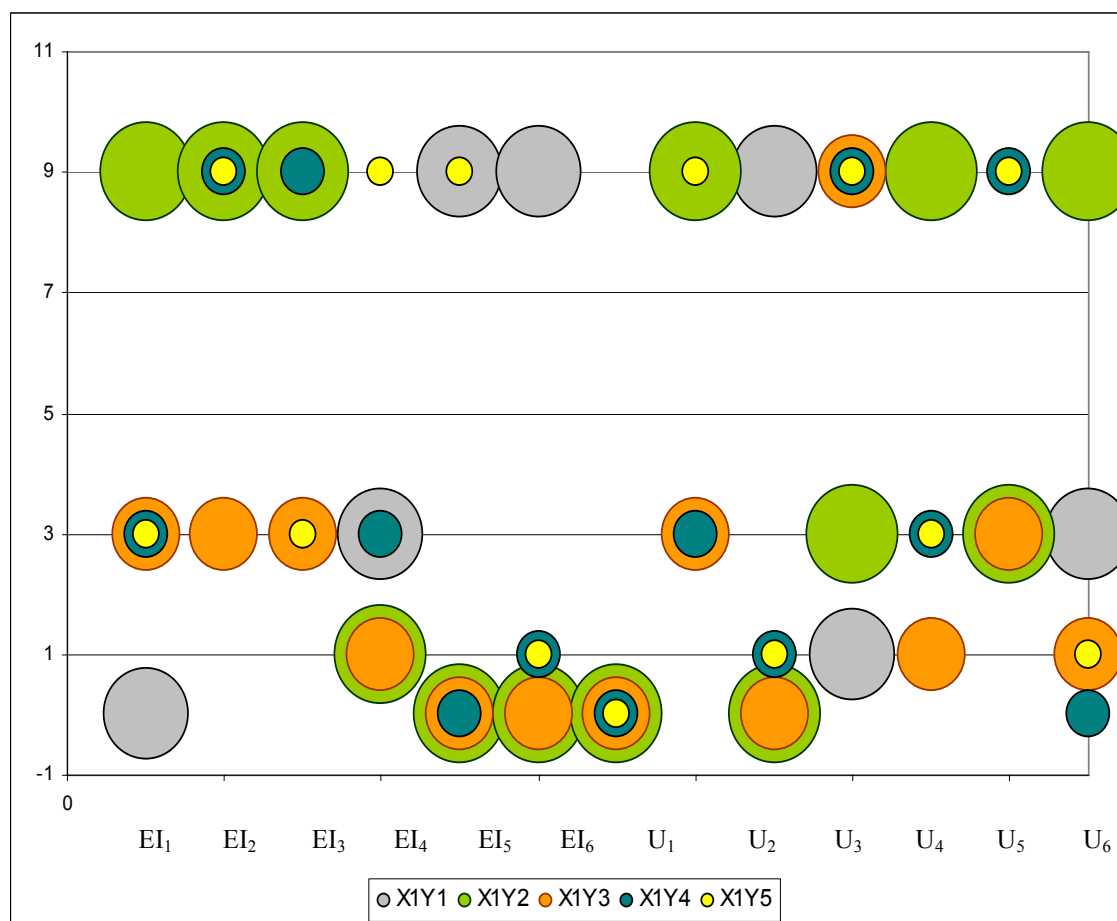


Gráfico 4-23. Concentración de calificaciones de respuestas – 4ª Matriz

Donde:

$EI_1$ : Empresa Industrial N° 1

$EI_n$ : Empresa Industrial n;  $n= 1, \dots, 6$

$U_1$ : Universidad N° 1

$U_n$ : Universidad n;  $n= 1, \dots, 7$

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos es el siguiente (Ver Cuadro 4-54):

		Valoración de Asignaturas relacionadas con CIM (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Didáctica para la enseñanza de CIM	Y1	0	3	3	1	1	3	1	0	3	1
	Y2	3	0	0	1	1	1	1	1	0	1
	Y3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	Y4	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
	Y5	3	0	0	1	3	0	3	3	0	1
	Y6	1	3	3	0	0	1	0	0	3	0
	Y7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Y8	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
	Y9	1	3	3	0	0	0	1	1	0	3
	Y10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cuadro 4-54. Respuestas de la 4ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-55), en el que se advierte que hay una gran coincidencia en las calificaciones de los expertos locales como los de Estados Unidos. Tan sólo se da una divergencia amplia en diez resultados (de un total de 100 resultados).

		Valoración de Asignaturas relacionadas con CIM (comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Didáctica para la enseñanza de CIM	Y1	9-0	9-3	3	9-1	9-1	3	3-1	3-0	9-3	3-1
	Y2	9-3	9-0	9-0	3-1	3-1	9-1	3-1	3-1	3-0	3-1
	Y3	3-0	9-0	3-1	1-0	1-0	3-1	3-0	1-0	3-1	1-0
	Y4	3-1	9-0	3-1	3-0	1-0	3-0	9-1	9-1	9-0	3-1
	Y5	9-3	0	9-0	3-1	9-3	9-0	9-3	9-3	0	9-1
	Y6	3-1	9-3	3	3-0	3-0	9-1	9-0	9-0	9-3	1-0
	Y7	9-1	1	9-1	3-1	9-1	9-1	9-1	9-1	3-1	9-1
	Y8	0	3-1	3-1	3-1	9-1	3-1	3-1	3-1	9-1	9-1
	Y9	1	3	3	3-0	3-0	3-0	3-1	1	3-0	9-3
	Y10	1-0	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	1-0	3-1	3-1

Cuadro 4-55. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 4ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre las formas didácticas priorizadas para la enseñanza de CIM, y que son consideradas indispensables para el cumplimiento de las metas de aprendizaje.

En *Estados Unidos*, la forma didáctica elegida como prioritaria o que más se repite como más adecuada para ser usada en las asignaturas para la enseñanza de CIM, son:

- Clase magistral
- Prácticas en Laboratorio.

Mientras que para los expertos locales, las formas de didáctica prioritarias o de preferencia para el estudio de CIM son:

- Miniproyectos
- Prácticas de Laboratorio
- Clase magistral

Sin embargo, los expertos de ambas geografías coinciden en que mencionadas metodologías y estrategias (didáctica), coadyuvan de forma notable al cumplimiento de las metas de aprendizaje de las siguientes asignaturas principalmente:

- Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (X<sub>1</sub>)
- Organización Industrial y Administración de Empresas (X<sub>2</sub>)
- Proyectos (X<sub>3</sub>)
- Electrónica básica (X<sub>5</sub>)
- Proyectos tecnológicos (X<sub>6</sub>)
- Procesos avanzados de fabricación (X<sub>7</sub>)
- Regulación y automatismos (X<sub>8</sub>)
- Diseño Asistido por Ordenador (X<sub>10</sub>).

Por tanto, otra coincidencia respecto a la didáctica se basa en la elección del desarrollo de Miniproyectos, Estudio de casos y la Clase magistral.

### Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Cuarta Matriz

Finalmente, el análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y).

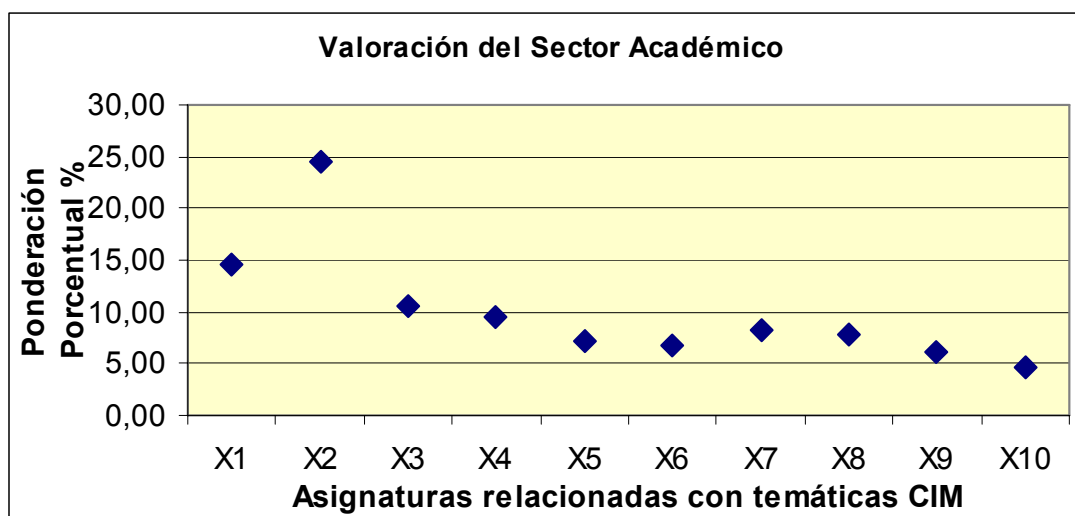
Asignaturas	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	15,00	7,50	10,00	17,00	40,00	0,00	12,00	14,50
X2	15,00	15,00	10,00	17,00	0,00	100,00	15,00	24,57
X3	15,00	7,50	10,00	12,00	20,00	0,00	10,00	10,64
X4	10,00	10,00	10,00	14,00	15,00	0,00	8,00	9,57
X5	10,00	10,00	10,00	13,00	0,00	0,00	8,00	7,29
X6	10,00	7,50	10,00	6,00	5,00	0,00	9,00	6,79
X7	10,00	10,00	10,00	5,00	10,00	0,00	12,00	8,14
X8	5,00	10,00	10,00	12,00	5,00	0,00	12,00	7,71
X9	5,00	12,50	10,00	2,00	5,00	0,00	8,00	6,07
X10	5,00	10,00	10,00	2,00	0,00	0,00	6,00	4,71
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-56. Calificación ponderada del sector académico a asignaturas dedicadas al estudio de CIM

El primer grupo de expertos correspondiente al *sector académico* (en el rol de productor) califica (0 al 100%) las metas de aprendizaje ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) que son más importantes en la formación del Ingeniero Industrial.

Este valor (media aritmética) se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y). De esta forma, se obtendrá una calificación ponderada relativa. Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-24), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 4% al 25%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia.



Cuadro 4-24. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de asignaturas dedicadas al estudio de CIM

Asignaturas	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
X1	10,00	15,00	80,00	90,00	70,00	75,00	56,67
X2	5,00	10,00	70,00	85,00	65,00	70,00	50,83
X3	5,00	15,00	80,00	80,00	65,00	85,00	55,00
X4	10,00	15,00	80,00	90,00	60,00	85,00	56,67
X5	10,00	10,00	80,00	90,00	60,00	90,00	56,67
X6	10,00	5,00	70,00	95,00	60,00	70,00	51,67
X7	20,00	10,00	100,00	80,00	40,00	90,00	56,67
X8	10,00	5,00	90,00	90,00	30,00	85,00	51,67
X9	10,00	5,00	90,00	80,00	30,00	90,00	50,83
X10	10,00	10,00	70,00	85,00	30,00	70,00	45,83

Cuadro 4-57. Media de calificación del sector industrial a las asignaturas

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique las asignaturas sugeridas para el estudio de CIM, pero a diferencia del rango anterior, cada concepto

deberá ser calificado de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-57).

La representación gráfica, muestra la importancia con que los industriales califican a las asignaturas. Los valores oscilan en el rango del 45% al 57%, lo que se interpreta como notablemente importantes (Ver Gráfico 4-25).

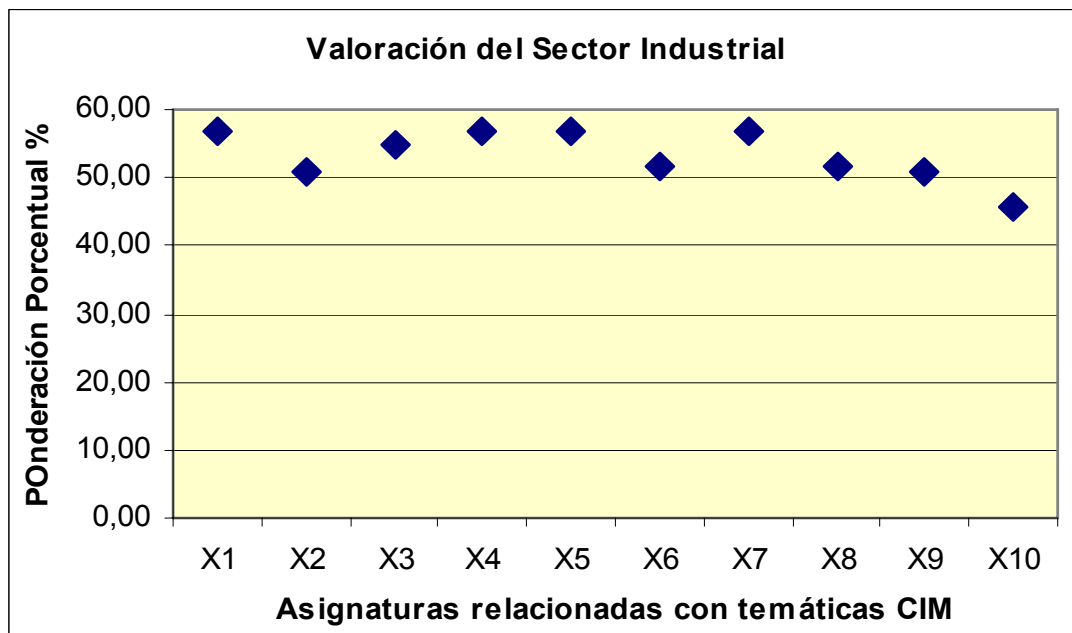


Gráfico 4-25. Concentración de calificaciones del sector industrial a las asignaturas

Abscisa	Asignaturas dedicadas al estudio de CIM	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas	14,50	20,00	1º	56,67
X2	Organización industrial y Administración de empresas	24,57	20,00	4º	50,83
X3	Proyectos	10,64	5,00	2º	55,00
X4	Mecánica aplicada	9,57	10,00	1º	56,67
X5	Electrónica básica	7,29	10,00	1º	56,67
X6	Proyectos tecnológicos	6,79	5,00	3º	51,67
X7	Procesos avanzados de Fabricación	8,14	10,00	1º	56,67
X8	Regulación y automatismos	7,71	10,00	3º	51,67
X9	Gestión de operaciones y Gestión empresarial	6,07	5,00	4º	50,83
X10	Diseño Asistido por Ordenador	4,71	5,00	5º	45,83

Cuadro 4-58. Comparación de importancia de asignaturas dedicadas al estudio de CIM

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-58), compara las valoraciones del sector industrial y del sector académico (nacional y norteamericano) a fin de obtener una conclusión global sobre la ponderación relativa de las asignaturas dedicadas al estudio de CIM, las mismas que requieren metodologías y estrategias (didáctica) para su enseñanza.

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que la asignatura Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas, coincide en ser priorizada tanto por el sector académico (local y norteamericano) como por el sector industrial.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos

- X: Metas de aprendizaje
- Y - Didáctica: metodologías y estrategias de enseñanza

Como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (Asignaturas dedicadas al estudio de CIM) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la cuarta matriz QFD (Cuadro 4-59).

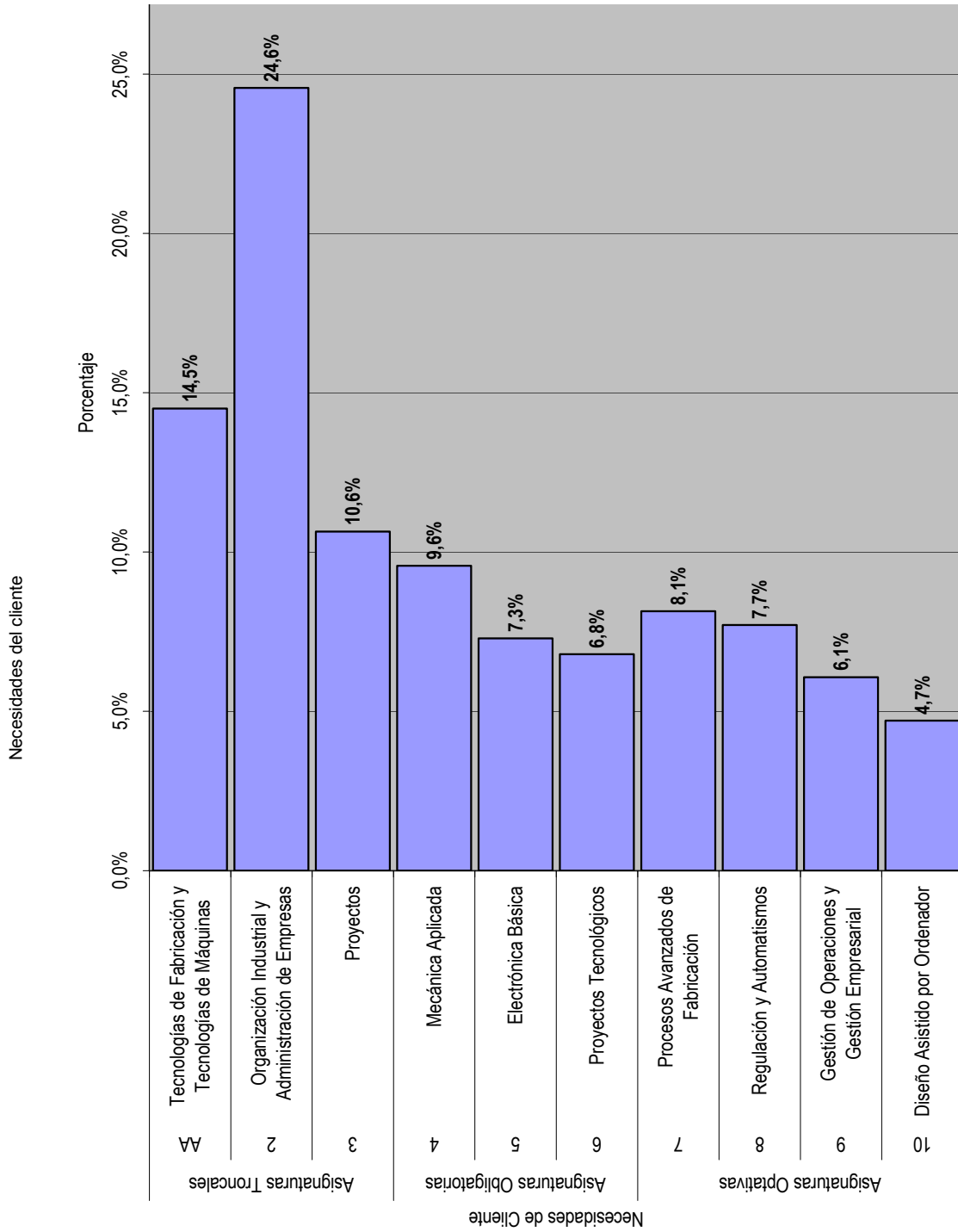
También, el gráfico (Ver Gráfico 4-26) de la cuarta matriz QFD, refleja los resultados referidos a las necesidades del cliente.

En este caso se trata de las necesidades del sector industrial respecto a las asignaturas dedicadas al estudio de CIM, que requieren el uso de estrategias y metodologías adecuadas para su desarrollo y enseñanza.

Las principales necesidades del cliente (Ver Gráfico 4-26), expresan la prioridad con que califica el sector industrial y académico, a las asignaturas dedicadas al estudio de CIM son:

- Organización industrial y Administración de empresas (24.6%)
- Tecnologías de fabricación y de máquinas (14.5%)
- Proyectos (10.6%)
- Mecánica aplicada (9.6%)





Cuadro 4-26. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 4ª Matriz QFD

Necesidad Superior		Parametros de Diseno											Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa		
		No	Necesidad del Cliente	Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8						9	10
				53,5%	11,3%	12,9%	10,6%	7,2%	9,5%	11,4%	9,6%	8,7%						10,0%	8,6%
Asignaturas Troncales	1	Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas	14,5%	9	9	3	9	9	3	3	3	9	3	57%	14,5%	8,2%	6,3%	13,5%	
	2	Organización Industrial y Administración de Empresas	24,6%	9	9	9	3	3	9	3	3	3	3	51%	24,6%	12,5%	12,1%	26,0%	
	3	Proyectos	10,6%	3	9	3	1	1	3	3	1	3	1	55%	10,6%	5,9%	4,8%	10,3%	
Asignaturas Obligatorias	4	Mecánica Aplicada	9,6%	3	9	3	3	1	3	9	9	9	3	57%	9,6%	5,4%	4,1%	8,9%	
	5	Electrónica Básica	7,3%	9	0	9	3	9	9	9	9	0	9	57%	7,3%	4,1%	3,2%	6,8%	
	6	Proyectos Tecnológicos	6,8%	3	9	3	3	3	9	9	9	9	1	52%	6,8%	3,5%	3,3%	7,1%	
	7	Procesos Avanzados de Fabricación	8,1%	9	1	9	3	9	9	9	9	3	9	57%	8,1%	4,6%	3,5%	7,6%	
	8	Regulación y Automatismos	7,7%	0	3	3	3	9	3	3	3	9	9	52%	7,7%	4,0%	3,7%	8,0%	
	9	Gestión de Operaciones y Gestión Empresarial	6,1%	1	3	3	3	3	3	3	1	3	9	51%	6,1%	3,1%	3,0%	6,4%	
	10	Diseño Asistido por Ordenador	4,7%	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	46%	4,7%	2,2%	2,6%	5,5%	
			100,0%																
			Peso ponderado OK	5,8	6,6	5,4	3,7	4,9	5,8	4,9	4,4	5,1	4,4	53,3%	100,0%	53,5%	46,5%	100,0%	
			Métrico	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan	% del N° de créditos o asignaturas que lo utilizan						
			Nivel actual	No determinado															
			Meta	>50% en cursos de base y < 50% en cursos superiores	Énfasis en últimos cursos e intensificación	Énfasis en últimos cursos e intensificación	Énfasis en últimos cursos e intensificación	> 15%	>5%	Énfasis en últimos cursos e intensificación	Combinar con otros métodos	Transversal a toda la carrera	Combinar con otros métodos						
			Dificultad	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%						

Cuadro 4-59. Correlación entre las asignaturas dedicadas al estudio de CIM y la didáctica con que se las imparte. 4ª Matriz QFD

En el (Gráfico 4-27) la “contribución relativa” refleja en qué medida las metodologías y estrategias (didáctica) para la enseñanza de asignaturas CIM contribuyen al logro de las metas de aprendizaje, en la siguiente proporción: Estudio dirigido (12.9%), Estudio de casos (11.4%) y Clase magistral (11.3%).

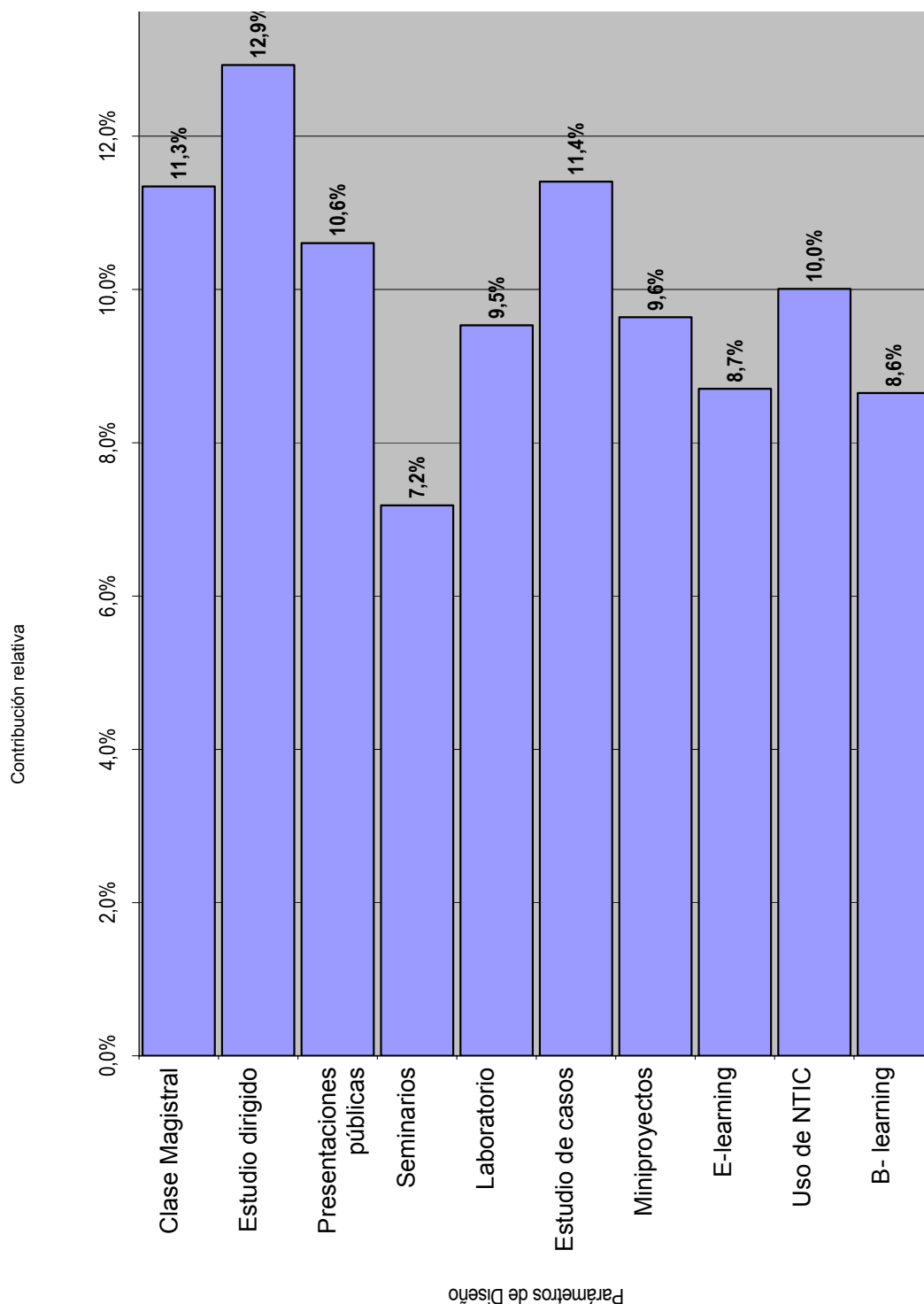


Gráfico 4-27. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 4ª Matriz QFD

El Gráfico 4-28, muestra los valores de la “Brecha absoluta ponderada”, que indica qué asignaturas dedicadas al estudio de CIM deben ajustarse con cuidado para mejorar la satisfacción en las necesidades de los clientes (industriales CIM y

estudiantes). En este sentido, las asignaturas cuyo ajuste podría satisfacer 100% al cliente con la consecuencia de una mejora absoluta son: Organización industrial y Administración de empresas (12.1%), Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (6.3%), Proyectos (4.8%) y Mecánica aplicada (4.1%).

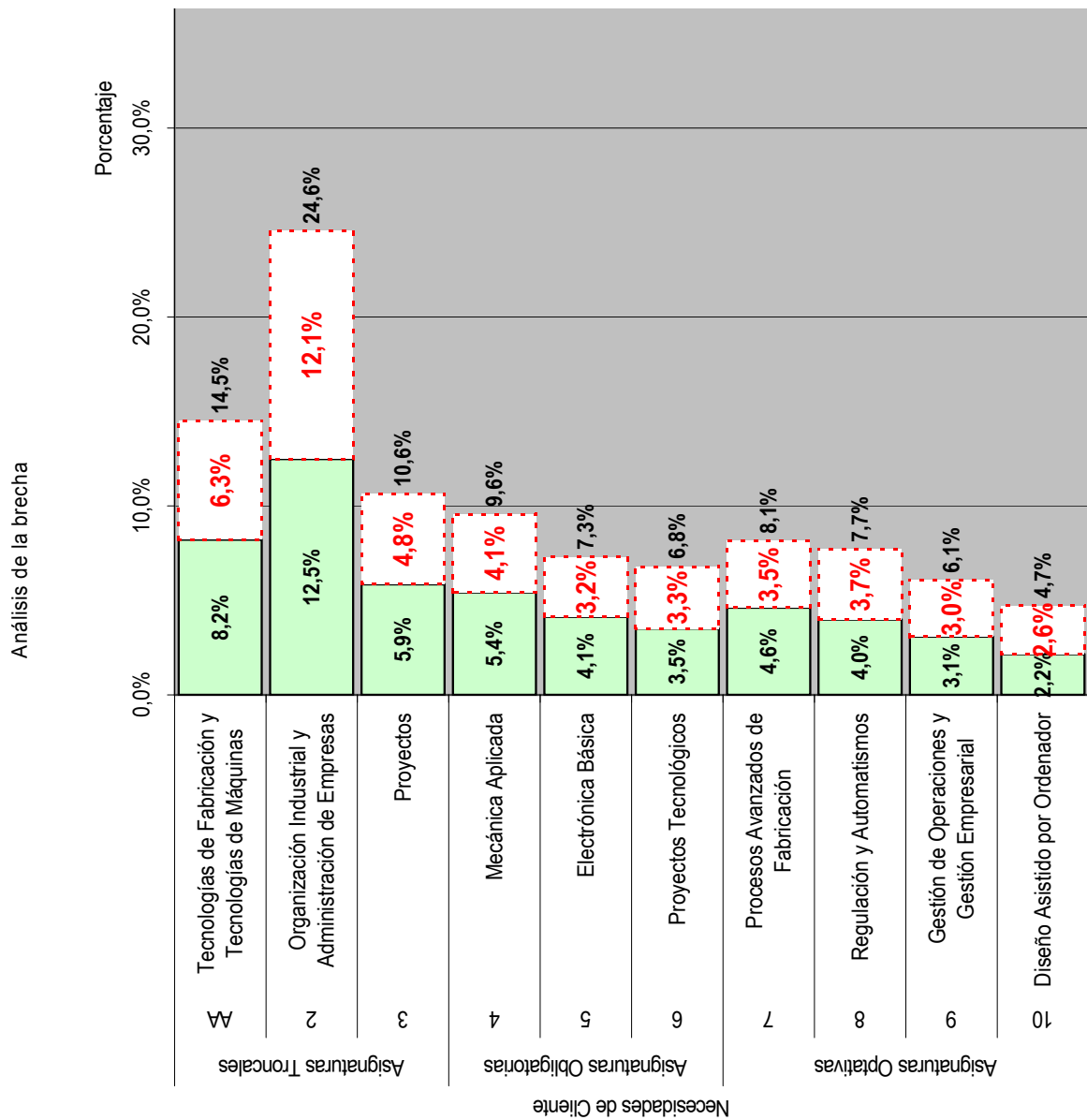


Gráfico 4-28. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 4ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa que refleja valores relativos de qué asignaturas dedicadas al estudio de CIM, pueden usar las estrategias y metodologías de la didáctica a fin de cumplir de mejor manera las metas de aprendizaje. Los valores calculados son los siguientes:

- Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (10.3%)
- Organización industrial y Administración de empresas (8.9%)
- Regulación y automatismos (8%).

#### 4.6.5 Quinta Matriz QFD: Correlación entre Didáctica y los cursos para la enseñanza de CIM

Esta matriz QFD tiene por objetivo identificar en qué curso o año y qué duración temporal deben tener las asignaturas dedicadas al estudio de CIM, en el contexto del currículo de la carrera de Ingeniería Industrial. Para lo que se trabaja con la correlación de la didáctica (con que se imparten las asignaturas dedicadas a CIM) con los cursos (ubicación y duración).

El resultado del tratamiento de esta información permitirá ajustar de mejor forma el diseño y actualización de los contenidos curriculares de la tecnología CIM (del caso de estudio) en función a estos parámetros de diseño (didáctica y estructura de la enseñanza).

El diseño de la matriz, ha considerado 10 conceptos divididos en los dos grupos de X e Y, recordando que los conceptos del grupo X son los mismos del grupo Y de la anterior matriz. A continuación se describen todos los conceptos:

##### **Eje X: Didáctica como metodología y estrategia de enseñanza**

###### *Contenidos teóricos*

X<sub>1</sub>: Clase magistral

X<sub>2</sub>: Estudio dirigido

X<sub>3</sub>: Presentaciones públicas

X<sub>4</sub>: Seminarios

###### *Habilidades y Capacidades prácticas*

X<sub>5</sub>: Laboratorio

X<sub>6</sub>: Estudio de casos

X<sub>7</sub>: Implementación de miniproyectos

###### *Estrategias combinadas*

X<sub>8</sub>: E-Learning (electronic learning)

X<sub>9</sub>: Uso de NTIC (Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación)

X<sub>10</sub>: B – Learning (Blended Learning)

##### **Eje Y: Cursos de la carrera en los que se identifica la enseñanza de CIM, por años e intensificación**

Y<sub>1</sub>: Primer curso (1° año)

Y<sub>2</sub>: Segundo curso (2° año)

Y<sub>3</sub>: Tercer curso (3° año)

Y<sub>4</sub>: Cuarto curso (4° año)

Y<sub>5</sub>: Quinto curso (5° año)

###### *Intensificaciones Cuarto año*

Y<sub>6</sub>: Cuarto curso – Intensificación en Fabricación y Máquinas

Y<sub>7</sub>: Cuarto curso – Intensificación en Gestión y Administración de empresas

*Intensificaciones Quinto año*

Y<sub>8</sub>: Quinto curso - Intensificación en Fabricación y Máquinas

Y<sub>9</sub>: Quinto curso – Intensificación en Gestión y Administración de empresas

Y<sub>10</sub>: Quinto curso – Intensificación en Química

En esta quinta matriz, se obtendrá el valor modal para cada una de las 100 correlaciones (matriz 10x10). Los resultados de las correlaciones son los siguientes (Ver Cuadro 4-60):

		Valoración de Didáctica para enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Cursos adecuados para la enseñanza de CIM	Y1	9	0	0	3	3	0	0	3	3	3
	Y2	9	1	1	3	3	1	0	3	3	3
	Y3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3
	Y4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Y5	3	3	3	3	9	9	9	3	3	3
	Y6	3	3	3	3	3	9	9	3	3	3
	Y7	3	9	9	3	9	3	9	3	3	3
	Y8	3	9	3	3	9	9	9	9	3	3
	Y9	9	9	3	3	3	9	9	3	3	3
	Y10	1	9	3	3	9	3	9	3	3	3

Cuadro 4-60. Moda de las Respuestas de la 5ª Matriz (Casa Calidad), grupo de expertos

Para comprender mejor la calificación, se analizará un ejemplo a continuación. La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación X<sub>1</sub>Y<sub>1</sub> y su calificación ha sido de 9; es decir, que la correlación entre X<sub>1</sub> (Clase magistral) y Y<sub>1</sub> (1er curso -1er año) es alta porque toma su valor máximo.

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los miembros del grupo de expertos, considera que tiene una relación alta o influencia trascendental entre la enseñanza didáctica de *clase magistral* con el grado del *1er curso o 1er año*.

O de otra forma, se interpreta, que en *1er año o 1er curso* es más recomendable la metodología y estrategia de enseñanza de la *Clase magistral*. Este concepto se explica dado que para poder experimentar algo hace falta tener los conceptos teóricos bien estudiados.

En términos generales, se puede apreciar que tan solo cinco de las 100 correlaciones (X<sub>i=1,...,10</sub>; Y<sub>j=1,...,10</sub>) tiene una calificación de 0, lo que indica que los valores de entrada iniciales tienen alguna correlación.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-61) se presentan los grupos de respuestas por su jerarquía de calificación.

		Valoración de Didáctica para enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Cursos adecuados para la enseñanza de CIM	Y1	9	0	0	3	3	0	0	3	3	3
	Y2	9	1	1	3	3	1	0	3	3	3
	Y3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3
	Y4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Y5	3	3	3	3	9	9	9	3	3	3
	Y6	3	3	3	3	3	9	9	3	3	3
	Y7	3	9	9	3	9	3	9	3	3	3
	Y8	3	9	3	3	9	9	9	9	3	3
	Y9	9	9	3	3	3	9	9	3	3	3
	Y10	1	9	3	3	9	3	9	3	3	3

Cuadro 4-61. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 5ª Matriz

De este cuadro, se obtienen las siguientes apreciaciones:

- El 22% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 66% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 6% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- El 6% de las calificaciones corresponde a las correlaciones nulas (0)

Así mismo, el análisis de cada grupo de correlaciones se desagrega como sigue:

- La correlación  $X_1Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Clase magistral Vs. 1º curso, ..., 5º curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1º año, 2º año, 3º año, 4º año, 4º año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4º año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5º año, 5º año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5º año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5º año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, la *clase magistral* ha sido elegida como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

- La correlación  $X_2Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Estudio dirigido Vs. 1º curso, ..., 5º curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1º año, 2º año, 3º año, 4º año, 4º año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4º año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5º año, 5º año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5º año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5º año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de

CIM. Y en este caso, el *Estudio dirigido* ha sido elegido como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **muy notable**.

- La correlación  $X_3 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Presentaciones públicas Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, las *Presentaciones públicas* han sido elegidas como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

- La correlación  $X_4 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Seminarios Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, los *seminarios* han sido elegidos como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

- La correlación  $X_5 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (prácticas en Laboratorio Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, las *prácticas de laboratorio* han sido elegidas como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **muy notable**.

- La correlación  $X_6 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Estudio de casos Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año -



intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, el *Estudio de casos* ha sido elegido como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Desarrollo de Miniproyectos Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año - intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, los *desarrollo de Miniproyectos* han sido elegidos como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **muy notable**.

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (E-Learning Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año - intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, el *E-learning* ha sido elegido como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Uso de NTIC Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año - intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año - intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, el *uso de NTICs* ha sido elegido como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

La correlación  $X_{10} Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (B-Learning Vs. 1° curso, ..., 5° curso-intensificación química) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes a 1° año, 2° año, 3° año, 4° año, 4° año-intensificación en Fabricación y máquinas, 4° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas, 5° año, 5° año -intensificación en Fabricación y máquinas, 5° año -intensificación en Gestión y Administración de empresas y 5° año – intensificación en química; las metodologías y estrategias de enseñanza tienen una importante influencia para poder alcanzar las metas de aprendizaje planteadas como objetivos del estudio de CIM. Y en este caso, el *B-learning* ha sido elegido como una metodología adecuada para la enseñanza y su influencia ha sido calificada como **notable**.

Finalmente, el cuadro muestra que a partir de las correlaciones más fuertes, los cursos más adecuados para la enseñanza de CIM, en los que se imparten asignaturas mediante el uso de metodologías y estrategias educativas; son:

- $Y_8$  “5° curso – intensificación en Fabricación y máquinas”, ya que este curso reúne las características idóneas para poder enseñar asignaturas cuyos contenidos sean relativos a CIM. Dichas asignaturas podrían basar su didáctica en las siguientes metodologías y estrategias: Estudio dirigido ( $X_2$ ), Prácticas de laboratorio ( $X_5$ ), Estudio de casos ( $X_6$ ), Desarrollo de Miniproyectos ( $X_7$ ) y E-learning ( $X_8$ ).
- $Y_7$  “5° curso”, ya que este curso reúne las características idóneas para poder enseñar asignaturas cuyos contenidos sean relativos a CIM. Dichas asignaturas podrían basar su didáctica en las siguientes metodologías y estrategias: Estudio dirigido ( $X_2$ ), Presentaciones públicas ( $X_3$ ), Prácticas de laboratorio ( $X_5$ ) y Desarrollo de Miniproyectos ( $X_7$ ).
- $Y_9$  “5° curso – intensificación en Gestión y Administración de empresas”, ya que este curso reúne las características idóneas para poder enseñar asignaturas cuyos contenidos sean relativos a CIM. Dichas asignaturas podrían basar su didáctica en las siguientes metodologías y estrategias: Clase magistral ( $X_1$ ), Estudio dirigido ( $X_2$ ), Estudio de casos ( $X_6$ ) y Desarrollo de Miniproyectos ( $X_7$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados.

Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no. Así, si se concentran los puntos en la mitad baja, significará que las correlaciones son relevantes.

Para mejor ilustración, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-29).

En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

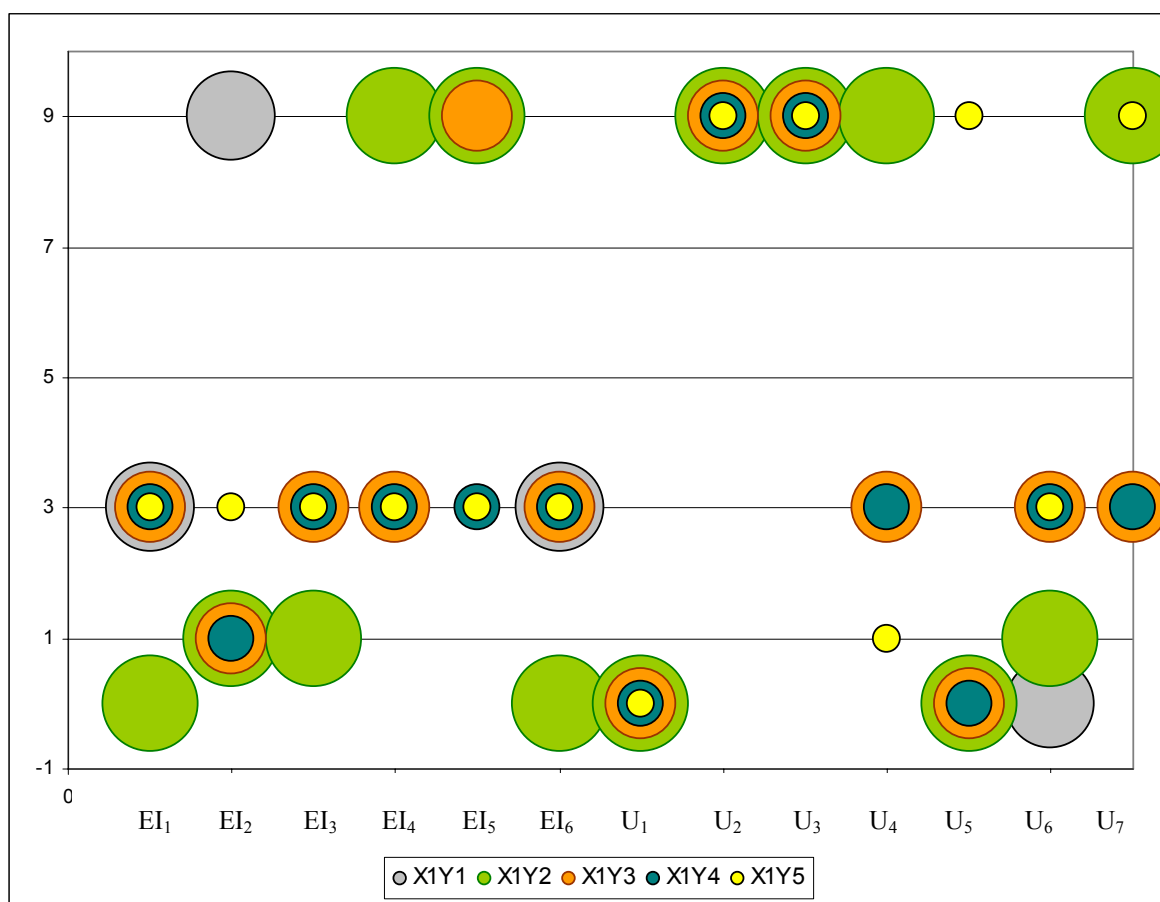


Gráfico 4-29. Concentración de calificaciones de respuestas – 5ª Matriz

Donde:

EI<sub>1</sub>: Empresa Industrial N° 1

EI<sub>n</sub>: Empresa Industrial n; n= 1,..., 6

U<sub>1</sub>: Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1,..., 7

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos es el siguiente (Ver Cuadro 4-62):

		Valoración de Didáctica para enseñanza de CIM (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Cursos adecuados para la enseñanza de CIM	Y1	3	3	3	3	3	0	0	1	1	1
	Y2	3	9	1	3	3	1	1	1	1	1
	Y3	1	9	1	9	9	3	3	1	3	1
	Y4	1	9	1	9	9	9	9	0	1	3
	Y5	0	3	1	3	9	9	1	0	1	3
	Y6	3	3	1	9	0	9	3	1	1	1
	Y7	0	1	1	9	3	9	9	1	1	1
	Y8	0	3	1	3	9	9	1	0	1	3
	Y9	1	1	1	3	0	9	9	3	1	3
	Y10	3	0	1	3	1	1	3	0	1	1

Cuadro 4-62. Respuestas de la 5ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-63), en el que se advierte claramente que hay coincidencia en las valoraciones de los expertos locales y de Estados Unidos. Observando sólo una minoría de valores de una divergencia amplia y sólo dos resultados totalmente opuestos (de un total de 100 resultados).

		Valoración de Didáctica para enseñanza de CIM (Comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Cursos adecuados para la enseñanza de CIM	Y1	9-3	3-0	3-0	3	3	0	0	3-1	3-1	3-1
	Y2	9-3	9-1	1	3	3	1	1-0	3-1	3-1	3-1
	Y3	3-1	9-3	3-1	9-3	9-3	3-1	3-1	3-1	3	3-1
	Y4	3-1	9-3	3-1	9-3	9-3	3	9-3	3-0	3-1	3
	Y5	3-0	3	3-1	3	9	9	9-1	3-0	3-1	3
	Y6	3	3	3-1	9-3	3-0	9	9-3	3-1	3-1	3-1
	Y7	3-0	9-1	9-1	9-3	9-3	9-3	9	3-1	3-1	3-1
	Y8	3-0	9-3	3-1	3	9	9	9-1	9-0	3-1	3
	Y9	9-1	9-1	3-1	3	3-0	9	9	3	3-1	3
	Y10	3-1	9-0	3-1	3	9-1	3-1	9-3	3-0	3-1	3-1

Cuadro 4-63. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 5ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre los cursos priorizados para la enseñanza de CIM.

En *Estados Unidos*, los cursos sugeridos para el estudio de CIM, son el 4º curso, 3º y 5º curso, en ese orden. Lo que quiere decir que la enseñanza de CIM empieza más temprano en este país, probablemente porque la industria usuaria de tecnología CIM es un mercado más grande que el español para sus futuros graduados.

Mencionados cursos, basan su aprendizaje en las siguientes metodologías y estrategias (didáctica): Estudio de casos ( $X_6$ ), Seminarios ( $X_4$ ) y Prácticas de laboratorio ( $X_5$ ).

Notándose que la metodología de seminarios no ha sido priorizada en la misma jerarquía por el grupo de expertos español.

Por tanto, con el análisis de comparación de los dos cuadros de resultados, se concluye que hay una mayoría de coincidencia en las calificaciones, ya que para ambos ámbitos geográficos (España y Estados Unidos); los cursos priorizados para la enseñanza de CIM son:

- 5° curso.
- 5° cursos – intensificación en Gestión y Administración de empresas.
- 4° curso.

Por otra parte, las estrategias y metodologías para enseñar los contenidos CIM más apropiadas para esos cursos son:

- Prácticas en laboratorio.
- Estudio de casos.
- Desarrollo de Miniproyectos.

### **Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Quinta Matriz**

Finalmente, el análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y).

En esta quinta matriz, el método describe las siguientes calificaciones:

- El primer grupo de expertos correspondiente al *sector académico* (en el rol de productor) califica cada concepto referido al conjunto estrategias y metodologías (didáctica) para la enseñanza de contenidos CIM en asignaturas ya definidas.
- Las calificaciones se calificaron con una escala del 0% al 100%, de tal forma que los diez conceptos ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) sumen un total de 100%.

Al ser 7 expertos en este grupo, se deberá calcular su media (Ver Cuadro 4-64).

Este valor (media aritmética) se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y).

De esta forma, se obtendrá una calificación ponderada relativa.

Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

Didáctica	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	10,00	12,50	5,00	15,00	30,00	10,00	12,50	13,57
X2	5,00	10,00	10,00	10,00	15,00	5,00	11,00	9,43
X3	5,00	7,50	10,00	5,00	10,00	5,00	10,00	7,50
X4	10,00	12,50	15,00	10,00	0,00	10,00	11,00	9,79
X5	15,00	15,00	15,00	20,00	10,00	10,00	9,50	13,50
X6	15,00	7,50	5,00	10,00	20,00	10,00	14,00	11,64
X7	15,00	10,00	10,00	10,00	5,00	20,00	19,00	12,71
X8	5,00	10,00	15,00	5,00	5,00	10,00	2,50	7,50
X9	10,00	7,50	10,00	7,00	5,00	10,00	9,00	8,36
X10	10,00	7,50	5,00	8,00	0,00	10,00	1,50	6,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-64. Calificación ponderada del sector académico a las estrategias metodológicas (didáctica) empleadas en la enseñanza de contenidos referidos a CIM

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-30), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 5% al 14%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia. Lo que se interpreta que son conceptos complementarios y no excluyentes.

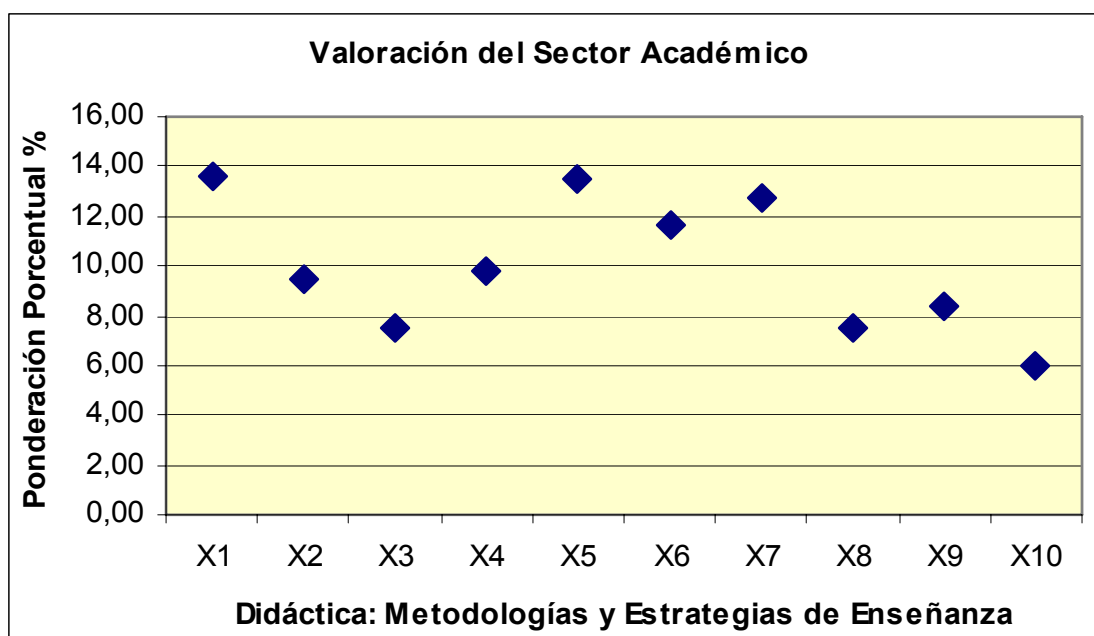


Gráfico 4-30. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de estrategias y metodologías de enseñanza de contenidos CIM

De la misma forma que con el anterior grupo de expertos, mediante la aplicación del método Delphi Rotatorio, el sector industrial (en el rol de cliente), calificó las estrategias y metodologías (didáctica) para la enseñanza de contenidos CIM.

A diferencia del rango anterior, cada concepto se calificó de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-65).

Didáctica	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
<b>X1</b>	50,00	15,00	70,00	70,00	55,00	55,00	52,50
<b>X2</b>	20,00	15,00	70,00	70,00	60,00	60,00	49,17
<b>X3</b>	10,00	10,00	70,00	65,00	60,00	60,00	45,83
<b>X4</b>	20,00	10,00	80,00	65,00	65,00	65,00	50,83
<b>X5</b>	30,00	10,00	80,00	65,00	65,00	65,00	52,50
<b>X6</b>	30,00	10,00	90,00	65,00	55,00	55,00	50,83
<b>X7</b>	40,00	10,00	90,00	65,00	50,00	60,00	52,50
<b>X8</b>	50,00	10,00	70,00	65,00	65,00	65,00	54,17
<b>X9</b>	50,00	5,00	80,00	60,00	50,00	60,00	50,83
<b>X10</b>	0,00	5,00	70,00	60,00	35,00	50,00	36,67

Cuadro 4-65. Media de calificación del sector industrial a las estrategias y metodologías (didáctica) empleadas para la enseñanza de contenidos CIM

La representación gráfica (Ver Gráfico 4-31) de estas calificaciones independientes realizadas por el sector industrial, muestra la importancia con que los industriales califican a las estrategias y metodologías (didáctica) para impartir asignaturas dedicadas al estudio de CIM.

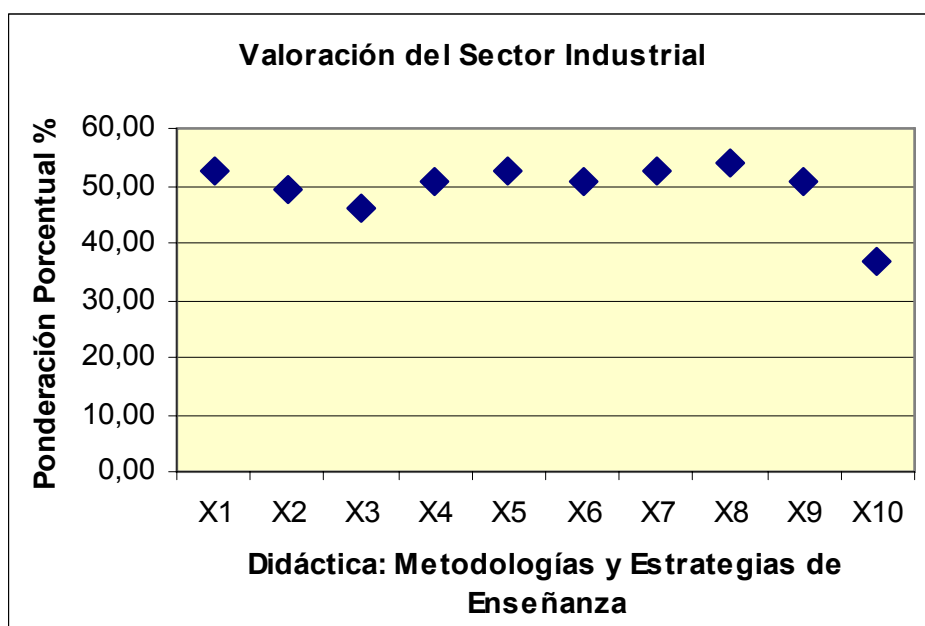


Gráfico 4-31. Concentración de calificaciones del sector industrial a las estrategias y metodologías (didáctica) para la enseñanza de contenidos referidos a CIM

Los valores oscilan en el rango del 36% al 55%, que las califica como notablemente importantes.

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-66), nos ayuda a comparar las valoraciones del sector industrial y del sector académico (nacional y norteamericano) a fin de tener una conclusión global sobre la ponderación

relativa de las estrategias y metodologías para impartir asignaturas dedicadas al estudio de CIM.

Abscisa	Didáctica para la enseñanza de CIM	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Clase magistral	13,57	20,00	2°	52,50
X2	Estudio dirigido	9,43	5,00	4°	49,17
X3	Presentaciones públicas	7,50	5,00	5°	45,83
X4	Seminarios	9,79	10,00	3°	50,83
X5	Prácticas de Laboratorio	13,50	20,00	2°	52,50
X6	Estudio de casos	11,64	10,00	3°	50,83
X7	Desarrollo de Miniproyectos	12,71	10,00	2°	52,50
X8	E-learning	7,50	5,00	1°	54,17
X9	Uso de NTIC	8,36	7,00	3°	50,83
X10	B-learning	6,00	8,00	6°	36,67

Cuadro 4-66. Comparación de importancia de la didáctica de enseñanza.

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que la metodología, preferida para los industriales es el E-learning, mientras que para el sector académico la metodología preferida es la clase magistral, seguida de las prácticas de laboratorio (tanto para los profesores del ámbito local como para los profesores de Estados Unidos).

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (Didáctica: metodologías y estrategias de enseñanza) e Y (Cursos adecuados para la enseñanza de CIM), como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (Didáctica: metodologías y estrategias de enseñanza) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la quinta matriz QFD (Cuadro 4-67).

Por otra parte, el primer gráfico (Ver Gráfico 4-32) ilustra las necesidades del sector industrial respecto a la didáctica sugerida para impartir las asignaturas dedicadas al estudio de CIM.



Necesidad Superior		Calificación ponderada actual	Parametros de Diseño										Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
			11,7%	11,0%	7,8%	7,4%	13,2%	11,6%	14,1%	8,5%	7,4%	7,4%						
No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	1er curso (1er año)	2do curso (2do año)	3er curso (3er año)	4to curso (4to año)	4to curso - intensificación en Fabricación y máquinas	4to curso - intensificación en gestión y administración de Empresas	5to curso (5to año)	5to curso - intensificación en fabricación y Máquinas	5to curso - intensificación en Gestión y Administración de Empresas	5to curso - Intensificación en Química						
Contenidos Técnicos	1	Clase Magistral	13,6%	9	0	0	3	3	0	0	3	3	3	53%	13,6%	7,1%	6,4%	13,0%
	2	Estudio Dirigido	9,4%	9	1	1	3	3	1	0	3	3	3	49%	9,4%	4,6%	4,8%	9,7%
	3	Presentaciones Públicas	7,5%	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	46%	7,5%	3,4%	4,1%	8,2%
Contenidos Prácticos	4	Seminarios	9,8%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	51%	9,8%	5,0%	4,8%	9,7%
	5	Laboratorio	13,5%	3	3	3	3	9	9	9	3	3	3	53%	13,5%	7,1%	6,4%	12,9%
	6	Estudio de Casos	11,6%	3	3	3	3	3	9	9	3	3	3	51%	11,6%	5,9%	5,7%	11,5%
	7	Implementación de Miniproyectos	12,7%	3	9	9	3	9	3	9	3	3	3	53%	12,7%	6,7%	6,0%	12,2%
Estrategias Combinadas	8	E-learning	7,5%	3	9	3	3	9	9	9	9	3	3	54%	7,5%	4,1%	3,4%	6,9%
	9	Uso de NTIC	8,4%	9	9	3	3	3	9	9	3	3	3	51%	8,4%	4,2%	4,1%	8,3%
	10	B-learning	6,0%	1	9	3	3	9	3	9	3	3	3	37%	6,0%	2,2%	3,8%	7,7%
		100,0%																
		Peso ponderado OK	4,8	4,5	3,2	3,0	5,4	4,7	5,7	3,5	3,0	3,0	49,6%	100,0%	50,4%	49,6%	100,0%	
			1er curso (1er año)	2do curso (2do año)	3er curso (3er año)	4to curso (4to año)	4to curso - intensificación en Fabricación y máquinas	4to curso - intensificación en gestión y administración de Empresas	5to curso (5to año)	5to curso - intensificación en fabricación y Máquinas	5to curso - intensificación en Gestión y Administración de Empresas	5to curso - Intensificación en Química						

Cuadro 4-67. Análisis de la correlación entre los cursos o niveles de la carrera de Ingeniería Industrial y sus contenidos para la enseñanza de CIM - 5ª Matriz QFD

Las necesidades del cliente expresan la didáctica (Ver Gráfico 4-32) requerida para las asignaturas CIM en la siguiente proporción: Clase magistral (13.6%), Prácticas de Laboratorio (13.5%) y Desarrollo de Miniproyectos (12.7%).

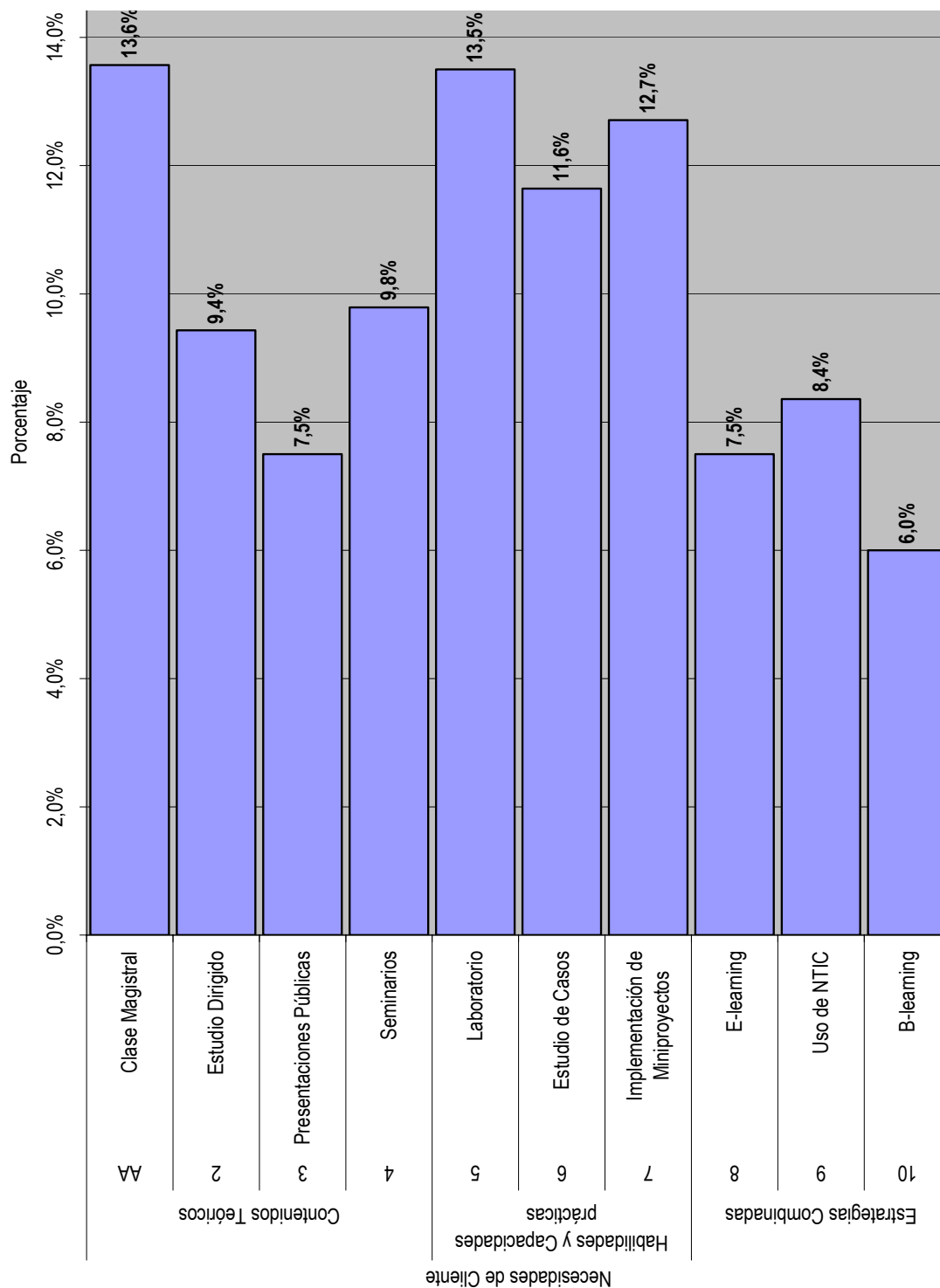


Gráfico 4-32. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 5ª Matriz QFD

La “contribución relativa” (Ver Gráfico 4-33), expresa en qué cursos se recomienda el estudio de CIM: 5° curso (14.1%), 4° curso – intensificación en Fabricación y máquinas (13.2%) y 1° curso (11.7%).

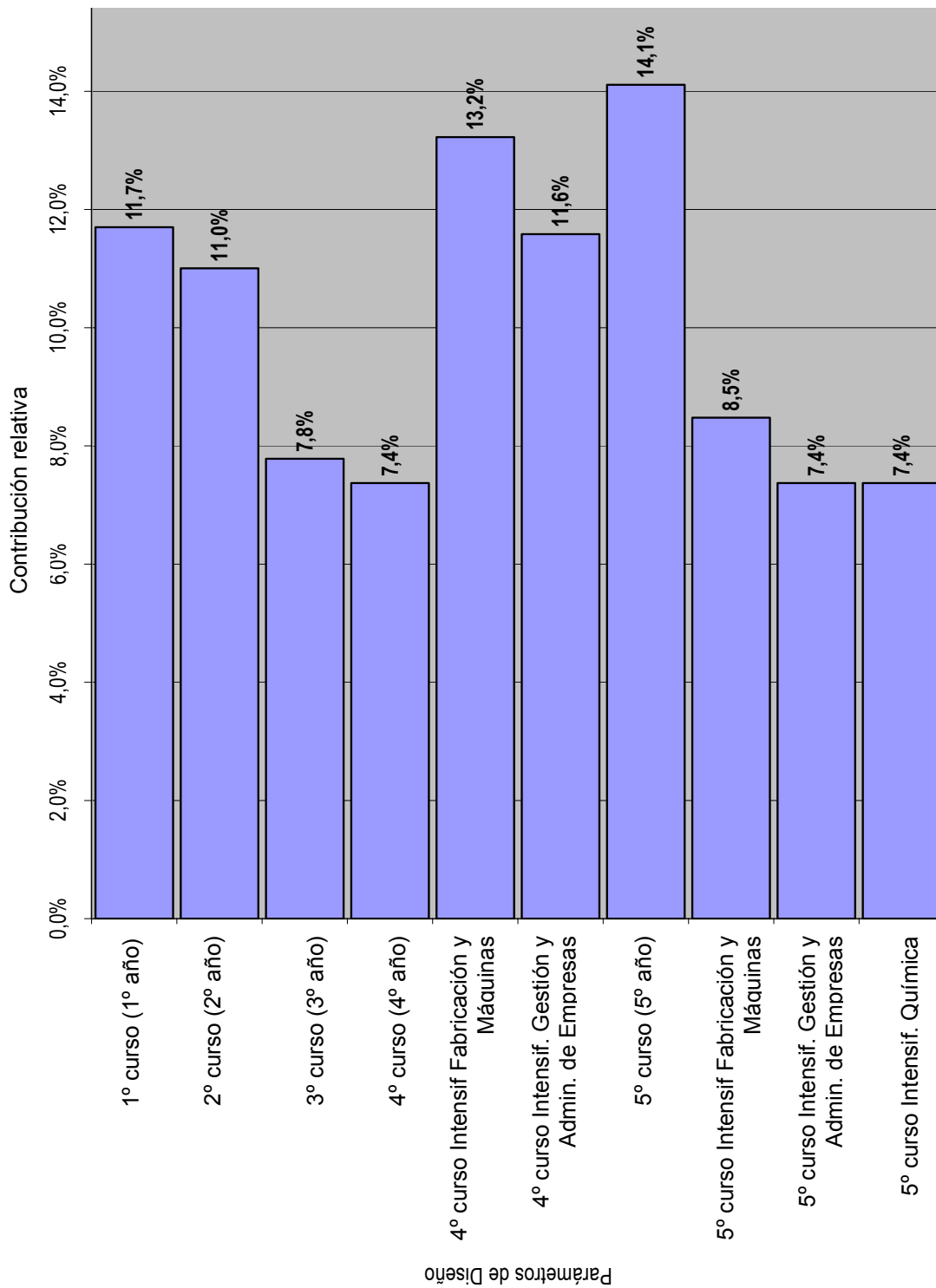


Gráfico 4-33. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 5ª Matriz QFD

La “Brecha absoluta ponderada” señala qué práctica didáctica en las asignaturas, debe ajustarse para cumplir con las metas de aprendizaje. Los resultados (Ver Gráfico 4-34) muestran la siguiente prioridad: Clase magistral (6.4%), Prácticas de Laboratorio (6.4%), Proyectos (4.8%) y Desarrollo de Miniproyectos (6.0%).

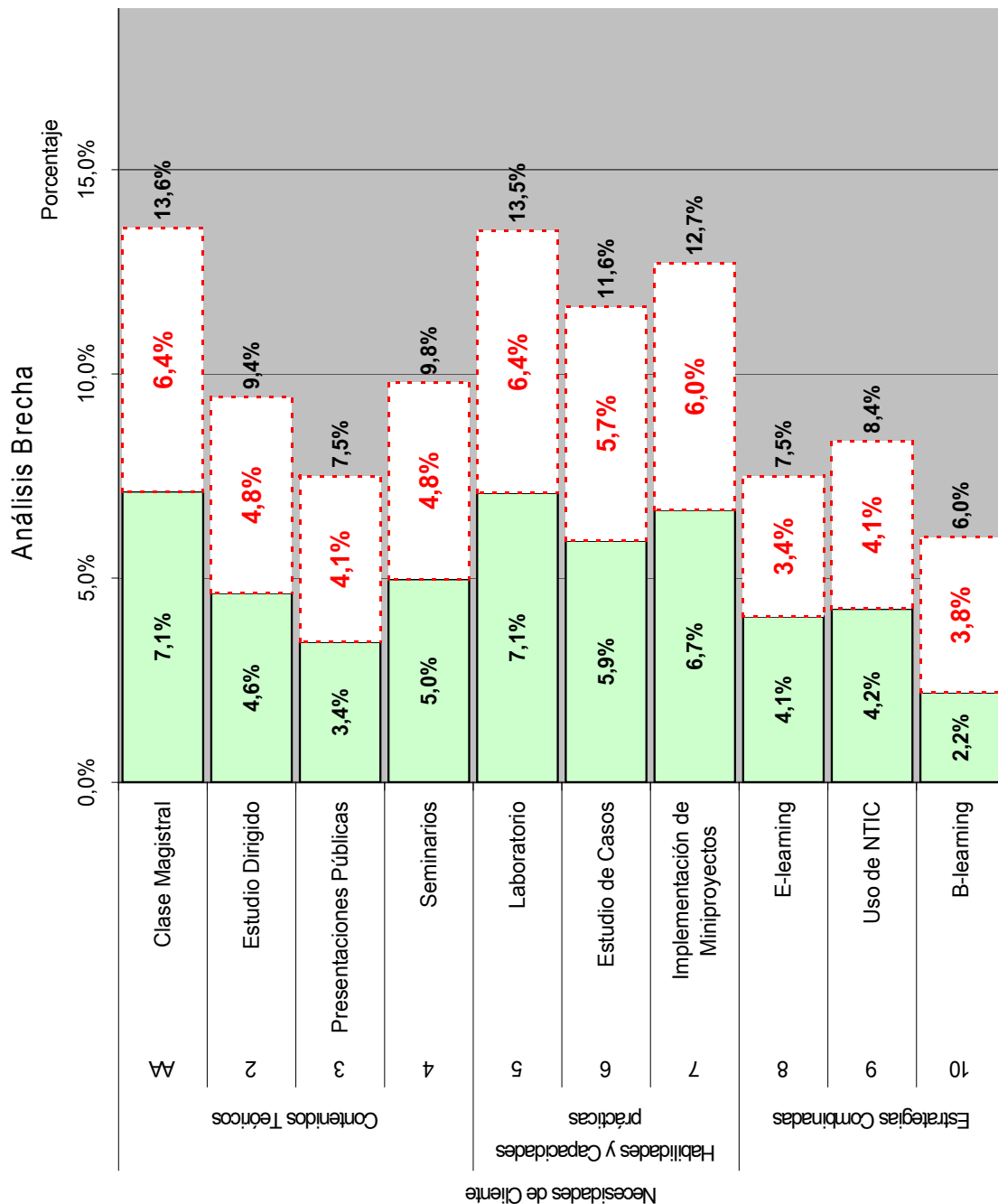


Gráfico 4-34. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 5ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, que refleja el porcentaje de la mejora total que se lograría si se ajustan los siguientes parámetros de diseño referidos a la didáctica: Prácticas de Laboratorio (12.9%), Desarrollo de Miniproyectos (12.2%) y estudio de casos (11.5%).

#### **4.6.6 Sexta Matriz QFD: Correlación entre cursos y contenidos para la enseñanza de CIM**

Esta matriz QFD tiene por objetivo identificar qué contenidos específicos para el estudio de CIM resurgieren en cada curso o año de la carrera de Ingeniería Industrial.

El diseño de la matriz, ha considerado 10 conceptos para cada grupo X e Y. Los conceptos X de esta sexta matriz corresponden a los mismos criterios Y de la quinta matriz (como ya se explicó en el diseño de la metodología), mientras que los conceptos Y de esta sexta matriz, son nuevos conceptos de entrada. Por tanto, los conceptos X e Y serán los siguientes:

##### **Eje X: Cursos de la carrera en los que se identifica la enseñanza de CIM, por años e intensificación**

X<sub>1</sub>: Primer curso (1° año)

X<sub>2</sub>: Segundo curso (2° año)

X<sub>3</sub>: Tercer curso (3° año)

X<sub>4</sub>: Cuarto curso (4° año)

X<sub>5</sub>: Quinto curso (5° año)

##### *Intensificaciones Cuarto año*

X<sub>6</sub>: Cuarto curso – Intensificación en Fabricación y Máquinas

X<sub>7</sub>: Cuarto curso – Intensificación en Gestión y Administración de empresas

##### *Intensificaciones Quinto año*

X<sub>8</sub>: Quinto curso - Intensificación en Fabricación y Máquinas

X<sub>9</sub>: Quinto curso – Intensificación en Gestión y Administración de empresas

X<sub>10</sub>: Quinto curso – Intensificación en Química

##### **Eje Y: Contenidos para la enseñanza de CIM**

Y<sub>1</sub>: Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo

Y<sub>2</sub>: Automatización y fabricación integrada

Y<sub>3</sub>: CAD y CAE

Y<sub>4</sub>: Comunicaciones industriales (protocolos y su tecnología)

Y<sub>5</sub>: Recursos de fabricación, procesos y planificación de la producción

Y<sub>6</sub>: Robótica

Y<sub>7</sub>: Control de sistemas

Y<sub>8</sub>: Sistemas integrados de gestión industrial

Y<sub>9</sub>: Gestión de la calidad

Y<sub>10</sub>: Infraestructura, equipamiento y software

La calificación de ambos grupos de conceptos se dedicó valorar en qué medida se correlacionan los cursos anuales de la carrera de Ingeniería Industrial y los contenidos específicos dedicados al estudio de CIM (en cada uno de esos cursos ya priorizados en la anterior matriz).

Así, el valor modal para cada una de las 100 correlaciones (matriz 10x10) se muestra en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-68):

		Cursos para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Contenidos curriculares para el aprendizaje de CIM	Y1	9	1	0	3	9	3	3	9	9	3
	Y2	0	1	1	3	9	3	3	9	3	3
	Y3	0	3	9	9	9	1	3	9	3	1
	Y4	1	9	3	3	9	3	3	9	3	3
	Y5	0	9	3	3	9	9	3	9	9	3
	Y6	0	3	1	3	9	3	3	9	1	3
	Y7	0	3	3	3	9	3	0	9	3	9
	Y8	0	0	3	3	9	9	9	9	9	3
	Y9	0	1	3	3	9	9	0	9	9	3
	Y10	0	1	3	3	9	3	9	9	3	3

Cuadro 4-68. Moda de las Respuestas de la 6ª Matriz (Casa Calidad), grupo de expertos

A continuación, se desarrolla un ejemplo para comprender mejor la interpretación de las calificaciones.

La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación  $X_1Y_1$  y su calificación ha sido de 9; es decir, que la correlación entre  $X_1$  (1er curso -1er año) y  $Y_1$  (Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo) es alta (valor máximo).

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los miembros del grupo de expertos, que representan a los sectores industrial y académico; consideran que tienen una relación alta o influencia trascendental la enseñanza de contenidos referidos a los Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo en especial desde el *1er curso o 1er año*.

O de otra forma, se interpreta, que en *1er año o 1er curso* sería aconsejable empezar a enseñar contenidos, ya sea incluido como parte de temas o como asignaturas, referidas al estudio de los Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo.

En términos generales, se puede apreciar que por primera vez se distingue un considerable porcentaje de correlaciones nulas, especialmente en el primer año de estudio y su correlación con los contenidos de enseñanza para el estudio de CIM.

El 12% del total de las respuestas de correlaciones ( $X_i = 1, \dots, 10; Y_j = 1, \dots, 10$ ) han sido valoradas como nulas y un 10% han sido las correlaciones bajas. Estas correlaciones bajas se sitúan en el segundo año y sus correlaciones con los contenidos de enseñanza para el estudio de CIM.

Estos resultados a priori, nos señalan que la enseñanza especializada en CIM no es considerada prioritaria en los dos primeros años; mientras que en los siguientes años la correlación es más acentuada.

Además, esto se justifica porque ciertos contenidos específicos o especializados requieren conocimientos, habilidades y prerrequisitos previos; que en los primeros años de estudio aún no son sólidos.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-69) se pueden apreciar mejor las diferentes calificaciones, destacadas por el valor de su respuesta.

		Cursos para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Contenidos curriculares para el aprendizaje de CIM	Y1	9	1	0	3	9	3	3	9	9	3
	Y2	0	1	1	3	9	3	3	9	3	3
	Y3	0	3	9	9	9	1	3	9	3	1
	Y4	1	9	3	3	9	3	3	9	3	3
	Y5	0	9	3	3	9	9	3	9	9	3
	Y6	0	3	1	3	9	3	3	9	1	3
	Y7	0	3	3	3	9	3	0	9	3	9
	Y8	0	0	3	3	9	9	9	9	9	3
	Y9	0	1	3	3	9	9	0	9	9	3
	Y10	0	1	3	3	9	3	9	9	3	3

Cuadro 4-69. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 6ª Matriz

Como se mencionó anteriormente, y ahora de forma completa se analizan las respuestas:

- El 35% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 42% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 10% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- El 13% de las calificaciones corresponde a las correlaciones nulas (0) – área naranja

Así mismo, el análisis de cada grupo de correlaciones se desagrega como sigue:

- La correlación  $X_1Y_1$   $Y_2$   $Y_3$   $Y_4$   $Y_5$   $Y_6$   $Y_7$   $Y_8$   $Y_9$   $Y_{10}$  (1º curso – 1º año Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Casi nula.

Es decir; que en el primer año o primer curso los contenidos para el estudio de CIM referidos a la Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software; no son aconsejables. Por tanto la correlación ha sido calificada como **Nula o baja** a excepción del contenido específico de los Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo (por ser un contenido de introducción al estudio específico de CIM).

- La correlación  $X_2Y_1$   $Y_2$   $Y_3$   $Y_4$   $Y_5$   $Y_6$   $Y_7$   $Y_8$   $Y_9$   $Y_{10}$  (2º curso – 2º año Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Baja.

Es decir; que en el 2º año o curso de Ingeniería Industrial la enseñanza de los contenidos específicos referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión

de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software; su correlación es **baja**. A excepción de la enseñanza conceptual de las comunicaciones industriales y la robótica.

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (3° curso – 3° año Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 3° curso o año se correlaciona de forma **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es moderadamente aconsejable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 3° año.

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (4° curso – 4° año Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 4° curso o año se correlaciona de forma **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es moderadamente aconsejable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 4° año.

- La correlación  $X_5Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (4° curso – intensificación en fabricación y máquinas Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: **Alta** (máxima calificación).

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 4° curso o año con intensificación en fabricación y máquinas, se correlaciona de forma **trascendental** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es altamente recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 4° curso o año con intensificación en fabricación y máquinas.

- La correlación  $X_6Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (4° curso – intensificación en Gestión y Administración de empresas Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 4° curso o año con intensificación en Gestión y Administración de empresas, se correlaciona



de forma **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 4º curso o año con intensificación en Gestión y Administración de empresas.

- La correlación  $X_7Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (5º curso Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 5º curso o año se correlaciona de forma **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 5º año.

- La correlación  $X_8Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (5º curso – intensificación en Fabricación y máquinas Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: **Alta** (máxima calificación).

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 5º curso o año con intensificación en Fabricación y máquinas, se correlaciona de forma **trascendental** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es altamente recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 5º curso o año con intensificación en Fabricación y máquinas.

- La correlación  $X_9Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (5º curso – intensificación en Gestión y Administración de empresas Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ..., Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 5º curso o año con intensificación en Gestión y Administración de empresas, se correlaciona de forma muy **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 5º curso o año con intensificación en Gestión y Administración de empresas.

- La correlación  $X_{10}Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (5º curso – intensificación en Química Vs. Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, ...,

Infraestructura, equipamiento y software) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que en los cursos de Ingeniería Industrial correspondientes al 5º curso o año con intensificación en Química, se correlaciona de forma **notable** con los contenidos de enseñanza referidos a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Automatización y fabricación integrada; CAD – CAE; Comunicaciones industriales, Recursos, procesos y planificación de la producción; Robótica; Control de sistemas; Sistemas integrados de gestión industrial; Gestión de la calidad e Infraestructura, equipamiento y software. Lo que quiere decir que es recomendable que dichos contenidos centren su enseñanza en el 5º curso o año con intensificación en Química.

Finalmente, el cuadro muestra que a partir de las correlaciones más fuertes, los contenidos de enseñanza de CIM prioritarios en los distintos cursos o niveles de la carrera de Ingeniería Industrial son:

- $Y_5$  “Recursos, procesos y Planificación de la producción”, ya que este contenido, según criterio de los expertos; podría ser impartido con adecuada oportunidad en los siguientes cursos prioritariamente: 2º curso – 2º año ( $X_2$ ), 4º curso con intensificación en Fabricación y Máquinas ( $X_5$ ), 4º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas ( $X_6$ ), 5º curso con intensificación en Fabricación y Máquinas ( $X_8$ ) y 5º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas ( $X_9$ ).
- $Y_8$  “Sistemas integrados de gestión industrial”, ya que este contenido, según criterio de los expertos; podría ser impartido con adecuada oportunidad en los siguientes cursos prioritariamente: 4º curso con intensificación en Fabricación y Máquinas ( $X_5$ ), 4º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas ( $X_6$ ), 5º curso – 5º año ( $X_7$ ), 5º curso con intensificación en Fabricación y Máquinas ( $X_8$ ) y 5º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas ( $X_9$ ).
- $Y_1$  “Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo”, ya que este contenido, según criterio de los expertos; podría ser impartido con adecuada oportunidad en los siguientes cursos prioritariamente: 1º curso – 1º año ( $X_1$ ), 4º curso con intensificación en Fabricación y Máquinas ( $X_5$ ), 5º curso con intensificación en fabricación y Máquinas ( $X_8$ ) y 5º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas ( $X_9$ ).

La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados.

Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no. Así, si se concentran los puntos en la mitad baja, significará que las correlaciones son relevantes. Para mejor ilustración, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-35). En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

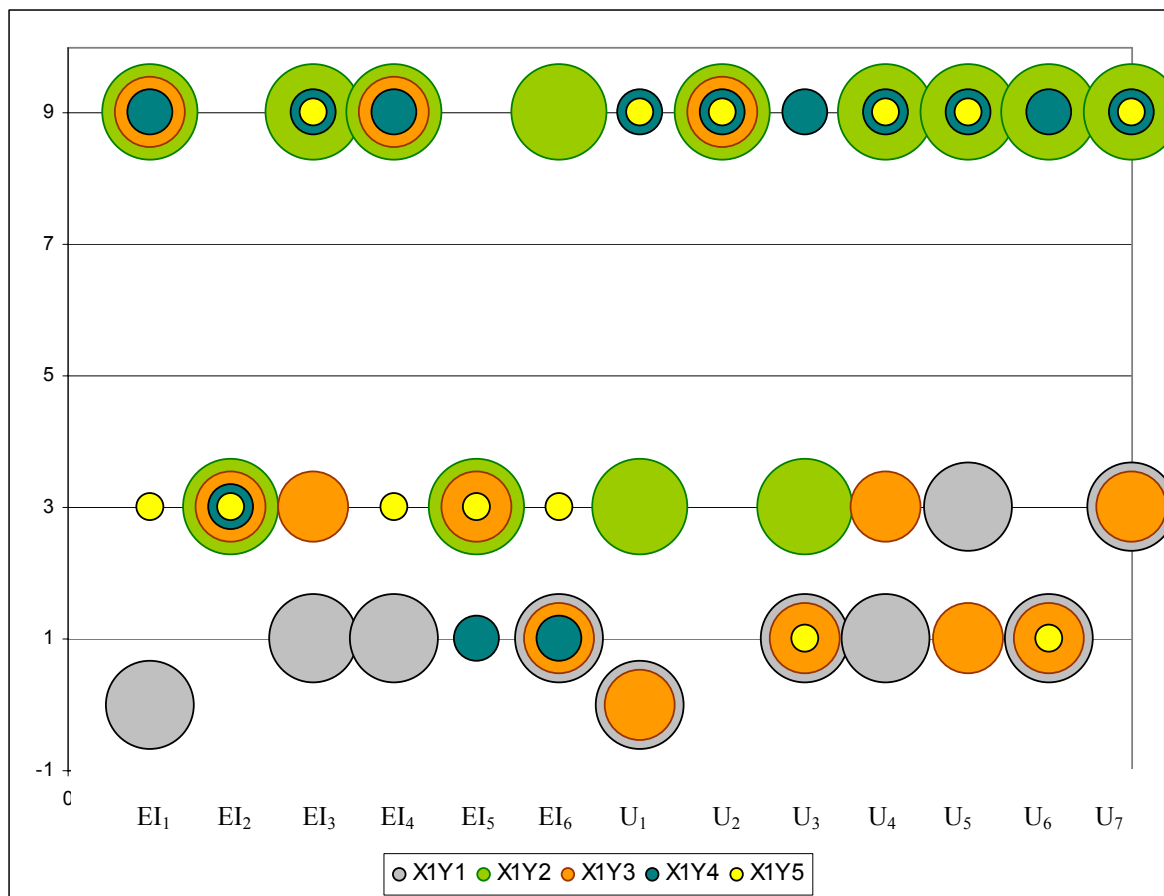


Gráfico 4-35. Concentración de calificaciones de respuestas – 6ª Matriz

Donde:

EI<sub>1</sub>: Empresa Industrial N° 1

EI<sub>n</sub>: Empresa Industrial n; n= 1, ..., 6

U<sub>1</sub>: Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1, ..., 7

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos es el siguiente (Ver Cuadro 4-70):

		Cursos para la enseñanza de CIM (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Contenidos curriculares para el aprendizaje de CIM	Y1	9	3	1	0	1	0	1	1	0	3
	Y2	3	3	9	0	9	1	1	3	0	0
	Y3	0	3	3	0	9	0	0	0	0	0
	Y4	0	0	1	9	0	3	9	3	9	0
	Y5	9	3	3	9	0	9	9	9	9	0
	Y6	3	3	9	0	3	0	1	0	0	0
	Y7	0	3	3	0	3	3	1	0	0	0
	Y8	0	0	9	9	0	9	9	9	3	0
	Y9	0	1	3	9	1	9	9	9	9	1
	Y10	1	9	3	0	9	3	3	9	0	3

Cuadro 4-70. Respuestas de la 6ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

La comparación de ambas calificaciones se refleja en el cuadro siguiente (Ver Cuadro 4-71), en el que se advierte que hay una gran coincidencia de criterios para la valoración de las correlaciones y tan sólo dos resultados son totalmente opuestos (de un total de 100 resultados).

		Cursos para la enseñanza de CIM (Comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Contenidos curriculares para el aprendizaje de CIM	Y1	9	3-1	1-0	3-0	9-1	3-0	3-1	9-1	9-0	3
	Y2	3-0	3-1	9-1	3-0	9	3-1	3-1	9-3	3-0	3-0
	Y3	0	3	9-3	9-0	9	1-0	3-0	9-0	3-0	1-0
	Y4	1-0	9-0	3-1	9-3	9-0	3	9-3	9-3	9-3	3-0
	Y5	9-0	9-3	3	9-3	9-0	9	9-3	9	9	3-0
	Y6	3-0	3	9-1	3-0	9-3	3-0	3-1	9-0	1-0	3-0
	Y7	0	3	3	3-0	9-3	3	1-0	9-0	3-0	9-0
	Y8	0	0	9-3	9-3	9-0	9	9	9	9-3	3-0
	Y9	0	1	3	9-3	9-1	9	9-0	9	9	3-1
	Y10	1-0	9-1	3	3-0	9	3	9-3	9	3-0	3

Cuadro 4-71. Comparación entre valoraciones de España y Estados Unidos – 6ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de los diferentes enfoques sobre los cursos priorizados para la enseñanza de CIM.

En *Estados Unidos*, los contenidos priorizados para la enseñanza de CIM, son: Recursos, procesos y Planificación de la producción, Sistemas Integrados de gestión Industrial y Fundamentos de la fabricación del nuevo siglo; en ese orden.

Lo que quiere decir que coincide con la calificación de los expertos nacionales en dos criterios: la enseñanza de contenidos referidos a los Recursos, Procesos y

Planificación de la producción y el estudio de los Sistemas integrados de gestión industrial.

Se advierte también, que en Estados Unidos se valora como prioritaria la enseñanza de contenidos relacionados con la Gestión de la calidad y en España hay un énfasis más notorio en la enseñanza de contenidos de Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; aspecto con el que se tiene divergencia.

Mencionados contenidos, valorados en Estados Unidos, es ubican preferentemente en los cursos anuales de:

- 3° año ( $X_3$ ).
- 5° año ( $X_7$ ).
- 5° con intensificación en Fabricación y máquinas ( $X_8$ ).

Notándose que la asignación de importancia a los últimos cursos (por parte del análisis de calificaciones en Estados Unidos) es más uniforme desde el 3° año hasta el 5° año. Mientras que, las calificaciones del ámbito local se acentúan en tres cursos concretos bajo la regla del 80-20 de Pareto.

Por tanto, con el análisis de comparación de los dos cuadros de resultados, se concluye que hay una mayoría de coincidencia en las calificaciones, valorando como prioritarios los cursos de 3°, 4° y 5° año para la enseñanza de contenidos CIM. Y por otra parte los contenidos indispensables para la enseñanza de CIM son: Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo; Recursos, Procesos y Planificación de la producción; Sistemas integrados de gestión industrial y la Gestión de calidad.

### **Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Sexta Matriz**

Finalmente, el análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y). Es decir, qué calificación de importancia recibe cada concepto, respecto a su grupo de conceptos.

Como se explicó en el anterior capítulo, este método permite eliminar el sesgo cuando se trabaja con dos grupos distintos de expertos.

El primer grupo de expertos correspondiente al sector académico (en el rol de productor) califica cada concepto referido al conjunto cursos en los que preferentemente se debería impartir la enseñanza de contenidos CIM ya definidos.

Las calificaciones se asignaron en una escala del 0% al 100%, de tal forma que los diez conceptos ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) sumen un total de 100%. Al ser 7 expertos en este grupo, se deberá calcular su media (Ver Cuadro 4-72).

Este valor (media aritmética) se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y). De esta forma, se obtendrá una calificación ponderada relativa.

Cursos	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	0,00	7,50	0,00	5,00	0,00	0,00	20,00	4,64
X2	2,00	8,00	0,00	10,00	0,00	0,00	20,00	5,71
X3	5,00	19,00	0,00	10,00	0,00	5,00	20,00	8,43
X4	5,00	9,50	45,00	15,00	0,00	10,00	20,00	14,93
X5	25,00	14,50	5,00	15,00	90,00	40,00	10,00	28,50
X6	15,00	9,50	5,00	5,00	10,00	0,00	10,00	7,79
X7	10,00	7,00	30,00	10,00	0,00	10,00	0,00	9,57
X8	25,00	11,50	5,00	15,00	0,00	30,00	0,00	12,36
X9	10,00	9,50	5,00	10,00	0,00	0,00	0,00	4,93
X10	3,00	4,00	5,00	5,00	0,00	5,00	0,00	3,14
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-72. Calificación ponderada del sector académico a los cursos

Estas calificaciones, se han obtenido mediante consulta realizada en la parte B de los cuestionarios de correlación (Ver Anexo 4-8).

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-36), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 3% al 30%, lo que quiere decir que relativamente tienen similar importancia, pero con mayor amplitud de rango a comparación de resultados de anteriores matrices. Sin embargo esta amplitud es causada por un solo concepto (X<sub>5</sub>: 4° curso con intensificación en fabricación y máquinas).

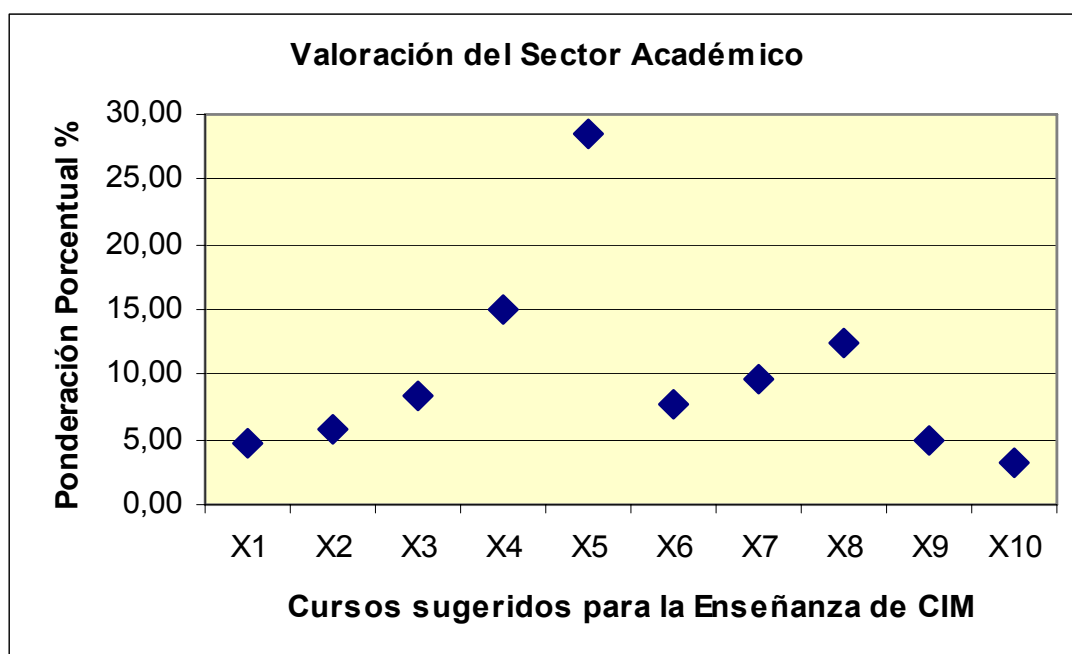


Gráfico 4-36. Concentración de calificaciones del sector académico a la priorización de cursos para la enseñanza de contenidos CIM

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique a los cursos que

consideran los más adecuados para impartir contenidos referidos a CIM a lo largo de la carrera.

A diferencia del rango anterior, cada concepto se calificó de forma independiente (del 0% al 100%), pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y tampoco están correlacionadas (Ver Cuadro 4-73).

Cursos	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
X1	5,00	5,00	50,00	45,00	70,00	65,00	40,00
X2	10,00	10,00	60,00	50,00	80,00	70,00	46,67
X3	35,00	20,00	60,00	50,00	75,00	70,00	51,67
X4	20,00	30,00	70,00	60,00	70,00	75,00	54,17
X5	20,00	35,00	80,00	70,00	50,00	75,00	55,00
X6	15,00	30,00	80,00	75,00	50,00	65,00	52,50
X7	15,00	35,00	70,00	60,00	20,00	70,00	45,00
X8	10,00	35,00	90,00	80,00	20,00	75,00	51,67
X9	15,00	30,00	90,00	85,00	30,00	70,00	53,33
X10	15,00	30,00	70,00	70,00	25,00	65,00	45,83

Cuadro 4-73. Media de calificación del sector industrial a las estrategias y metodologías (didáctica) empleadas para la enseñanza de contenidos CIM

La representación gráfica de estas calificaciones independientes, realizadas por el sector industrial, muestra la importancia que dan los industriales a la enseñanza de contenidos CIM en los distintos cursos o niveles de la carrera de Ingeniería Industrial.

Estos valores oscilan en el rango del 40% al 55%, que las califica como notablemente importantes y regularmente homogéneas (Ver Gráfico 4-37).

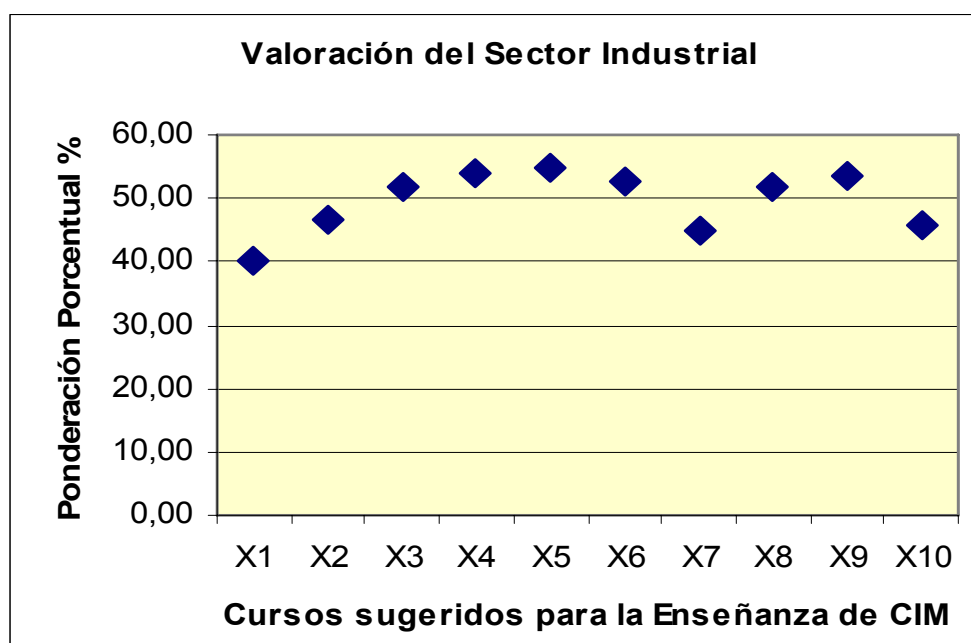


Gráfico 4-37. Concentración de calificaciones del sector industrial a los cursos en los que es adecuado enseñar contenidos CIM.

El cuadro que resume los resultados del método Delphi Rotatorio (Ver Cuadro 4-74), nos ayuda a comparar las valoraciones del sector industrial y del sector académico (nacional y norteamericano) a fin de tener una conclusión global sobre la ponderación relativa de los cursos adecuados para la enseñanza de contenidos de estudio de la tecnología CIM.

Abscisa	Cursos para la enseñanza de CIM	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	1º curso -1º año	4,64	9,00	9º	40,00
X2	2º curso -2º año	5,71	9,00	6º	46,67
X3	3º curso -3º año	8,43	9,00	5º	51,67
X4	4º curso -4º año	14,93	9,00	2º	54,17
X5	4º curso - Intensificación en Fabricación y máquinas	28,50	5,00	1º	55,00
X6	4º curso - Intensificación en Gestión y Administración de empresas	7,79	5,00	4º	52,50
X7	5º curso -5º año	9,57	9,00	8º	45,00
X8	5º curso - Intensificación en Fabricación y máquinas	12,36	15,00	5º	51,67
X9	5º curso - Intensificación en Gestión y Administración de empresas	4,93	25,00	3º	53,33
X10	5º curso - Intensificación en Química	3,14	5,00	7º	45,83

Cuadro 4-74. Comparación de importancia de los cursos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que los cursos más adecuados para enseñar contenidos referidos al estudio de CIM, y priorizados por los industriales son:

- El 4º año y su intensificación en Fabricación y máquinas. Por su parte, el curso elegido por el sector académico (tanto para los profesores del ámbito local como para los profesores de Estados Unidos).
- El 4º curso con intensificación en fabricación y máquinas.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (cursos adecuados para la enseñanza de CIM) e Y (Contenidos específicos para el estudio de CIM), como la segunda parte de priorización de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X (cursos adecuados para la enseñanza de CIM) son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.



A continuación, se pueden apreciar los resultados de la sexta matriz QFD (Cuadro 4-75).

Finalmente, como conclusión del tratamiento de la información mediante la metodología propuesta por QFD, los resultados se pueden interpretar mejor con la ayuda de gráficos de barras y diagramas de Pareto.

En este caso se trata de las necesidades del sector industrial respecto a la didáctica con que se sugieren impartir las asignaturas dedicadas al estudio de CIM.

A partir de los siguientes tres gráficos, se puede evaluar objetivamente los resultados de la sexta matriz QFD.

El gráfico (Ver Gráfico 4-38) de la sexta matriz QFD, refleja los resultados referidos a las necesidades del cliente.

Las principales necesidades del cliente expresan la priorización de cursos (Ver Gráfico 4-38) en los que se sugiere la enseñanza de CIM, estos son:

- 5° curso – 5° año (28.5%),
- 4° curso – 4° año (14.9%) y
- 5° curso con intensificación en fabricación y Máquinas.

El valor de la “contribución relativa” (Ver Gráfico 4-39), expresa los porcentajes de priorización de contenidos sugeridos para el estudio de CIM; estos son:

- Recursos, Procesos y Planificación de la producción (18.6%)
- Sistemas Integrados de Gestión Industrial (18.6%)
- Gestión de calidad (12.1%)

El valor de la “contribución relativa” (Ver Gráfico 4-39), expresa los porcentajes de priorización de contenidos sugeridos para el estudio de CIM; estos son: Recursos, Procesos y Planificación de la producción (18.6%), seguido de Sistemas Integrados de Gestión Industrial (18.6%) y Gestión de calidad (12.1%).

Necesidad Superior		Parametros de Diseño											Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	
		Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
		51,5%	1,2%	10,1%	6,4%	7,2%	18,6%	11,5%	7,2%	18,6%	12,1%	7,0%						
No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Fundamentos de fabricación del nuevo siglo	Automatización y fabricación integrada	CAD y CAE	Comunicaciones industriales	Recursos de fabricación, procesos y planificación para producción	Robótica	Control de sistemas	Sistemas integrados y gestión industrial	Gestión de calidad	Infraestructura, equipamiento y software						
Cursos anuales	1	1º curso (1º año)	4,6%	9	1	0	3	9	3	3	9	9	3	40%	4,6%	1,9%	2,8%	5,7%
	2	2º curso (2º año)	5,7%	0	1	1	3	9	3	3	9	3	3	47%	5,7%	2,7%	3,0%	6,3%
	3	3º curso (3º año)	8,4%	0	3	9	9	9	1	3	9	3	1	52%	8,4%	4,4%	4,1%	8,4%
	4	4º curso (4º año)	14,9%	1	9	3	3	9	3	3	9	3	3	54%	14,9%	8,1%	6,8%	14,1%
	5	5º curso (5º año)	28,5%	0	9	3	3	9	9	3	9	9	3	55%	28,5%	15,7%	12,8%	26,4%
	6	Fabricación y Máquinas	7,8%	0	3	1	3	9	3	3	9	1	3	53%	7,8%	4,1%	3,7%	7,6%
	7	Gestión y Administración de Empresas	9,6%	0	3	3	3	9	3	0	9	3	9	45%	9,6%	4,3%	5,3%	10,9%
Intensificaciones 5º año	8	Fabricación y Máquinas	12,4%	0	0	3	3	9	9	9	9	3	3	52%	12,4%	6,4%	6,0%	12,3%
	9	Gestión y Administración de Empresas	4,9%	0	1	3	3	9	9	0	9	9	3	53%	4,9%	2,6%	2,3%	4,7%
	10	Química	3,1%	0	1	3	3	9	3	9	9	3	3	46%	3,1%	1,4%	1,7%	3,5%
			100,0%															
			<b>Peso ponderado OK</b>	0,6	4,9	3,1	3,5	9,0	5,6	3,5	9,0	5,9	3,4	49,6%	100,0%	51,5%	48,5%	100,0%
			<b>Métrico</b>	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza	Nº de créditos o asignaturas destinados a su enseñanza					
			<b>Dirección de Mejora</b>	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos	Mejora de contenidos					
			<b>Meta</b>	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos	Sólidos conocimientos					
			<b>Dificultad</b>	20%	20%	20%	30%	20%	30%	40%	40%	30%	30%					

Cuadro 4-75. Análisis de la correlación entre la didáctica de enseñanza y los cursos dedicados al estudio de la tecnología CIM - 6ª Matriz QFD

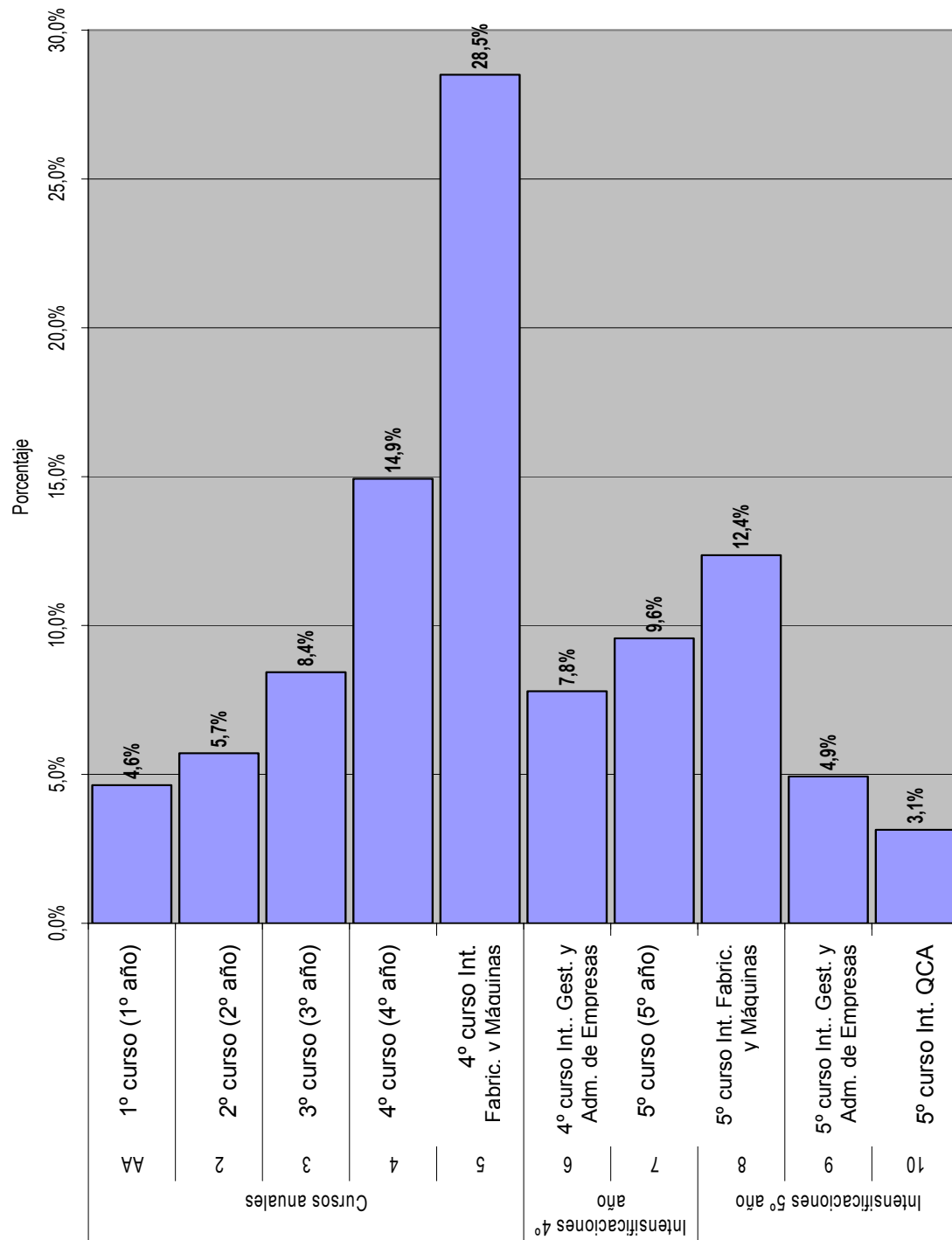


Gráfico 4-38. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 6ª Matriz QFD

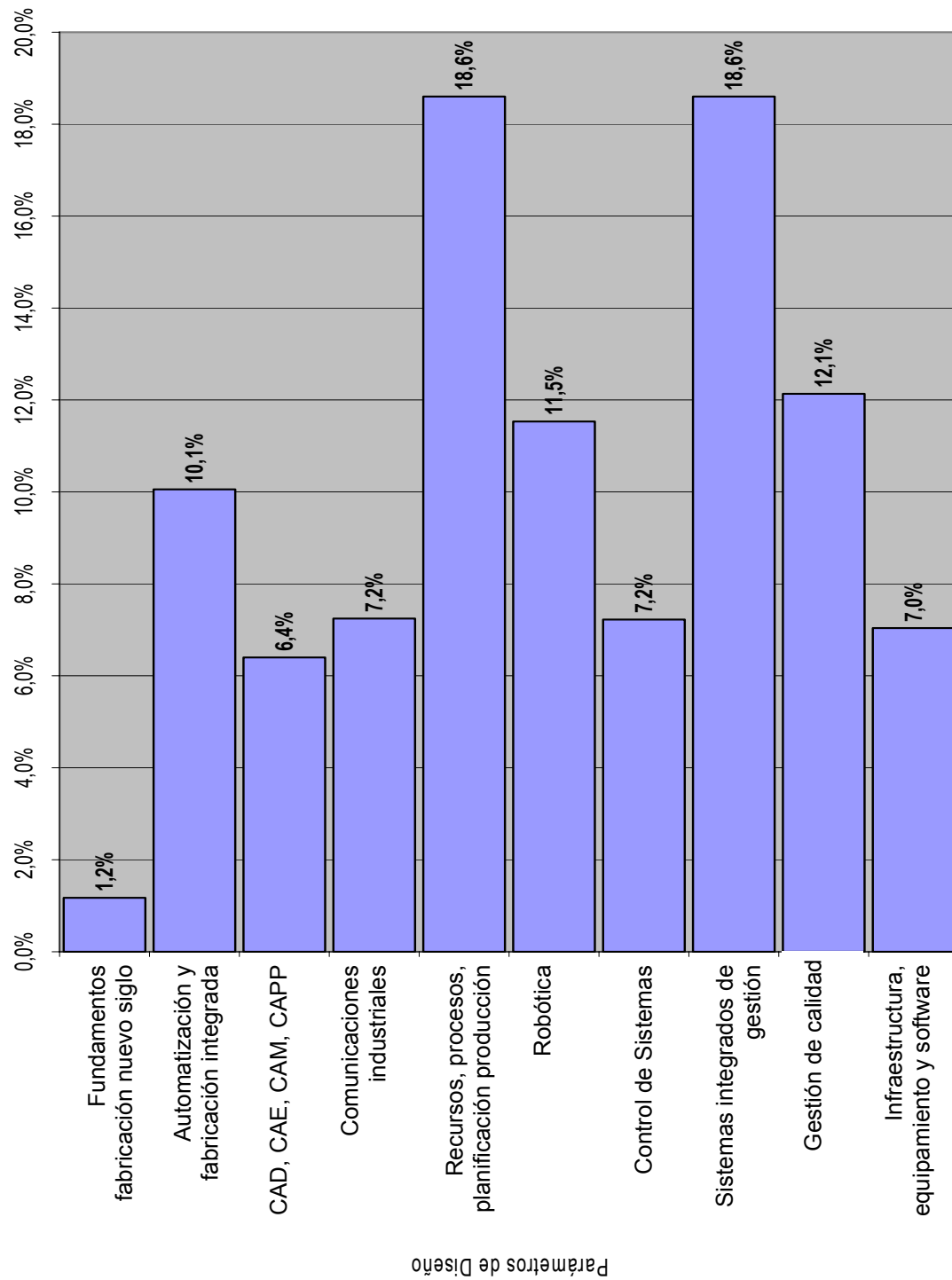


Gráfico 4-39. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 6ª Matriz QFD

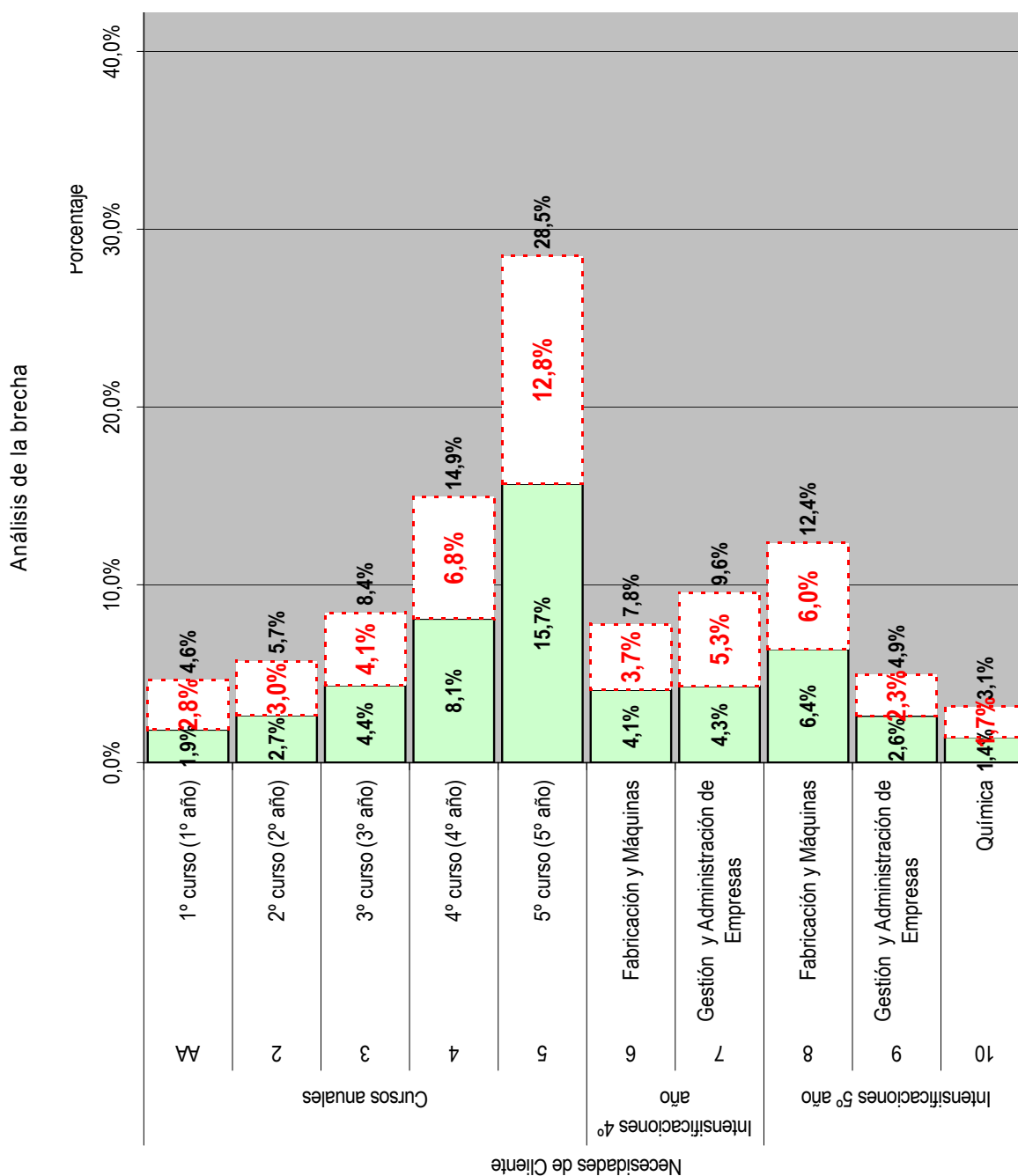


Gráfico 4-40. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 6ª Matriz QFD

Los valores denominados “Brecha absoluta ponderada”, se refieren al valor porcentual que incrementaría la mejora del diseño curricular si se incidiera más la enseñanza de los contenidos priorizados para el estudio de CIM, en determinados cursos. Estos valores calculados son: 5º año – 5º curso (12.8%), 4º año – 4º curso (6.8%), 5º curso con intensificación en Fabricación y máquinas (6.0%) y 4º curso con intensificación en Gestión y Administración de empresas (5.3%).

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, es decir, qué porcentaje representa (del total de la mejora conseguida) las mejoras realizadas en cada curso priorizado. En este sentido, los resultados son: 5° año – 5° curso (26.4%), 4° año – 4° curso (14.1%) y el 5 ° cursos con intensificación en Fabricación y máquinas (12.3%).

#### **4.6.7 Séptima Matriz QFD: Correlación entre contenidos para la enseñanza de CIM y su concentración, temporalidad y requisitos de estudio en el currículo**

Esta matriz QFD tiene por objetivo determinar la carga horaria de los contenidos dedicados al estudio de CIM, en el currículo de Ingeniería Industrial. De esta forma, se completará la información necesaria para el diseño y configuración del currículo de Ingeniería Industrial enfocado al estudio o especialización en la tecnología CIM.

Recordemos que para llegar a esta matriz, ya se tiene una preselección de:

- Las características mejor valoradas del perfil profesional de la carrera de Ingeniería Industrial (1ª Matriz).
- Los temas más adecuados para la enseñanza de la tecnología CIM (1ª Matriz).
- Las metas de aprendizaje establecidas para la carrera de Ingeniería Industrial (2ª Matriz).
- Las asignaturas más adecuadas para la enseñanza de la tecnología CIM (3ª Matriz).
- La didáctica sugerida para impartir las asignaturas priorizadas en la anterior matriz (4ª Matriz).
- Los cursos más adecuados en los cuales se sugiere incluir las asignaturas dedicadas al estudio de CIM (5ª Matriz).
- Los contenidos específicos que se deben incluir en las asignaturas priorizadas para dedicar el estudio de la tecnología CIM (6ª Matriz).

Por lo tanto, el procesamiento de esta información se complementa con la contribución de esta matriz, ya que también se determinarán la duración, la concentración y el tipo de curso, para el estudio de la tecnología CIM, en la carrera de Ingeniería Industrial.

El resultado permitirá ajustar de mejor forma los parámetros de diseño para el caso de estudio, de la siguiente forma:

- El perfil profesional del Ingeniero Industrial, valorado por el mercado laboral
- Los temas de estudio dedicados a la formación de Ingenieros Industriales especializados en la gestión de la tecnología CIM.
- Las metas de aprendizaje en las carreras profesionales de tipo tecnológicas como es Ingeniería Industrial.
- Las asignaturas (troncales, obligatorias y optativas) de la carrera de Ingeniería Industrial en el IQS (caso de estudio), dedicadas al estudio de la tecnología CIM.
- La didáctica (metodologías y estrategias) más adecuada para la enseñanza de la tecnología CIM.

- Los cursos (anuales y correspondientes intensificaciones) más adecuados en los que se sugiere la enseñanza de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS (caso de estudio).
- Los contenidos específicos que mejor abarcan la enseñanza de la tecnología CIM (como contenidos previos a CIM o como contenidos mismos de CIM) en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS (caso de estudio).
- La duración y concentración de la enseñanza de la tecnología CIM en los diferentes cursos o tipo de curso de la carrera de Ingeniería Industrial del IQS (caso de estudio).

Finalmente, los conceptos a ser correlacionados en el eje X e Y se describen a continuación:

### **Eje X: Contenidos para la enseñanza de CIM**

X<sub>1</sub>: Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo

X<sub>2</sub>: Automatización y fabricación integrada

X<sub>3</sub>: CAD y CAE

X<sub>4</sub>: Comunicaciones industriales (protocolos y su tecnología)

X<sub>5</sub>: Recursos de fabricación, procesos y planificación de la producción

X<sub>6</sub>: Robótica

X<sub>7</sub>: Control de sistemas

X<sub>8</sub>: Sistemas integrados de gestión industrial

X<sub>9</sub>: Gestión de la calidad

X<sub>10</sub>: Infraestructura, equipamiento y software

### **Eje Y: Configuración de los contenidos (cuándo y cómo realizar la enseñanza)**

Y<sub>1</sub>: Asignatura cuatrimestral y teórica

Y<sub>2</sub>: Asignatura cuatrimestral y práctica (laboratorios)

Y<sub>3</sub>: Asignatura cuatrimestral combinada teórica-práctica

Y<sub>4</sub>: Asignatura anual y teórica

Y<sub>5</sub>: Asignatura anual y práctica (laboratorio)

Y<sub>6</sub>: Asignatura anual combinada teórica-práctica

Y<sub>7</sub>: Conjunto de asignaturas en 4° y 5° año de tipo teórico-práctico

Y<sub>8</sub>: Conjunto de asignaturas en 3°, 4° y 5° año de tipo teórico-práctico

Y<sub>9</sub>: Prácticas de laboratorio en 4° y 5° año

Y<sub>10</sub>: Prácticas de laboratorio en 5° año

Los resultados de las correlaciones de ambos grupos de expertos (industrial y académico) del ámbito nacional, expresados en su valor modal, son los siguientes (Ver Cuadro 4-76):

		Contenidos para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Concentración, temporalidad y ubicación de contenidos CIM	Y1	9	0	3	9	3	3	9	0	3	0
	Y2	0	3	3	0	3	3	3	0	0	3
	Y3	0	9	9	3	3	9	9	9	9	9
	Y4	3	9	3	3	3	3	9	3	0	0
	Y5	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3
	Y6	0	9	9	0	9	9	9	9	9	9
	Y7	0	9	3	0	3	9	9	9	9	9
	Y8	0	9	9	3	3	3	3	3	9	3
	Y9	0	3	1	0	0	9	0	0	0	3
	Y10	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0

Cuadro 4-76. Moda de las Respuestas de la 7ª Matriz (Casa Calidad), grupo de expertos

Para comprender mejor la interpretación del cuadro anterior de respuestas, se analizará un ejemplo. La primera casilla, en la parte izquierda superior, representa a la correlación  $X_1Y_1$  y su calificación ha sido de 9; es decir, que la correlación entre  $X_1$  (Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo) y  $Y_1$  (1 asignatura de cuatrimestre de tipo teórico) es alta (valor máximo).

Por tanto, interpretamos que la mayoría de los miembros del grupo de expertos, que representan a los sectores industrial y académico; consideran que tienen una relación alta o influencia trascendental la enseñanza de contenidos referidos a los Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo y la enseñanza de tal forma que se imparta en una asignatura de duración cuatrimestral y de tipo teórica.

O de otra forma, se interpreta, que en el grupo de asignaturas cuatrimestrales de tipo teóricas se ubica adecuadamente los contenidos específicos de Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo, para la enseñanza de la tecnología CIM.

En términos generales, se puede apreciar que las correlaciones altas ya no son la mayoría, al contrario, las correlaciones de las distintas calificaciones, tienden a tener una distribución homogénea (30% aproximadamente cada grupo).

Estos resultados a priori, nos señalan que la correlación entre los contenidos especializados en la enseñanza de CIM y la duración o concentración de contenidos en diferentes cursos o periodos, depende de cada contenido y periodo de duración y no responden a una tendencia de grupo sino a cada correlación.

Las principales modalidades de enseñanza que se han escogido son las asignaturas de duración cuatrimestral de enseñanza práctica (laboratorios) concentradas en una sola asignatura. Y por su parte, también los contenidos priorizados para esta clase de enseñanza son los referidos a la Automatización y fabricación integrada y Robótica.

En el siguiente cuadro (Ver Cuadro 4-77) se puede diferenciar las calificaciones por jerarquía.



		Contenidos para la enseñanza de CIM									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Concentración, temporalidad y ubicación de contenidos CIM	Y1	9	0	3	9	3	3	9	0	3	0
	Y2	0	3	3	0	3	3	3	0	0	3
	Y3	0	9	9	3	3	9	9	9	9	9
	Y4	3	9	3	3	3	3	9	3	0	0
	Y5	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3
	Y6	0	9	9	0	9	9	9	9	9	9
	Y7	0	9	3	0	3	9	9	9	9	9
	Y8	0	9	9	3	3	3	3	3	9	3
	Y9	0	3	1	0	0	9	0	0	0	3
	Y10	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0

Cuadro 4-77. Respuestas del grupo de expertos por jerarquía – 7ª Matriz

De este cuadro, se realizan las siguientes observaciones:

- El 30% de las calificaciones corresponde a las correlaciones fuertes (9) – área amarilla.
- El 33% de las calificaciones corresponde a las correlaciones moderadas (3) – área verde.
- El 2% de las calificaciones corresponde a las correlaciones débiles (1) – área blanca
- El 35% de las calificaciones corresponde a las correlaciones nulas (0) – área naranja

Así mismo, el análisis de cada grupo de correlaciones se desagrega como sigue:

- La correlación  $X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo Vs. 1 asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Casi nula, con solo una correlación alta, una correlación moderada y una correlación baja.

Es decir; que la enseñanza del contenido específico referido a Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo es más adecuada o prioritaria, si se imparte en una asignatura de duración cuatrimestral y de tipo práctico (laboratorios). Dicha correlación ha sido calificada como alta (máxima). La siguiente correlación sugerida es la enseñanza de este contenido en una asignatura anual y de tipo práctica.

Por tanto, la correlación en general de  $X_1$  con todas las duraciones o concentraciones de la forma de enseñanza, ha sido calificada como **Nula o baja** a excepción de los casos ya mencionados

- La correlación  $X_2 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Automatización y fabricación integrada Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Alta

Es decir, que el contenido de Automatización y fabricación integrada tiene una correlación **alta** o se sugiere que pueda ser impartido en: 1 Asignatura de

cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura anual práctica, 1 Asignatura anual teórica-práctica, Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-prácticas, Grupo de asignaturas de 3°, 4° y 5° curso y de tipo teóricas-prácticas, Prácticas de laboratorio en 4° y 5° curso. A excepción de la enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre teórica y Prácticas de laboratorio en 5° curso.

- La correlación  $X_3Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (CAD, CAE Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5° curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que el contenido de CAD-CAE se correlaciona de forma **notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre teórica, 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura anual práctica, 1 Asignatura anual teórica-práctica, Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-prácticas, Grupo de asignaturas de 3°, 4° y 5° curso y de tipo teóricas-prácticas, Prácticas de laboratorio en 4° y 5° curso y Prácticas de laboratorio en 5° curso.

- La correlación  $X_4Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Comunicaciones industriales Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5° curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que en las Comunicaciones industriales se correlaciona de forma **baja** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura anual práctica, 1 Asignatura anual teórica-práctica, Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-prácticas, Grupo de asignaturas de 3°, 4° y 5° curso y de tipo teóricas-prácticas, Prácticas de laboratorio en 4° y 5° curso y Prácticas de laboratorio en 5° curso. A excepción de la enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre teórica, con la que se correlaciona de forma alta.

- La correlación  $X_5Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Recursos, procesos y Planificación de la producción Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5° curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media o moderada.

Es decir; que el contenido referido a Recursos, procesos y Planificación de la producción se correlaciona de forma **notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura anual práctica, Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-prácticas, Grupo de asignaturas de 3°, 4° y 5° curso y de tipo teóricas-prácticas, Prácticas de laboratorio en 4° y 5° curso y Prácticas de laboratorio en 5° curso. A excepción de la enseñanza en 1 Asignatura anual teórica-práctica, con la que se correlaciona de forma alta.

- La correlación  $X_6Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Robótica Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5° curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-Alta.

Es decir; que el contenido referido a la Robótica se correlaciona de forma **muy notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura anual práctica, Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-

prácticas, Grupo de asignaturas de 3º, 4º y 5º curso y de tipo teóricas-prácticas, Prácticas de laboratorio en 4º y 5º curso y Prácticas de laboratorio en 5º curso.

- La correlación  $X_7 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Sistema de control Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media.

Es decir; que el contenido referido al Sistema de control se correlaciona de forma **notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual teórica, Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso teóricas-prácticas y Grupo de asignaturas de 3º, 4º y 5º curso y de tipo teóricas-prácticas. A excepción de las siguientes formas de enseñanza con correlaciones nulas: 1 Asignatura anual práctica, Prácticas de laboratorio en 4º y 5º curso y Prácticas de laboratorio en 5º curso. Se debe notar que la calificación global de este grupo es media alta, debido a los contrastes entre calificaciones altas y las nulas.

- La correlación  $X_8 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Sistemas integrados de gestión industrial Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-baja.

Es decir; que el contenido referido al Sistemas integrados de gestión industrial se correlaciona de forma **poco notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura anual teórica, Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso teóricas-prácticas y Grupo de asignaturas de 3º, 4º y 5º curso y de tipo teóricas-prácticas. A excepción de las siguientes formas de enseñanza con correlaciones nulas: 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual práctica, Prácticas de laboratorio en 4º y 5º curso y Prácticas de laboratorio en 5º curso. Se debe notar que la calificación global de este grupo es media baja, debido a los contrastes entre calificaciones altas y las nulas.

- La correlación  $X_9 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Gestión de la calidad Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-baja.

Es decir; que el contenido referido a la Gestión de calidad se correlaciona de forma **poco notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso teóricas-prácticas y Grupo de asignaturas de 3º, 4º y 5º curso y de tipo teóricas-prácticas. A excepción de las siguientes formas de enseñanza con correlaciones nulas, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica, 1 Asignatura anual práctica, Prácticas de laboratorio en 4º y 5º curso y Prácticas de laboratorio en 5º curso. Se debe notar que la calificación global de este grupo es media baja, debido a los contrastes entre calificaciones altas y las nulas.

- La correlación  $X_{10} Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6 Y_7 Y_8 Y_9 Y_{10}$  (Infraestructura, equipamiento y software Vs. 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórico, ..., Prácticas de laboratorio en 5º curso) ha sido calificada por los expertos con una calificación: Media-baja.

Es decir; que el contenido referido a la Infraestructura, equipamiento y software se correlaciona de forma **poco notable** con la forma de enseñanza en 1 Asignatura anual práctica, Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso teóricas-prácticas, Prácticas

de laboratorio en 4° y 5° curso y Grupo de asignaturas de 3°, 4° y 5° curso y de tipo teóricas-prácticas. A excepción de las siguientes formas de enseñanza con correlaciones nulas: 1 Asignatura de cuatrimestre práctica, 1 Asignatura anual teórica, 1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica y Prácticas de laboratorio en 5° curso. Se debe notar que la calificación global de este grupo es media baja, debido a los contrastes entre calificaciones altas y las nulas.

Finalmente, el cuadro puntualiza que a partir de las correlaciones más fuertes, la forma de enseñanza en cuanto a duración y concentración son:

- $Y_6$  “1 Asignatura de cuatrimestre teórica”, ya que esta forma de enseñanza basada en parámetros de duración y concentración; según criterio de los expertos, debería aplicarse en los siguientes contenidos: Automatización y fabricación integrada ( $X_2$ ), CAD-CAE ( $X_3$ ), Robótica ( $X_6$ ), Sistemas de control ( $X_7$ ), Sistemas integrados de gestión industrial ( $X_8$ ), Gestión de calidad ( $X_9$ ) e Infraestructura, equipamiento y software ( $X_{10}$ ).
- $Y_3$  “1 Asignatura de cuatrimestre teórica-práctica”, ya que esta forma de enseñanza basada en parámetros de duración y concentración; según criterio de los expertos, debería aplicarse en los siguientes contenidos: Automatización y fabricación integrada ( $X_2$ ), CAD-CAE ( $X_3$ ), Recursos, procesos y planificación de la producción ( $X_5$ ), Robótica ( $X_6$ ), Sistemas de control ( $X_7$ ), Sistemas integrados de gestión industrial ( $X_8$ ), Gestión de calidad ( $X_9$ ) e Infraestructura, equipamiento y software ( $X_{10}$ ).
- $Y_7$  “Grupo de asignaturas de 4° y 5° curso teóricas-prácticas”, ya que esta forma de enseñanza basada en parámetros de duración y concentración; según criterio de los expertos, debería aplicarse en los siguientes contenidos: Automatización y fabricación integrada ( $X_2$ ), Robótica ( $X_6$ ), Sistemas de control ( $X_7$ ), Sistemas integrados de gestión industrial ( $X_8$ ), Gestión de calidad ( $X_9$ ) e Infraestructura, equipamiento y software ( $X_{10}$ ).
- La representación gráfica de las respuestas de cada uno de los miembros de los dos grupos de expertos (académico e industrial), denota la concentración de las calificaciones en los valores predeterminados. Estos gráficos, permiten apreciar si las correlaciones son relevantes o no.

Así, si se concentran los puntos en la mitad baja, significará que las correlaciones son relevantes. Para mejor ilustración, se han agrupado cada cinco correlaciones por gráfico; el primer gráfico de los resultados de esta matriz, detalla las correlaciones  $X_1Y_1$ ,  $X_1Y_2$ ,  $X_1Y_3$ ,  $X_1Y_4$  y  $X_1Y_5$  (Ver Gráfico 4-41). En el Anexo 4-7, se completan los gráficos de las restantes correlaciones de esta matriz.

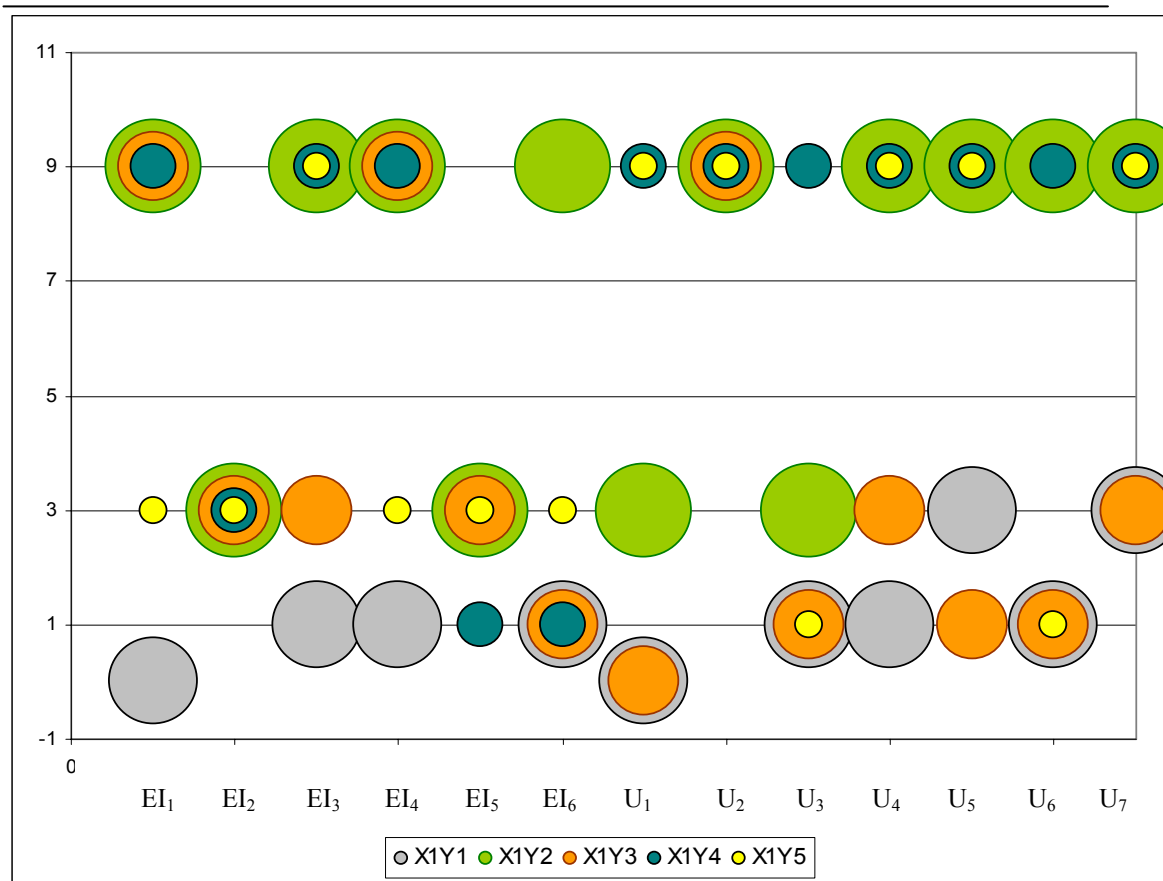


Gráfico 4-41. Concentración de calificaciones de respuestas – 7ª Matriz

Donde:

El<sub>1</sub>: Empresa Industrial N° 1

El<sub>n</sub>: Empresa Industrial n; n= 1,..., 6

U<sub>1</sub>: Universidad N° 1

U<sub>n</sub>: Universidad n; n= 1,..., 7

Para completar el análisis, a continuación se plantea la comparación de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, con los resultados de la calificación del representante del sector académico de Estados Unidos es el siguiente (Ver Cuadro 4-78):

		Contenidos para la enseñanza de CIM (Comparado)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Concentración, temporalidad y ubicación de contenidos CIM	Y1	9-3	1-0	3-0	9-0	3-1	3-1	9-3	3-0	3	0
	Y2	1-0	3	3	1-0	3-1	3	3	3-0	1-0	3-1
	Y3	3-0	9	9-1	3-1	3	9-3	9-1	9-3	9-3	9-0
	Y4	3-1	9-0	3-0	3-1	3-0	3	9-0	3-0	0	1-0
	Y5	1-0	3-0	3-1	0	1-0	3	0	0	0	3-1
	Y6	1-0	9-1	9-3	0	9-0	9-3	9-1	9-0	9-3	9-0
	Y7	1-0	9-0	3-0	1-0	3	9-0	9-0	9-0	9-3	9-0
	Y8	0	9-0	9-0	3	3	3-1	3	3	9-3	3-1
	Y9	0	3-0	1-0	3-0	0	9-0	0	0	3-0	3-1
	Y10	1-0	0	0	3-0	0	3-0	0	0	3-0	0

Cuadro 4-78. Respuestas de la 7ª Matriz (Casa de Calidad) de Estados Unidos

Al comparar los resultados de este cuadro con los resultados del cuadro anterior, se advierte claramente (Ver Cuadro 4-79), que hay una gran coincidencia en los valores de las calificaciones nula y moderada.

Mientras que se aprecia una mayor divergencia en las calificaciones de valores opuestos como la más alta con la más baja calificación. Por otra parte la divergencia (de un nivel de calificación) es la mayor parte del cuadro; por lo que se puede concluir que las calificaciones son similares en valores medios, pero si hay mucha divergencia en los valores máximos y mínimos.

		Contenidos para la enseñanza de CIM (Estados Unidos)									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Concentración, temporalidad y ubicación de contenidos CIM	Y1	3	1	0	0	1	1	3	3	3	0
	Y2	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1
	Y3	3	9	1	1	3	3	1	3	3	0
	Y4	1	0	0	1	0	3	0	0	0	1
	Y5	1	0	1	0	1	3	0	0	0	1
	Y6	1	1	3	0	0	3	1	0	3	0
	Y7	1	0	0	1	3	0	0	0	3	0
	Y8	0	0	0	3	3	1	3	3	3	1
	Y9	0	0	0	3	0	0	0	0	3	1
	Y10	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0

Cuadro 4-79. Comparación de valoraciones entre España y Estados Unidos – 7ª Matriz

Donde:

	Igualdad de calificaciones (coincidencia)
	Divergencia moderada con calificaciones de valor central (1 y 3)
	Divergencia moderada con calificaciones de variables en un grado
	Divergencia máxima (calificaciones de valor opuesto)
	Divergencia acentuada (2 ó más grados de calificación de diferencia)

Es interesante observar algunos rasgos de las diferentes formas para enseñar los contenidos priorizados de CIM, basados en parámetros de concentración y duración de los periodos de enseñanza.

En *Estados Unidos*, la concentración y duración de los periodos de enseñanza de contenidos CIM son: 1 Asignatura cuatrimestral de tipo teórica-práctica, 1 Asignatura cuatrimestral de tipo práctica y un Grupo de asignaturas de 3º, 4º y 5º curso de tipo teórico-práctico; en ese orden. Lo que quiere decir que coincide con la calificación de los expertos nacionales en un criterio: 1 Asignatura cuatrimestral de tipo teórica-práctica.

Con la divergencia que en Estados Unidos se valora también como prioritario la enseñanza de contenidos CIM en Asignaturas de cuatrimestre y prácticas y Grupo de Asignaturas de 3º, 4º y 5º curso de tipo teórico-práctico.

Esto, refuerza los resultados anteriores, concretamente de la 5ª Matriz QFD, en la que se determinaron como cursos prioritarios para la enseñanza de contenidos CIM, los cursos de 3º, 4º y 5º año.

En cuanto a los resultados en España, se nota claramente que el mayor énfasis para situar a los contenidos en cuanto a duración y concentración, está en el 4º y 5º año, sugiriendo en todo caso que los contenidos se enseñen en asignaturas cuatrimestrales de tipo teórico-práctico.

### **Método Delphi modificado “Rotatorio” en la Séptima Matriz**

El análisis de correlación debe completarse con la ponderación relativa de cada uno de los conceptos (coordenadas X e Y). Es decir, qué calificación de importancia recibe cada concepto, respecto a su grupo de conceptos.

El primer grupo de expertos correspondiente al sector académico (en el rol de productor) califica cada concepto referido a los contenidos específicos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM, los mismos que se correlacionan en esta etapa con la concentración, duración y ubicación en el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial.

Las calificaciones se asignaron en una escala del 0% al 100%, de tal forma que los diez conceptos ( $X_1$  a  $X_{10}$ ) sumen un total de 100%. Las calificaciones de los 7 expertos en este grupo se promediaron (Ver Cuadro 4-80).

Este valor se trasladará a la matriz QFD de correlaciones, en la columna inmediata derecha de la parte central (calificaciones de correlaciones X e Y). De esta forma, se obtiene una calificación ponderada relativa.

La representación gráfica de estas respuestas se ilustra de mejor forma (Ver Gráfico 4-42), donde se aprecia que las calificaciones oscilan entre las franjas porcentuales de 6% al 14%, lo que quiere decir que la importancia es homogénea y este es el resultado que mayor igualdad de importancia presenta en la calificación de cada concepto; apenas hay 7 puntos porcentuales entre el valor más bajo y el valor más alto. Sin embargo, ligeramente se ve que se ha calificado como más importante para el aprendizaje de CIM los contenidos referidos al estudio de CAD-CAE ( $X_3$ ).

Contenidos	UNIVERSIDAD							MEDIA
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	
X1	7,00	10,00	15,00	10,00	0,00	10,00	5,00	8,14
X2	21,00	15,00	15,00	5,00	15,00	12,00	12,00	13,57
X3	10,00	10,00	5,00	10,00	25,00	10,00	26,00	13,71
X4	4,00	5,00	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	6,29
X5	4,00	10,00	5,00	5,00	5,00	10,00	5,00	6,29
X6	18,00	7,50	5,00	10,00	20,00	8,00	12,00	11,50
X7	15,00	7,50	15,00	10,00	15,00	10,00	10,00	11,79
X8	10,00	7,50	15,00	15,00	5,00	15,00	8,00	10,79
X9	4,00	12,50	5,00	15,00	5,00	10,00	5,00	8,07
X10	7,00	15,00	10,00	10,00	5,00	10,00	12,00	9,86
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Cuadro 4-80. Calificación ponderada del sector académico a los contenidos específicos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM

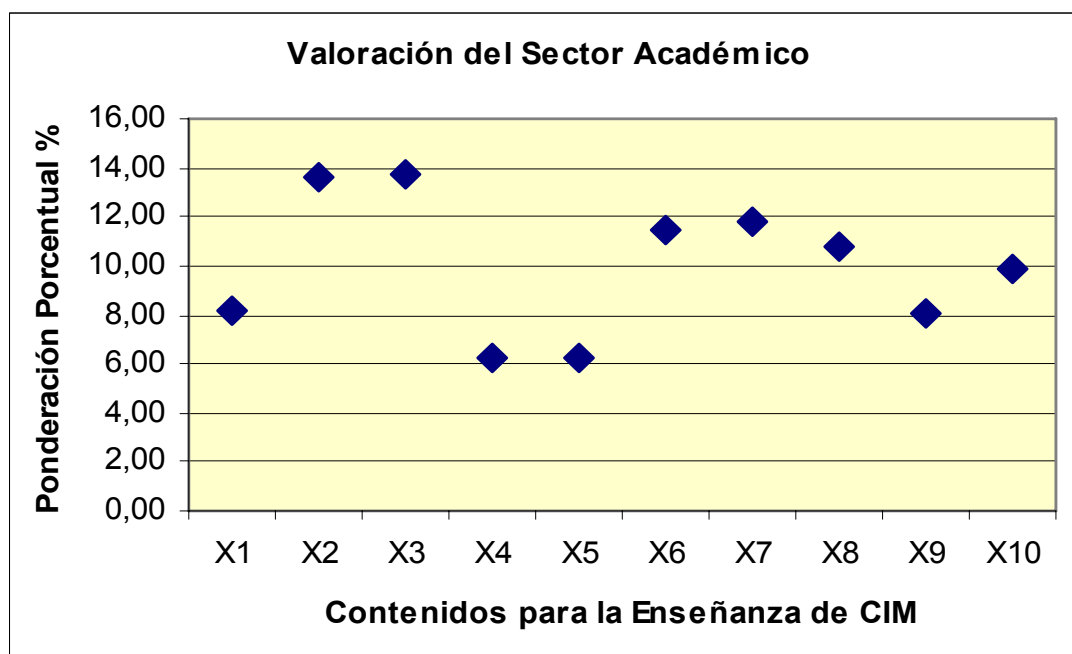


Gráfico 4-42. Calificación de la importancia relativa que tienen los contenidos específicos dedicados al estudio de la tecnología CIM

De la misma forma, el método Delphi Rotatorio, propone que el grupo de expertos correspondiente al sector industrial (en el rol de cliente), califique a los contenidos específicos dedicados a la enseñanza de CIM, y su importancia relativa dentro del grupo.



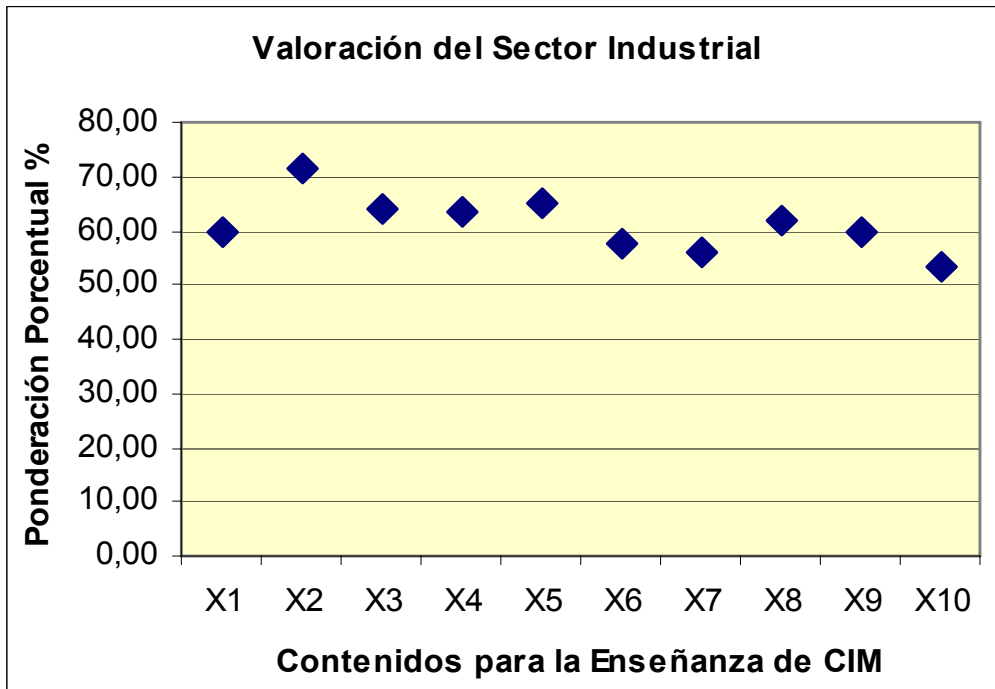
A diferencia del rango anterior, cada concepto deberá ser calificado de forma independiente del 0% al 100%, pues en este caso la suma de las calificaciones no tiene que ser 100% necesariamente y las calificaciones no están correlacionadas (Ver Cuadro 4-81).

Contenidos	INDUSTRIA						MEDIA
	EI 1	EI 2	EI 3	EI 4	EI 5	EI 6	
X1	20,00	50,00	90,00	75,00	70,00	55,00	60,00
X2	20,00	100,00	100,00	80,00	70,00	60,00	71,67
X3	20,00	75,00	80,00	80,00	70,00	60,00	64,17
X4	20,00	70,00	70,00	85,00	70,00	65,00	63,33
X5	10,00	90,00	80,00	85,00	60,00	65,00	65,00
X6	10,00	75,00	70,00	75,00	60,00	55,00	57,50
X7	0,00	75,00	70,00	80,00	50,00	60,00	55,83
X8	0,00	90,00	100,00	85,00	30,00	65,00	61,67
X9	0,00	75,00	100,00	80,00	45,00	60,00	60,00
X10	0,00	75,00	70,00	75,00	50,00	50,00	53,33

Cuadro 4-81. Media de calificación del sector industrial a los contenidos específicos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM

La representación gráfica de estas calificaciones independientes realizadas por el sector industrial, muestra la importancia con que los industriales califican a los contenidos específicos dedicados al estudio de la tecnología CIM (importancia relativa de cada contenido respecto al grupo de contenidos).

Estos valores oscilan en el rango del 50% al 70%, que las califica como notablemente importantes y regularmente homogéneas (Ver Gráfico 4-43).



Cuadro 4-43. Media de calificación del sector industrial a los contenidos específicos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM.

A continuación se resume en un cuadro (Ver Cuadro 4-82) los resultados del método Delphi Rotatorio de forma comparada.

Abscisa	Contenidos para la enseñanza de CIM	Media Universidad (%)	Calificación USA	Media Industria	
				Jerarquía	%
X1	Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo	8,14	5,00	6°	60,00
X2	Automatización y fabricación integrada	13,57	20,00	1°	71,67
X3	CAD-CAE	13,71	10,00	3°	64,17
X4	Comunicaciones industriales	6,29	5,00	4°	63,33
X5	Recursos, procesos y Planificación de la producción	6,29	10,00	2°	65,00
X6	Robótica	11,50	10,00	7°	57,50
X7	Sistemas de Control	11,79	10,00	8°	55,83
X8	Sistemas integrados de gestión industrial	10,79	10,00	5°	61,67
X9	Gestión de la calidad	8,07	10,00	6°	60,00
X10	Infraestructura, equipamiento y software	9,86	10,00	9°	53,33

Cuadro 4-82. Comparación de importancia de los contenidos dedicados a la enseñanza de la tecnología CIM

Esta jerarquía consensuada por ambos sectores (industrial y académico), indica que los contenidos más adecuados y priorizados para la enseñanza de la tecnología CIM son: la Automatización y fabricación integrada, seguida del estudio de Recursos, procesos y Planificación de la producción (tanto para los profesores del ámbito local como para los profesores de Estados Unidos). Estos contenidos son necesarios para el estudio propio de la tecnología CIM, pues son los fundamentos base para poder comprender la integración de herramientas y conceptos que implica esta tecnología.

Tanto el análisis de la primera parte de correlación de conceptos X (contenidos para la enseñanza de CIM) e Y (Concentración, duración y ubicación de los contenidos en el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial), como la segunda parte de priorización por parte de los sectores académico e industrial sobre los conceptos X; son pasos previos obligados y necesarios para la construcción de la matriz completa de QFD.

A continuación, se pueden apreciar los resultados de la séptima matriz QFD (Cuadro 4-83).

El gráfico (Ver Gráfico 4-44) de la séptima matriz QFD, refleja los resultados referidos a las necesidades del cliente.

En este caso se trata de las necesidades del sector industrial respecto a la contribución del estudio de los contenidos específicos priorizados, en el logro de un perfil industrial ajustado a sus prioridades.

Necesidad Superior		Parametros de Diseno										Eval de clientes	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa		
		Calificación ponderada actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9						10	
		61,4%	2,6%	14,3%	11,8%	4,1%	7,4%	14,3%	13,4%	9,6%	11,4%						11,2%	
No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Asig. Cuatrimestral teórica	Asig. Cuatrimestral práctica (lab)	Asig. Cuatrimestral combinada (teo-prac.)	Asig. Anual teórica	Asig. Anual práctica (lab)	Asig. Anual combinada (teo-prac)	Asig. 4° y 5° combinadas (teo-prac)	Asig. 3°, 4° y 5° combinadas (teo-prac)	Laboratorio 4° y 5°	Laboratorio 5°						
Contenidos	1	Fundamentos de fabricación del nuevo siglo	8,1%	9	0	3	9	3	3	9	0	3	0	60%	8,1%	4,9%	3,3%	8,4%
	2	Automatización y fabricación integrada	13,6%	0	3	3	0	3	3	3	0	0	3	72%	13,6%	9,7%	3,8%	10,0%
	3	CAD y CAE	13,7%	0	9	9	3	3	9	9	9	9	9	64%	13,7%	8,8%	4,9%	12,7%
	4	Comunicaciones industriales	6,3%	3	9	3	3	3	3	9	3	0	0	63%	6,3%	4,0%	2,3%	6,0%
	5	Recursos de fabricación, procesos y planificación	6,3%	0	3	3	0	0	3	0	0	0	3	65%	6,3%	4,1%	2,2%	5,7%
	6	Robótica	11,5%	0	9	9	0	9	9	9	9	9	9	58%	11,5%	6,6%	4,9%	12,7%
	7	Control de sistemas	11,8%	0	9	3	0	3	9	9	9	9	9	56%	11,8%	6,6%	5,2%	13,5%
	8	Sistemas integrados y gestión industrial	10,8%	0	9	9	3	3	3	3	3	9	3	62%	10,8%	6,7%	4,1%	10,7%
	9	Gestión de calidad	8,1%	0	3	1	0	0	9	0	0	0	3	60%	8,1%	4,8%	3,2%	8,4%
	10	Infraestructura, equipamiento y software	9,9%	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	53%	9,9%	5,3%	4,6%	11,9%
			100,0%															
			Peso ponderado OK	1,0	5,7	4,7	1,7	3,0	5,7	5,4	3,8	4,5	4,5	61,3%	100,0%	61,4%	38,6%	100,0%
				Asig. Cuatrimestral teórica	Asig. Cuatrimestral práctica (lab)	Asig. Cuatrimestral combinada (teo-prac.)	Asig. Anual teórica	Asig. Anual práctica (lab)	Asig. Anual combinada (teo-prac)	Asig. 4° y 5° combinadas (teo-prac)	Asig. 3°, 4° y 5° combinadas (teo-prac)	Laboratorio 4° y 5°	Laboratorio 5°					

Cuadro 4-83. Análisis de la correlación entre la didáctica de enseñanza y los cursos dedicados al estudio de la tecnología CIM - 7ª Matriz QFD

Las principales necesidades del cliente (Ver Gráfico 4-44) expresan los contenidos de enseñanza dedicados al estudio de CIM que mejor cumplen con las expectativas de los grupos de expertos. Estos son: CAD-CAE (13.7%), Automatización y fabricación integrada (13.6%) y Sistemas de control (11.9%).

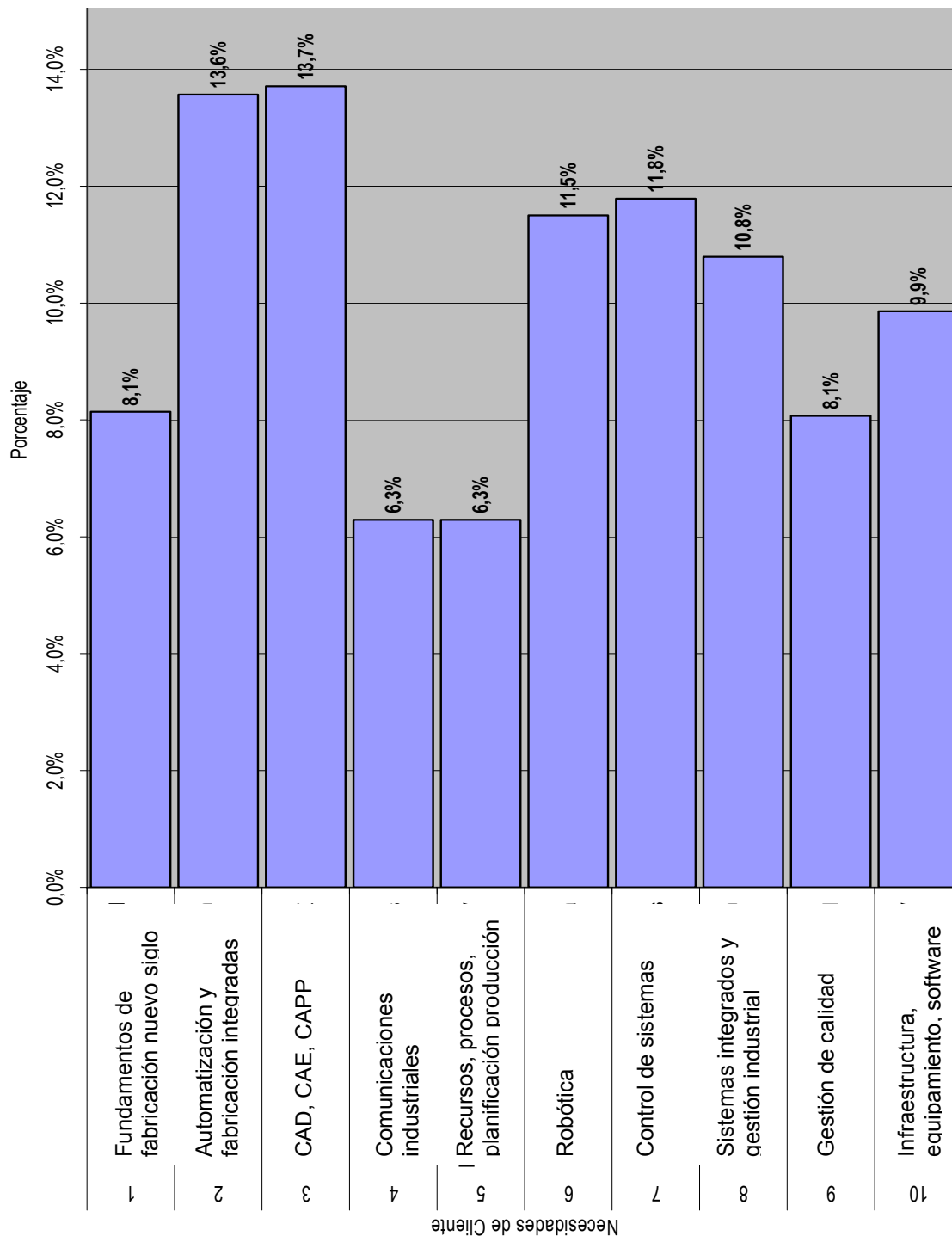


Gráfico 4-44. Diagrama de Pareto para las necesidades del cliente – 7ª Matriz QFD

La “contribución relativa” (Ver Gráfico 4-45) señala los parámetros de diseño más adecuados para impartir los contenidos en duración y ubicación en el currículo: 1 Asignatura cuatrimestral práctica (lab.) (14.3%), 1 Asignatura anual teórica-práctica (14.3%) y un Grupo de asignaturas en 4º y 5º curso de tipo teórico-práctico (13.4%).

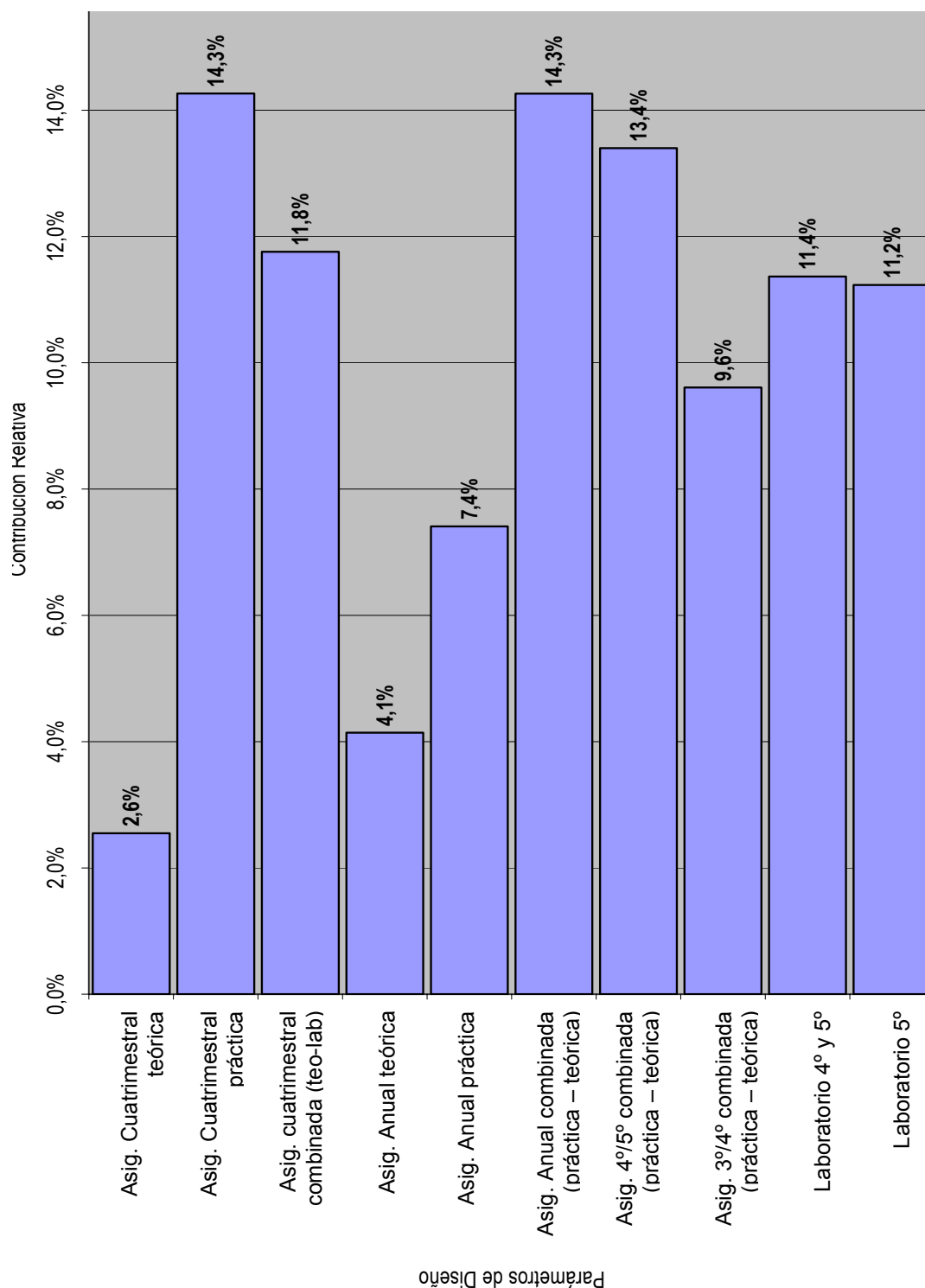


Gráfico 4-45. Diagrama Pareto de la Contribución relativa – 7ª Matriz QFD

La “Brecha absoluta ponderada” (Ver Gráfico 4-46), se refiere a la priorización (mayor porcentaje) de ajuste en cada contenido, para cumplir con los requerimientos de formación mejor valorados por el mercado laboral. Lo interesante de este análisis es el énfasis de la mejora que muchas veces está en ítems secundarios. Los porcentajes señalan que la mayor contribución a la mejora lo lograrían los contenidos en la siguiente proporción: Sistemas de control (principal) con el 5.2%, CAD-CAE (principal) con el 4.9% y Robótica (secundario) con el 4.9% también.

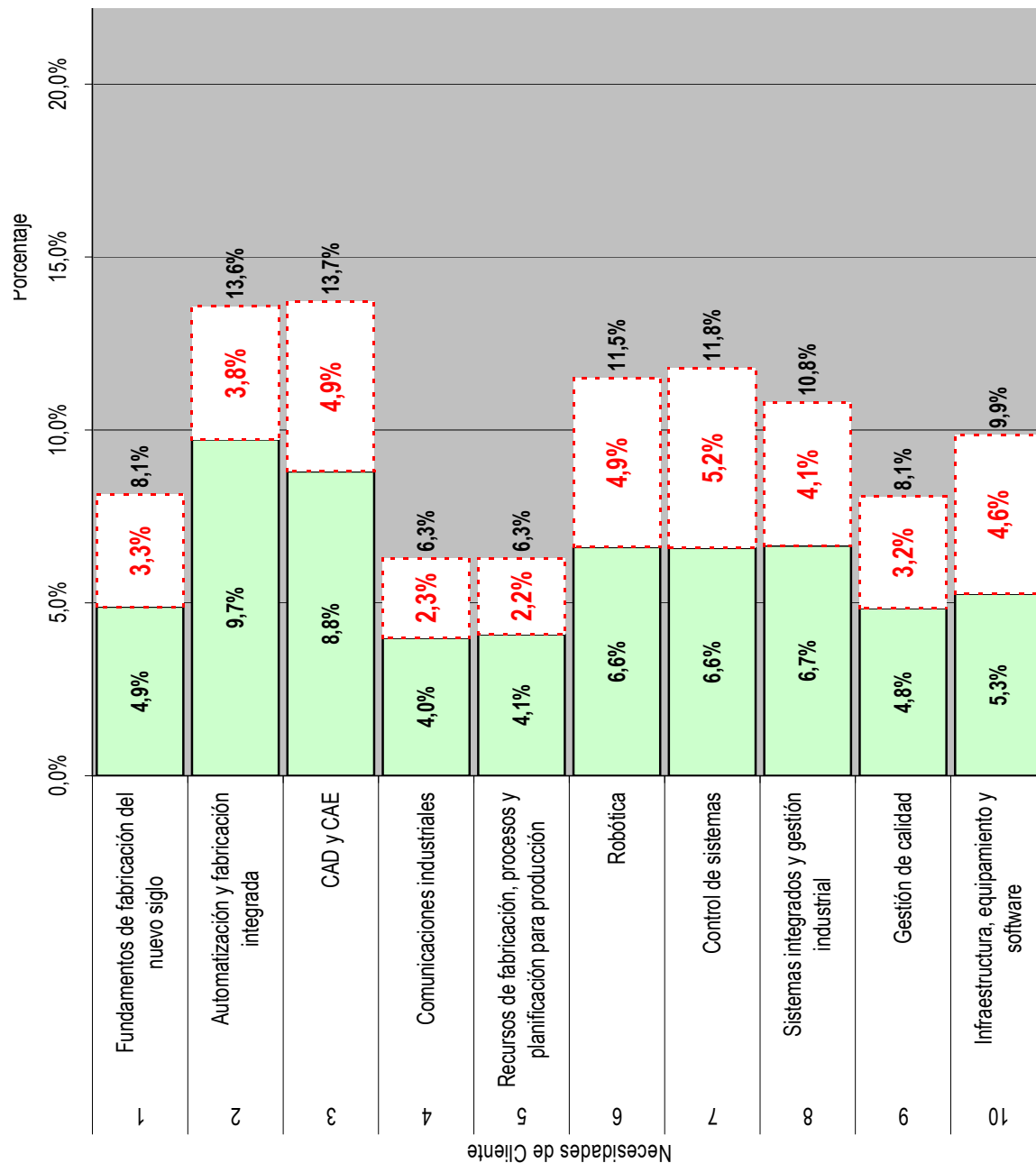


Gráfico 4-46. Brecha entre el nivel deseado y la evaluación actual – 7ª Matriz QFD

Por otra parte, también es importante analizar el valor de la Brecha absoluta relativa, es decir, en qué proporción mejoraría o se ajustaría más a una formación ideal en conocimientos CIM (mejora total o ideal) si se atienden las demandas de los clientes

(grupo de expertos) respecto a los contenidos distribuidos en los cursos priorizados. De este modo, los principales cursos o cursos críticos en los que hay que centralizar los esfuerzos son: Sistemas de control (13.5%), CAD-CAE (12.7) % y Robótica (12.7%) también.

## **4.7 Resumen de Resultados finales**

A continuación se resumen los principales resultados del tratamiento de la información mediante la metodología QFD. La primera parte se dedica a la enumeración de resultados por matrices y la segunda parte se hace referencia al resumen general de los resultados de la aplicación de la metodología diseñada.

### **4.7.1 Resumen de resultados por matrices**

A continuación se resumen los principales resultados de todo el trabajo realizado por matrices.

#### **Resumen de los Resultados de la 1ª Matriz de QFD**

Para que los futuros ingenieros industriales sean valorados positivamente por el mercado laboral, deberán ajustar su perfil profesional a ciertas características indispensables para la industria moderna de hoy como es la capacidad de solucionar problemas, el análisis crítico y creativo además de amplios conocimientos y dominio en herramientas asistidas por ordenador.

Estas características podrían desarrollarse y potenciar en determinados temas de estudio relacionados con el aprendizaje de la tecnología CIM, dichos temas son: Gestión y aseguramiento de la calidad, Infraestructura y organización de recursos; y Seguridad industrial y Gestión del mantenimiento.

Sin embargo, se ha detectado que a objeto de ajustar de la mejor forma los temas de estudio al perfil requerido, tienen mayor incidencia las siguientes correlaciones: el estudio del tema referido a la Gestión de la organización empresarial para desarrollar la capacidad de solucionar problemas, el estudio de la Organización de la producción para aplicar el uso de las tecnologías de integración y el estudio de la Gestión de la organización empresarial para desarrollar la empatía del profesional con el medio de trabajo.

Al mismo tiempo, se ha detectado que entre todas las características del perfil profesional del Ingeniero Industrial priorizadas, son factores críticos para el ajuste a un perfil ideal, los conocimientos y solvencia en Fabricación asistida por ordenador, la Capacidad de análisis crítico y creativo y la Empatía y liderazgo.

#### **Resumen de los Resultados de la 2ª Matriz de QFD**

La carrera de Ingeniería Industrial, como otras carreras tecnológicas, tiene fijadas metas de aprendizaje.

Se ha determinado que estas metas se correlacionan con algunos temas que tratan el estudio de la tecnología CIM (por su importancia en la fabricación del nuevo siglo).

Las principales metas de aprendizaje que han sido priorizadas por un consenso de los sectores industrial (mercado laboral de los futuros Ing. Industriales) y académico (responsable de la formación) son: Gestión y control de herramientas asistidas por

ordenador para la producción, Tecnologías de fabricación y el estudio de Procesos y recursos.

El estudio de estos temas contribuirían al logro de las metas de aprendizaje siguientes: Ética profesional, Análisis de problemas no definidos y Conocimientos de los estándares en la ingeniería. Al mismo tiempo, se han determinado, como factores críticos para maximizar el cumplimiento de las metas de aprendizaje, los mismos temas anteriormente mencionados.

### **Resumen de los Resultados de la 3ª Matriz de QFD**

Así como se han determinado los temas de estudio de la tecnología CIM que contribuyen al logro de las metas de aprendizaje de carreras tecnológicas, se han identificado las asignaturas del currículo de Ingeniería Industrial (del IQS - caso de estudio) que mejor se ajustan para contener los temas ya definidos en la anterior matriz.

Estas asignaturas priorizadas son: Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas, Organización Industrial y Administración de empresas y Procesos avanzados de fabricación.

Por otra parte, con la ayuda de los expertos, se ha podido identificar que los factores críticos en el desarrollo de las asignaturas se centran en la ética profesional, los conocimientos de estándares en la ingeniería y los conocimientos básicos en ciencia y tecnología - ingeniería

### **Resumen de los Resultados de la 4ª Matriz de QFD**

Una vez identificadas las asignaturas que deberían incluir temas de estudio de la tecnología CIM para cumplir las metas de aprendizaje de carreras tecnológicas, que satisfacen los requerimientos del perfil profesional buscado por el mercado laboral; será importante conocer cómo se impartirán estas asignaturas.

En respuesta a este propósito se ha determinado la didáctica (metodología y estrategia de enseñanza) más apropiada para cada caso.

El estudio dirigido, estudio de casos y la clase magistral, son las formas de didáctica priorizadas para impartir las asignaturas ya definidas, en especial en las priorizadas (Organización industrial y Administración de empresas, Tecnologías de fabricación y tecnología de máquinas y Proyectos).

El hecho de dedicar esfuerzos para desarrollar la didáctica adecuada en las asignaturas priorizadas, contribuiría de forma real y contundente al logro de las metas de aprendizaje.

### **Resumen de los Resultados de la 5ª Matriz de QFD**

Además de determinar la mejor forma para la enseñanza de las asignaturas, es importante definir cuándo (en qué parte del tejido curricular de la carrera) se desarrollará el proceso de formación del Ingeniero Industrial (caso de estudio IQS).

Para lo que se han determinado algunas pautas importantes; ya que la enseñanza de CIM (según los expertos) se recomienda desarrollar en el 1º curso (introducción, fundamentos), 4º curso con intensificación en fabricación y máquinas (conocimientos especializados y avanzados) y 5º curso (consolidación de conocimientos y habilidades



en CIM). Si en estos cursos se potencian las formas didácticas de clase magistral, laboratorios y miniproyectos; el impacto positivo está asegurado.

### **Resumen de los Resultados de la 6ª Matriz de QFD**

El aprendizaje de la tecnología CIM requiere la organización coherente en duración, ubicación, formas y contenidos.

Por lo que es importante dar un paso más y poder definir contenidos concretos que formen parte de temas y/o asignaturas. Estos contenidos prioritarios son: Recursos, procesos y planificación de la producción; Sistemas integrados de gestión industrial y Gestión de la calidad.

La inclusión de estos contenidos en las asignaturas o temas permitirá la consolidación del aprendizaje de la tecnología CIM tomando en cuenta que para cada contenido ya se han definido la didáctica, la asignatura y el curso más adecuado.

También es importante conocer que los factores críticos para ajustar mejor dichos contenidos se centran en estos contenidos son factores críticos para mejorar el aprendizaje de CIM en el 5º año y 4º año.

### **Resumen de los Resultados de la 7ª Matriz de QFD**

Así como la didáctica tiene un papel fundamental en el éxito de la enseñanza y aprendizaje de los contenidos, no menos importante es determinar la duración y concentración de estos contenidos en el currículo; ya que la organización de estos contenidos puede ser semestral, cuatrimestral o anual. en este sentido los expertos sugieren que los contenidos ya definidos en la anterior matriz de forma general se impartan de la siguiente forma: 1 asignatura cuatrimestral de tipo práctico (laboratorio); 1 asignatura anual de tipo práctica- teórica, o en un grupo de asignaturas concentradas en el 4º y 5º curso también de tipo teórico-práctico.

Finalmente, a continuación se muestran los cuadros que resumen los resultados en cuanto a las correlaciones de conceptos identificadas por matrices (Ver Cuadro 4-84) y en cuanto a los parámetros de diseño que contribuyeron al logro de los resultados.

**4.7.2 Resumen general de los resultados de la aplicación de la Metodología Diseñada**

CORRELACIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8
		Perfil profesional I.Ind.	Temas dedicados al estudio de CIM	Metas de aprendizaje en carreras tecnológicas	Asignaturas dedicadas al estudio de CIM	Didáctica (estrategia y metodología) de enseñanza	Cursos y especializaciones dedicadas al estudio de CIM	Contenidos específicos dedicados al estudio de CIM	Duración, concentración y ubicación de contenidos CIM en el currículo de Ing. Ind.
1	Perfil profesional I.Ind.	-	1ª Matriz	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta
2	Temas dedicados al estudio de CIM	1ª Matriz	-	2ª Matriz	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta
3	Metas de aprendizaje en carreras tecnológicas	correlación indirecta	2ª Matriz	-	3ª Matriz	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta
4	Asignaturas dedicadas al estudio de CIM	correlación indirecta	correlación indirecta	3ª Matriz	-	4ª Matriz	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta
5	Didáctica (estrategia y metodología) de enseñanza	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	4ª Matriz	-	5ª Matriz	correlación indirecta	correlación indirecta
6	Cursos y especializaciones dedicadas al estudio de CIM	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	5ª Matriz	-	6ª Matriz	correlación indirecta
7	Contenidos específicos dedicados al estudio de CIM	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	6ª Matriz	-	7ª Matriz
8	Duración, concentración y ubicación de contenidos CIM en el currículo de Ing. Ind.	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	correlación indirecta	7ª Matriz	-

Cuadro 4-84. Cuadro resumen de correlaciones

Matriz	Enfoque	Priorización		Correlación	Claves de mejora	Factores críticos para maximizar la mejora
		X	Y	XY		
1 <sup>a</sup>	Perfil Profesional Ing. Industrial (X) y Temas para el estudio de CIM (Y)	* Capacidad de solucionar problemas (14,4%) * Capacidad de análisis crítico y creativo (12,5%) * Conocimientos en manejo de herramientas asistidas por ordenador (11,4%)	* Gestión y aseguramiento de la calidad (14,6%) * Infraestructura y organización de recursos (12,5%) * Seguridad industrial y gestión del mantenimiento (11,8%)	* Capacidad para solucionar problemas con Gestión de la organización empresarial * Tecnologías de integración con Organización de la producción * Empatía y Gestión de la organización empresarial	* Fabricación y producción asistida por ordenador y el manejo de sus herramientas (12,7%) * Capacidad de análisis crítico y creativo (12,3%) * Capacidad de Empatía y liderazgo (11,3%)	* Fabricación y producción asistida por ordenador y el manejo de sus herramientas * Capacidad de análisis crítico y creativo * Capacidad de Empatía y liderazgo
2 <sup>a</sup>	Temas para el estudio de CIM (X) y Metas de aprendizaje de carreras tecnológicas (Y)	* Gestión y control de herramientas en la producción asistidas por ordenador (16,1%) * Tecnologías de fabricación (15,1%) * Procesos y recursos (11,9%)	* Ética profesional (15,3%) * Análisis de problemas no definidos (13,5%) * Conocimientos de estándares en la ingeniería (11,2%)	* Gestión de la organización empresarial con Reducir y compilar la información (capacidad de síntesis de información importante) * Gestión y control de la información en la ingeniería con Ética profesional * Organización de la producción con Resolución de problemas en equipo	* Gestión y control de herramientas en la producción asistidas por ordenador (6,9%) * Infraestructura y organización de los recursos (6,9%) * Procesos y recursos (6,2%)	* Tecnologías de fabricación (15%) * Gestión y control de herramientas para la producción asistidas por ordenador (14,8%) * Procesos y recursos (13,3%)
3 <sup>a</sup>	Metas de aprendizaje en carreras tecnológicas (X) y Asignaturas que deberían incluir el estudio de CIM en sus contenidos (caso IQS)	* Conocimientos básicos en ciencia e ingeniería (14,6%) * Conocimientos de estándares en la ingeniería (12,4%) * Ética profesional (11,1%)	* Tecnologías de fabricación y tecnologías de máquinas (16,9%) * Organización Industrial y Administración de empresas (15%) * Procesos avanzados de fabricación (12,9%)	* Conocimientos básicos en ciencia e ingeniería con Gestión de operaciones y gestión empresarial-Proyectos * Conocimientos de estándares en la ingeniería con Proyectos-Proyectos tecnológicos * Resolución de problemas en equipo con Proyectos tecnológicos	* Conocimientos básicos en ciencia e ingeniería (7,4%) * Conocimientos de estándares en la ingeniería (6,6%) * Ética profesional (5,6%)	* Conocimientos básicos en ciencia e ingeniería (14,5%) * Conocimientos de estándares en la ingeniería (12,8%) * Ética profesional (10,8%)
4 <sup>a</sup>	Asignaturas que deberían incluir el estudio de CIM en sus contenidos (caso IQS) (X) y Didáctica (metodología y estrategias) para la enseñanza de CIM (Y)	* Organización industrial y Administración de empresas (24,6%) * Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (14,5%) * Proyectos (10,6%)	* Estudio dirigido (12,9%) * Estudio de casos (11,4%) * Clase magistral (11,3%)	* Organización industrial y Administración de empresas con Clase magistral * Proyectos tecnológicos con Laboratorio * Procesos avanzados de fabricación con Implementación de miniproyectos	* Organización industrial y Administración de empresas (12,1%) * Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (6,3%) * Proyectos (4,8%)	* Organización industrial y Administración de empresas (26%) * Tecnologías de fabricación y Tecnologías de máquinas (13,5%) * Proyectos (10,3%)
5 <sup>a</sup>	Didáctica (metodología y estrategias) para la enseñanza de CIM (X) y Cursos de la carrera de Ingeniería Industrial (IQS - caso de estudio) (Y)	* Clase magistral (13,6%) * Laboratorio (13,5%) * Implementación de miniproyectos (12,7%)	* 5º curso - 5º año (14,1%) * 4º curso - intensificación en fabricación y máquinas (13,2%) * 1º curso - 1º año (11,7%)	* Implementación de miniproyectos con 5º curso - Intensificación en fabricación y máquinas. * Laboratorio con 5º año - 5º curso * Estudio dirigido con 5º curso - Intensificación en Gestión y Administración de empresas	* Clase magistral (6,4%) * Laboratorio (6,4%) * Implementación de miniproyectos (6%)	* Clase magistral (13%) * Laboratorio (12,9%) * Implementación de miniproyectos (12,2%)
6 <sup>a</sup>	Cursos de la carrera de Ingeniería Industrial (IQS - caso de estudio) (X) y Contenidos específicos de enseñanza para el aprendizaje de CIM (Y)	* 5º curso - 5º año (28,5%) * 4º curso - 4º año (14,9%) * 5º curso - Intensificación en fabricación y máquinas (12,4%)	* Recursos, procesos y planificación de la producción (18,5%) * Sistemas integrados de gestión industrial (18,5%) * Gestión de calidad (12,1%)	* 4º curso - Intensificación en fabricación y máquinas con Recursos, procesos y planificación de la producción. * 5º curso - Intensificación en fabricación y máquinas con Sistemas integrados de gestión industrial * 5º curso - Intensificación en Gestión y Administración de empresas con Fundamentos teóricos de la fabricación del nuevo siglo	* 5º curso - 5º año (12,8%) * 4º curso - 4º año (6,8%) * 5º curso - Intensificación en fabricación y máquinas (6%)	* 5º curso - 5º año (26,4%) * 4º curso - 4º año (14%) * 5º curso - Intensificación en fabricación y máquinas (12,3%)
7 <sup>a</sup>	Contenidos específicos de enseñanza para el aprendizaje de CIM (X) y Duración, concentración y ubicación de los contenidos en el currículo de Ingeniería Industrial (caso de estudio IQS) (Y)	* CAD-CAE (13,7%) * Automatización y fabricación integrada (13,6%) * Ssistemas de control (11,8%)	* 1 Asignatura cuatrimestral de tipo práctico (laboratorio) (14,3%) * 1 Asignatura anual de tipo práctica-teórica (14,3%) * Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso de tipo teórica-práctica (13,4%)	* Robótica con 1 Asignatura anual práctica * Automatización y fabricación integrada con 1 Asignatura de cuatrimestre de tipo teórica-práctica * Sistemas de control con Grupo de asignaturas de 4º y 5º curso de tipo teórico-práctico	* CAD-CAE (4,9%) * Robótica (4,9%) * Ssistemas de control (5,2%)	* CAD-CAE (12,7%) * Robótica (12,7%) * Ssistemas de control (13,5%)

Cuadro 4-85. Resumen de los resultados de la aplicación de la metodología diseñada

## 5 CONCLUSIONES

Este capítulo está dedicado a la redacción de las conclusiones obtenidas en la tesis doctoral, sin embargo para poder puntualizarlas de mejor manera, también se describen algunas consideraciones previas resumidas en algunos puntos importantes para la obtención de las conclusiones.

Así, el punto 5.1 serán las consideraciones previas y el punto 5.2 las conclusiones propiamente.

### 5.1 Consideraciones previas a las conclusiones

En este punto se exponen las principales consideraciones que han sido necesarias tomar en cuenta para el uso y aplicación de las diferentes herramientas y metodologías que contribuyeron al diseño final de la metodología propuesta en la tesis doctoral.

#### 5.1.1 Beneficios del Despliegue de Función de Calidad (QFD) como herramienta de la metodología

QFD es un enfoque de mejora continua que introduce a los clientes en el diseño de los procesos. Aporta buen número de beneficios a las industrias o empresas que intentan incrementar su competitividad mejorando continuamente en calidad y productividad.

La aplicación de la metodología QFD como parte de la metodología diseñada para la actualización de los contenidos de estudio de la tecnología CIM en el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial; ha permitido desarrollar los siguientes aspectos:

1. **Orientación al cliente:** todo centro de formación profesional tiene el reto de preparar a estudiantes, que un futuro cercano se incorporen en el mercado laboral con una ventaja competitiva respecto a sus homólogos.
2. En el caso particular del caso de estudio, la aplicación de la metodología QFD; el producto que debe orientarse al cliente es un currículo que asegure la solvencia de los futuros ingenieros industriales en la tecnología CIM.
3. Por tanto, los clientes son las empresas industriales usuarias de la tecnología CIM si se quiere orientar de forma adecuada el producto (servicio de formación) se deberá tomar en cuenta las características del perfil profesional deseado y requerido por el cliente.
4. **Eficiente en tiempo:** QFD puede reducir el tiempo de desarrollo, actualización o diseño del currículo del Ingeniero Industrial especializado en CIM, porque se centra en requisitos que el cliente ha identificado y especificado claramente.
5. De tal forma que se optimiza el uso del tiempo, centrando la atención en parámetros de diseño previamente priorizados (a través de encuestas o resultados de estudios anteriores debidamente validados). En este caso se han seleccionado matrices que correlacionan 10 abscisas con 10 ordenadas.
6. **Orientado al trabajo en equipo:** QFD tiene un enfoque orientado al trabajo en equipo. Todas las decisiones están basadas en el consenso de las respuestas de los grupos de expertos, los que en muchos casos emiten sus sugerencias al margen de la respuesta puntual de calificación de la correlación de los distintos conceptos.

7. También es importante la relevancia de las metodologías para el desarrollo de trabajo en equipo (encuestas, lluvia de ideas, método Delphi, etc.), que en la actualidad consiguen llegar a resultados óptimos con la ayuda de las nuevas tecnologías de comunicación (TICs).
8. Las TICs posibilitan los encuentros virtuales, mensajería inmediata electrónica, puesta de archivos compartidos, encuestas electrónicas, etc. de miembros de los grupos de expertos que no se encuentran físicamente reunidos (porque esta sería una gran limitación para trabajar con un grupo considerable).
9. **Orientado a la documentación:** QFD fuerza el aspecto de la documentación. Uno de los productos del proceso QFD es un documento amplio y completo que reúne todos los datos relativos a todos los procesos y cómo éstos afectan al cumplimiento de los requerimientos de la industria/empresa (cliente). Este documento colecciona los resultados de la aplicación de varias herramientas, que validan la consistencia del diseño final y aplicación de la metodología propuesta en la tesis doctoral.

### **5.1.2 Beneficios del Método Delphi rotatorio modificado como herramienta de la metodología propuesta**

El método Delphi es un procedimiento simple, fácilmente aplicable en el marco de una consulta a expertos. Sin embargo, existe el riesgo de incurrir en sesgos debido a la influencia de las respuestas de otros; especialmente si se trabajan con dos o más grupos de expertos de distintas ramas. Estos problemas, han sido solucionados a través la modificación del método denominado “Delphi rotatorio” que además de eliminar el sesgo prevé el uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TICs) favorables para evitar desplazamientos innecesarios y facilita la agilidad del proceso.

La principal fortaleza de este método es que en particular, no busca de forma particular obtener a toda costa una opinión consensuada mediana, pero prioriza poner en evidencia varios grupos de respuestas para el análisis de puntos de convergencia múltiples.

### **5.1.3 Tecnología CIM, Industria y Universidad**

A partir de los resultados del tratamiento de la información (obtenida a través de la aplicación de la metodología propuesta en la tesis), se conoce que las empresas industriales, como las demás empresas; tienen como principal objetivo maximizar sus beneficios.

Para esto encaran el reto con diferentes estrategias. En el caso particular de las empresas industriales de España, estas coinciden en que una de las mejores estrategias es el liderazgo del mercado basado en la maximización de su eficiencia.

Esta investigación propone un enfoque para maximizar la eficiencia, basado en la identificación de cuatro pilares: a) Cliente, b) Recursos Humanos, c) Innovación Tecnológica y d) Tecnologías de Información y Comunicación; pilares que convergen en el desarrollo e implementación de la tecnología CIM (Computer Integrated Manufacturing).

CIM es una de las principales tecnologías de fabricación que muchas empresas industriales de España implementan como ventaja competitiva para liderar el

mercado, debido a que su gestión integra: tecnologías de diseño, fabricación, ingeniería, calidad, gestión de información, gestión de proveedores, gestión de inventarios, gestión de postventa, filosofías de fabricación, etc.

Gracias al estudio realizado en esta investigación, sobre los aspectos que inciden, según los industriales, en la eficiencia de la empresa industrial; se determinó la importancia que tiene la cualificación de los recursos humanos para la gestión de la tecnología CIM. Ya que por una parte, es la tecnología de fabricación del siglo XXI y por otra parte, pese a su elevado nivel de automatización demanda que los Recursos Humanos que la gestionen sean de una alta cualificación especializada.

Las empresas industriales usuarias de CIM, demandan un perfil profesional que responde a sus requerimientos específicos (conocimientos, habilidades y características personales) del sector, actividad y tecnología que emplean. En este sentido, de cierta forma la industria marca las pautas de formación que la universidad podría tomar en cuenta a la hora de actualizar los contenidos de las carreras. Por lo que las relaciones entre la universidad y la industria cobran mayor importancia y su mutua colaboración es beneficiosa para ambas partes.

## **5.2 Conclusiones**

Analizadas las consideraciones previas, y en correspondencia a cada uno de los objetivos planteados en el primer capítulo de esta tesis, se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Se ha desarrollado una nueva metodología que permite actualizar contenidos dedicados al estudio de la tecnología CIM en el caso concreto de la carrera de Ingeniería Industrial. Esta metodología combina, de forma inédita, QFD y el método Delphi rotatorio basándose en un enfoque integrador de industria, universidad y estudiante.
2. La aplicación de la metodología diseñada, a un caso particular, ha permitido desarrollar una propuesta de actualización de los contenidos curriculares dedicados al estudio de la tecnología CIM en la carrera de Ingeniería Industrial del IQS. Dada la coyuntura de la especial importancia de la tecnología CIM para la industria del siglo XXI, esta tesis hace una interesante propuesta para la actualización de contenidos que optimicen la utilidad de estos estudios. Los principales resultados han sido los siguientes:
  - La industria usuaria de CIM en España valora que sus futuros ingenieros tengan una formación sólida en el desarrollo de la capacidad para solucionar problemas, capacidad de análisis crítico y creativo (contribuir a la mejora continua) y las habilidades y conocimientos en manejo de herramientas asistidas por ordenador.
  - Por otra parte, el sector académico sugiere que para potenciar las características del perfil profesional mejor valorado por la industria; se deberían incluir 10 temáticas en el currículo del Ingeniero Industrial especializado en CIM, de las cuales los temas priorizados son: gestión y aseguramiento de la calidad, infraestructura y organización de recursos y seguridad industrial y gestión del mantenimiento.
  - Todos los temas sugeridos deben responder determinadas metas de aprendizaje genéricas a las carreras tecnológicas, siendo las principales metas (a juicio de

industriales y académicos): práctica de la Ética Profesional, desarrollar capacidades para analizar problemas no definidos y la solvencia en conocimientos de los estándares de la ingeniería.

- Las asignaturas que mejor permiten comprender los temas sugeridos para el estudio de CIM, y que además cumplan con las metas de aprendizaje genéricas de las carreras tecnológicas, son (a juicio de industriales y académicos): Organización Industrial y Administración de Empresas; Tecnologías de Fabricación y Tecnologías de Máquinas y la asignatura de Proyectos.
- Precisando mejor, incluso se determinaron algunos contenidos específicos dedicados al estudio de la tecnología CIM, considerados prioritarios (especialmente por el sector académico); estos son: CAD-CAM-CAE y otras tecnologías de fabricación asistidas por ordenador, automatización y fabricación integrada y el estudio de los sistemas de control.

Los anteriores contenidos deberán ajustarse a criterios prioritarios de tipo didáctico, sugeridos por el grupo de expertos del sector académico, como son:

- Estrategias y metodologías empleadas para la enseñanza: clase magistral, prácticas de laboratorio, desarrollo de miniproyectos.
  - Duración de los periodos de enseñanza de los contenidos determinados para el estudio exclusivo de CIM: 1 asignatura cuatrimestral de prácticas de laboratorio, 1 asignatura cuatrimestral que combine la práctica y la teoría y un grupo de asignaturas concentradas en 4º y 5º curso que combinen la teoría y la práctica.
  - Ubicación de las asignaturas o contenidos en el currículo de la carrera de Ingeniería Industrial: 4º y 5º cursos.
3. El perfil profesional que la industria española, usuaria de CIM, busca en el mercado laboral un Ingeniero Industrial con una sólida formación en la cultura ingenieril pero que se especialice con mucha solvencia en las áreas de gestión y aseguramiento de la calidad, infraestructura, organización de recursos, seguridad industrial y gestión del mantenimiento. Pero sobre todo, se valoran las cualidades humanas muy relacionadas con la ética profesional. En este último punto se coincide con la industria de Estados Unidos, líder mundial junto a Japón y China en la aplicación de la tecnología CIM.
  4. Mediante el tratamiento de la información recabada se ha podido determinar que la industria usuaria de CIM valora en sumo grado a profesionales que se ajusten a sus necesidades para cubrir plazas, ya que una adecuada formación de su personal se traduce en mayor eficiencia, la que implica una mayor rentabilidad. Esto implica que las curvas de aprendizaje serán menores, las curvas de rendimiento serán mayores, la capacidad de solución de problemas también será mayor, así como se logrará crecer en los niveles de integración automatizada gracias a la capacidad gerencial de los ingenieros industriales especializados en CIM. Por tanto, esta clase de ingenieros son atractivos para las empresas industriales (reflejado en las encuestas realizadas).
  5. Se pronostica que si la correlación de contenidos curriculares y las demandas del mercado laboral son directas, el recién graduado no tendría problemas de adaptación en los puestos de trabajo, razón por la cual las industrias usuarias de CIM estarían interesadas en involucrarse en los procesos de formación, ya que el

éxito de estos programas repercuten favorablemente en la curva de aprendizaje dentro de sus empresa; lo que también afecta positivamente a la mayor eficiencia.

6. Pese a la comprobada necesidad de actualizar los contenidos curriculares referidos a la enseñanza de la tecnología CIM en carreras tecnológicas, como Ingeniería Industrial; en la actualidad no se había desarrollado una metodología que lograra este objetivo con un rigor científico.
7. El hilo conductor de la metodología indaga en las necesidades de calificación de la industria, a partir de lo que define un perfil profesional y profundiza hasta definir asignaturas, temas, contenidos específicos, la didáctica, duración y ubicación de los contenidos en la malla curricular.
8. La metodología descrita sólo necesita tres etapas: una dedicada a la investigación de la información referente al mercado laboral a explorar (para el que se preparan futuros profesionales), otra dedicada al estudio de los contenidos curriculares actuales a modificar respecto al tema elegido y una tercera que propone la correlación de la información obtenida en las etapas anteriores.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

1. Romero, M. (2005), Ingenieros: Situación Social y Planes de Estudios. España: Ediciones ANECA.
2. Norman, C., Brown, B., Cochran, S. (1999), The Delphi Method: Use of self rating to improve group estimates. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 1, páginas 283-291.
3. Scarcella, J., Custer, R., (1999), Competencies Identified as Important for 21st Century Plastering Contractors: A Rotational Delphi. *Journal of Industrial Technology*, Vol. 15 (1), páginas 110-121.
4. Sempere, C., (2001), *Industria de Defensa Nacional*. España: Ediciones ISDEFE.
5. Beltrán, J., (2007), El Área de Tecnología en la Educación Secundaria Obligatoria: Ideas para “Enseñar a Aprender a Pensar”. *II Jornadas de Innovación en Educación Tecnológica*. España: Ediciones Fundación EPSON.
6. Badham, R., (2001), Nuevas vislumbres sobre la dimensión social de la Fabricación Integrada por ordenador. *Revista Internacional del Trabajo*, Vol. 110 (4), páginas xx-xx.
7. Ebel, K. (2002), Sistemas de Fabricación Integrada por ordenador (CIM): una amenaza para los países en desarrollo. *Revista Internacional del Trabajo*, Vol. 111 (2), páginas 46-55.
8. Huerta, E., Bayo, J., García-Olaverri, C., (2005). *Los desafíos de la competitividad: la innovación organizativa y tecnológica en la empresa española*. España: Ediciones Fundación BBVA.
9. Salas, V. (1999), Poder, relaciones y complementariedades en la teoría de la empresa. *Revista de Documentos de Trabajo de Economía Española*, Vol. 78, páginas 2-16.
10. Mazur, G., (1996), *The application of Quality Function Deployment (QFD) to Design course in Total Quality Management at the University of Michigan College Engineering using QFD*. Estados Unidos de América: Ediciones QFD Institute.
11. Altshuller, G., Shulyak, L., (1997), *40 Principles: TRIZ Keys To Technical Innovation*. Worcester, Massachusetts: Ediciones Technical Innovation Center.
12. Smith, L., Tamimi, N., Sebastianelli, R., (1998), *The Barriers to Total Quality Management*. *Journal of Quality Progress*, páginas 57-60.
13. Griffin, A., (2001). *Evaluating development processes: QFD as an example*. Cambridge.
14. González-Bosch, V., Tamayo-Enriquez, F., (2001), TQM and QFD Exploiting a customer Complaint Management System. *Proceedings of the International Symposium of QFD, Union of Japanese Scientists and Engineers*, Tokyo Japan.
15. Flueckinger, F., (2007), Engineering education – pedagogic and didactic aspects in the context of the emerging knowledge society. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32 (4), páginas 363–365

16. Bravo, M., Arrieta, J., (1999), El método Delphi: Su implementación en una estrategia didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación* (ISSN: 1681-5653)
17. Ruiz-Olabuénaga, J., Ispizua, M., (1999), La técnica Delphi en la descodificación de la vida cotidiana. *Métodos de investigación cualitativa*. Bilbao, páginas 171-179.
18. Parisca, S., (1995), El método Delphi: Gestión tecnológica y competitividad para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión empresarial. *Revista Estrategia y filosofía*. La Habana: Ediciones Academia, páginas 129-130.
19. Stenhouse, L., (1998), Investigación y Desarrollo del Currículo. Resumen de la *Conferencia de la S.E.F.I. (Sociedad Europea de Formación de Ingenieros)*. Madrid, páginas 9-30.
20. González, L., (2000), *Importancia de la tecnología CIM en la industria del siglo XXI*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Guadalajara.
21. Cutcliffe, S., (1990), CTS: Un campo interdisciplinar. *Revista de Ciencia, tecnología y sociedad, Barcelona*, Ediciones: Anthropos.
22. Mummolo, G., (2007), The future for industrial engineers: education and research opportunities. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32 (5), páginas 587-598
23. González, L., (1993), Nuevas relaciones entre educación, trabajo y empleo en la década de los 90. *Revista Iberoamericana de Educación*, Vol. 2 (5), páginas 30-38.
24. García, G., (2006), Enseñanza y Aprendizaje innovadores en la formación de ingenieros. *Seminario de Enseñanza y Aprendizaje. Valladolid*, Ediciones: Universidad de Valladolid.
25. Moreno, J., (2003), Las dinámicas del diseño y el desarrollo del currículo: cambio-control y consenso-conflicto. *Revista del MEC*, páginas 275-297.
26. Suliman, S., (2006), Application of QFD in engineering education curriculum development and review. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, Vol. 16 (6), páginas 482-492.
27. López, J., (2006), *La incorporación de los sistemas expertos en el contexto CIM: estudio de la situación española*. Madrid, Ediciones: Universidad Complutense de Madrid – Departamento de Organización de Empresas.
28. Yura, K., Ohashi, K., Nakajima, M., Yoshimura, M., Ota, M., Hitomi, K., (2004), Strategic planning for CIM to enhance the competitive ability. *Journal of Computers and Industrial Engineering*, Vol. 27 (4), páginas 127-1130
29. Fernandes, J., Ferreira, J., Da Silva, M., Flores, P., (2007), Development of mechanical engineering curricula at the University of Minho – Guimaraes Portugal. *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32 (5), páginas 539-549.
30. Rowlinson, M., Procter, S., Hassard, J., (1994), CIM and the process of innovation: Integrating the organization of production. *Journal of European*

- 
- Strategic Programme for R&D in Information Technology*, Vol. 34 (3), páginas 359-369.
31. Meyer, S., (1990), Knowledge-based realtime supervision in CIM. *Journal of ESPRIT (European Strategic Programme for R&D in Information Technology)*, Vol. 34 (3), páginas 305-314.
  32. *Manufacturing Data Structures: Building Foundations for Excellence with Bills of Materials and Process Information*. John Wiley and Sons Inc. 1992 Canada. Jerry Clement, Andy Coldrick, John Sari
  33. *Quality Function Deployment – How to make QFD work for you*. Addison Wesley Longman, Inc. 2001 Massachusetts. L. Cohen.
  34. Akao, Yoji (1997). QFD: Past, Present, and Future. International Symposium on QFD '97. Linköping, Sweden.
  35. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*. RWS Publications. 2006. Pittsburgh. T. Saaty.
  36. *El diseño industrial y el Rapid Manufacturing*. Fundación ASCAMM. 2000. Barcelona. P. Marés.
  37. *QFD Integrating Customer Requirements into Product Design*. Productivity Press. 1990. New York, Y. Akao.
  38. *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall. 2001. New Jersey. M. Groover.
  39. *The QFD Handbook*. John Wiley & Sons, Inc. 1998. New York. J. ReVelle, J. Moran, C. Cox.
  40. *Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall. 2005. New Jersey. J. Rehg, H. Krabber.
  41. Area, Manuel (2006). *Los Medios y materiales impresos en el currículo*. Horsori. Barcelona
  42. Huerta, E. (2004). Perfiles organizativos de la empresa industrial española. *Universia Business Review*. Páginas 26-39. Navarra.
  43. Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial - OPTI. (2008) Conclusiones generales del *Informe de Líneas Tecnológicas Estratégicas*. Boletín número 31. Madrid.
  44. García González, M. (2006). *Implementación física de sistemas integrados nanométricos*. Ágora. Madrid.
  45. Stenhouse, L., Kember, D., Gow, L. (1998). Action research as a form of staff development in higher education. *Kluwer academic press Publisher*. Netherlands
  46. Beltrán, M. (2006). Apuntes para el debate del diseño curricular del sistema educativo. *Revista de Educación y Tecnología*. Páginas 16-27. Bogotá.
  47. Luján-Mora, S., de Juana-Espinosa, S. (2008). *Analysing Weblogs in University Teaching*. Conference Proceedings of the International Technology, Education and Development Conference (**INTED 2008**), p. 1-8: IATED, Valencia (Spain), March 3-5 2008. ISBN: 978-84-612-0190-7.

48. Baeza, M., Saquete, E. (2000) La web como elemento fundamental en el aprendizaje no presencial. In M.J. Frau, N. Sauleda (Ed.), *Investigaciones Colegiadas: El modelo docente en la universidad*. ISBN: 84-689-6437-9.



## 7 ANEXOS

### Anexo 2-1: Tecnologías utilizadas en los procesos de fabricación

Tecnologías Utilizadas en los procesos de fabricación de empresas españolas	Porcentaje (%) por Tipo de empresa							
	Total	< de 50 empleados	50 a 249 empleados	> 250 empleados	Innovadoras	No innovadoras	Nacionales	Multinationales
<b>DISEÑO E INGENIERÍA</b>								
CAD y/o CAE	8,70	7,60	32,90	60,00	28,80	6,50	8,40	33,30
CAD/CAM aplicable al control de máquinas	4,00	3,40	16,90	34,90	15,70	2,70	3,90	15,30
Utilización de la salida digital del CAD para actividades de compra o aprovisionamiento	1,20	1,10	4,30	15,60	5,70	0,70	1,20	7,40
<b>FABRICACIÓN, MECANIZADO Y MONTAJE</b>								
Máquinas autónomas NC/CNC	9,10	8,30	26,20	40,40	28,40	6,90	8,90	25,70
Células o sistemas de fabricación flexible (FMC/FMS)	2,20	1,70	12,40	26,30	9,10	1,42	2,00	14,52
Láser para el tratamiento de material	1,10	0,90	4,30	9,70	3,40	0,83	1,00	5,19
Otras tecnologías avanzadas de corte diferentes al láser	1,50	1,30	5,90	11,50	5,56	1,07	1,49	3,98
Robots pick & place (coger y colocar)	1,40	0,80	12,80	33,20	6,48	0,83	1,23	15,01
Otros robots más complejos	0,60	0,40	4,60	17,40	3,73	0,28	0,55	6,76
<b>MANEJO AUTOMÁTICO DE MATERIALES</b>								
Sistemas automáticos de almacenaje y recuperación	1,80	1,40	8,30	23,50	6,96	1,20	1,67	10,39
Sistemas de guiado automático de vehículos	0,70	0,60	2,40	10,80	2,67	0,49	0,67	3,65
<b>INSPECCIÓN BASADA EN SENSOR AUTOMATIZADO Y/O EQUIPO DE PRUEBA</b>								
Realizada en la entrada de materiales o en proceso	1,80	1,20	12,10	31,80	8,21	1,06	1,59	16,50
Realizada en producto final	2,10	1,50	13,40	35,80	8,48	1,40	1,91	18,20
<b>COMUNICACIONES Y CONTROL</b>								
Ordenadores de red de área local para información técnica	9,00	7,60	42,00	68,60	36,00	6,00	8,50	52,10
Ordenadores de red de área local para utilización en fábrica	7,20	5,80	37,50	67,00	29,20	4,70	6,70	44,80
Red informática entre empresas conectando la fábrica con subcontratistas, proveedores y/o cliente	1,60	1,10	12,40	36,20	7,79	0,95	1,34	24,84
Internet/correo electrónico	12,70	10,90	56,10	80,10	47,09	8,91	12,16	59,22
Controladores lógicos programables	3,00	1,97	24,00	55,70	14,51	1,70	2,64	30,19
Ordenadores industriales de control	3,80	2,71	26,70	58,30	20,09	1,98	3,43	32,67
<b>TÉCNICAS AVANZADAS DE GESTIÓN, SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE LA FABRICACIÓN</b>								
Control total de la calidad	7,00	5,88	32,20	58,70	25,11	5,01	6,55	44,70
Sistemas justo a tiempo (just in time)	2,70	2,13	13,50	33,90	10,54	1,80	2,46	19,80
Planificación de necesidad de materias	9,30	7,92	40,90	69,10	32,54	6,73	8,72	56,86
Planificación de recursos de fabricación	8,70	7,39	38,10	65,80	30,31	6,30	8,19	50,08
<b>INTEGRACIÓN Y CONTROL</b>								
Fabricación Integrada por Ordenador (CIM)	2,80	2,28	13,90	32,00	12,32	1,77	2,62	19,08
Entrada y supervisión de datos de producción	6,40	5,12	35,00	60,30	23,90	4,44	5,97	39,65
Inteligencia artificial y/o sistemas expertos	0,70	0,60	3,00	11,30	2,64	0,52	0,67	5,80

FUENTE: INE BASE 2007

Utilización de nuevas tecnologías en la fabricación	Utilizada en los procesos de fabricación a 31-12-1998 (% de empresas)	No utilizada a 31-12-2007 (% de empresas)				
		Está prevista su utilización		No está prevista su utilización por		
		Antes del 31-12-2000	Entre 2 y 5 años	No ser aplicable	No ser rentable	Otra razón
<b>1. Diseño e ingeniería</b>						
1.1 Diseño asistido por ordenador (CAD) y/o ingeniería asistida por ordenador (CAE)	8,7	2,9	3,3	32,8	8,1	44,3
1.2 Diseño asistido por ordenador aplicable al control de las máquinas de fabricación (fabricación asistida por ordenador) (CAD/CAM)	4,0	1,9	2,6	35,5	8,9	47,1
1.3 Utilización de la salida digital del CAD para actividades de compra o aprovisionamiento	1,2	1,6	1,8	35,7	9,4	50,3
<b>2. Fabricación, mecanizado y montaje</b>						
2.1 Máquinas autónomas NC/CNC	9,1	1,7	2,3	31,6	9,0	46,4
2.2 Células o sistemas de fabricación flexible (FMC/FMS)	2,2	1,0	1,4	35,9	9,4	50,0
2.3 Láser para el tratamiento de material	1,1	0,6	1,2	37,3	10,2	49,5
2.4 Otras tecnologías avanzadas de corte diferentes del láser	1,5	1,0	2,0	35,7	10,3	49,5
2.5 Robots pick & place (coger y colocar)	1,4	1,1	1,4	35,0	11,5	49,5
2.6 Otros robots más complejos	0,6	0,7	1,0	35,7	12,1	49,8
<b>3. Manejo automático de materiales</b>						
3.1 Sistemas automáticos de almacenaje y recuperación	1,8	1,1	2,5	32,3	12,9	49,4
3.2 Sistemas de guiado automático de vehículos	0,7	0,6	0,8	36,8	10,8	50,3
<b>4. Inspección basada en sensor automatizado y/o equipo de prueba</b>						
4.1 Realizada en la entrada de materiales o en proceso	1,8	1,0	1,9	34,2	9,8	51,3
4.2 Realizada en producto final	2,1	1,0	2,0	33,7	9,7	51,4
<b>5. Comunicaciones y control</b>						
5.1 Ordenador de red de área local para información técnica	9,0	3,3	3,8	25,7	9,5	48,7
5.2 Ordenador de red de área local para utilización en fábrica	7,2	3,5	3,7	26,7	9,5	49,5
5.3 Red informática entre empresas conectando la fábrica con subcontratistas, proveedores y/o clientes	1,6	2,6	5,0	26,3	10,6	53,8
5.4 Internet/correo electrónico	12,7	8,2	6,5	19,3	6,9	46,4
5.5 Controladores lógicos programables	3,0	1,8	2,5	29,4	10,5	52,8
5.6 Ordenadores industriales de control	3,8	1,8	3,0	28,3	10,8	52,4
<b>6. Técnicas de gestión avanzadas. Sistema de información sobre la fabricación</b>						
6.1 Control total de la calidad	7,0	4,6	7,2	21,1	9,0	51,0
6.2 Sistemas justo a tiempo (just in time)	2,7	2,9	4,1	26,5	8,9	54,9
6.3 Planificación de necesidad de materias	9,3	4,5	4,8	22,1	8,0	51,3
6.4 Planificación de recursos de fabricación	8,7	4,5	4,6	22,2	8,3	51,6
<b>7. Integración y control</b>						
7.1 Fabricación integrada por ordenador	2,8	2,3	2,8	30,2	10,2	51,7
7.2 Entrada y supervisión de datos de producción	6,4	3,2	4,2	25,6	9,9	50,8
7.3 Inteligencia artificial y/o sistemas expertos	0,7	1,1	1,9	30,8	11,2	54,3

Fuente: INE

**Anexo 4-1: Cuadro de verbalizaciones necesarias para completar un proceso Blitz®**

**Cuestionario Blitz paso 5**

¿Qué calificación daría a cada necesidad según su prioridad, si la escala es la siguiente?:

- 0: No importante
- 1: Poco importante
- 3: De importancia moderada
- 9: Muy importante

Necesidad	Factores			
	0	1	3	9
Necesito ser líder del mercado				
Necesito maximiza la eficiencia				
Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial				
Necesito implementar y potencia las tecnologías de fabricación				
Necesito implementar y/o optimizar las TICs				
Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.				
Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica				
Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización en CIM.				
Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.				
Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.				
Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.				
Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.				



**Cuestionario Blitz paso 6**

¿Qué factores considera que pueden influir en las siguientes necesidades de cualificación de la industria que implementa CIM?

Necesidad	Factores
Necesito ser líder del mercado	
Necesito maximiza la eficiencia	
Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial	
Necesito implementar y potencia las tecnologías de fabricación	
Necesito implementar y/o optimizar las TICs	
Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.	
Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica	
Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización en CIM.	
Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.	
Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.	
Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.	
Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.	

Necesidad	Factores que afectan las necesidades			
Necesito ser líder del mercado	Competencia	Costos	Relaciones Proveedores	Diferenciación
Necesito maximizar la eficiencia	Recursos Humanos	Tecnología	Mercadeo	Tercerizar
Necesito cualificar los recursos humanos de la empresa industrial	Conocimientos	Habilidades	Personalidad	Valores
Necesito implementar y potenciar las tecnologías de fabricación	CIM	Diseño	Fabricación	TICs
Necesito implementar y/o optimizar las TICs	Integración	Globalización	Deslocalización	Informatización
Necesito optimizar el uso de máquinas y herramientas computacionales.	Diseño	Control	Tiempo de producción	Fabricación
Necesito controlar las relaciones con: proveedores, clientes, competencia y necesito la innovación tecnológica	Competencia	Liderazgo	Gestión de recursos tecnológicos	Competitividad
Necesito enfocar la mejora de la cualificación con personal con más conocimientos y especialización (en CIM).	Conocimientos en CIM	Habilidades en CIM	Capacidades personales CIM	Gestión de CIM
Necesito potenciar conocimientos en temas de: gestión de servicios, gestión de proyectos, 6 sigma, fabricación ágil, fabricación integrada por ordenador.	Enfoque de Cliente	Automatización	Reducción de costos	Calidad
Necesito mejorar la cualificación en habilidades de adaptación de soluciones para resolver problemas, toma de decisiones, escritura técnica y análisis cuantitativo.	TICs	Creatividad	Volumen de datos	Interpretación de datos
Necesito potenciar las características personales de los funcionarios que trabajan en la industria para mejorar la cualificación y así maximizar la eficiencia.	Utilidad	Economía de recursos	Ahorro	Desempeño industrial
Necesito potenciar los valores éticos y humanos del personal de la empresa industrial para ser líderes del mercado ya que esta es una ventaja competitiva.	Curva de aprendizaje	Curva de rendimiento	Ciclo del producto	Mercado tecnológico

Verbalizaciones explícitas del proceso de Blitz (paso 6)

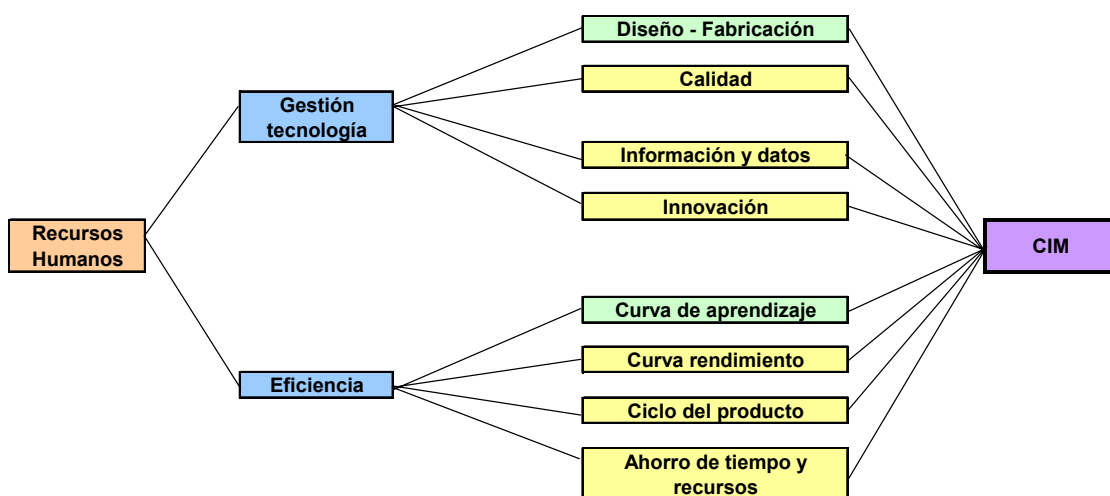


Diagrama de jerarquía en árbol para Blitz (paso 7)

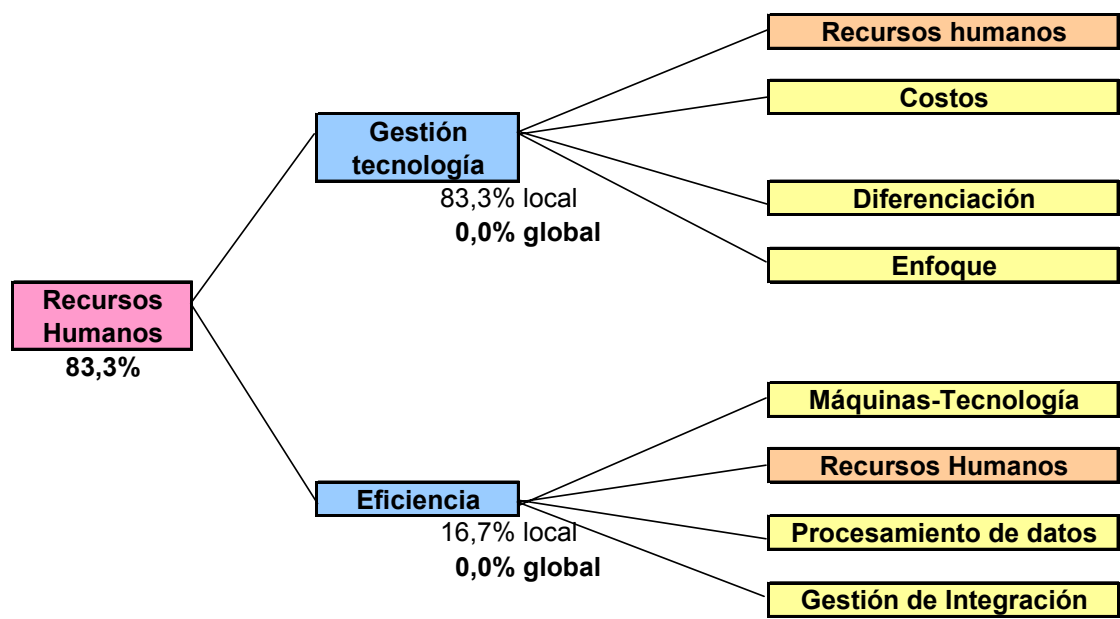


Diagrama de jerarquía para desagregar y valorar la importancia de los Recursos Humanos

**Anexo 4-2: Respuestas a cuestionarios para la calificación comparada de AHP**

A objeto de calificar la prioridad de las temáticas de interés para el estudio del currículo de la carrera de ingeniería industrial. Se trata de perfilar y validar los resultados obtenidos sobre la importancia de la enseñanza de CIM en el currículo de la carrera.

Califique con la escala detallada, por favor califique las pautas de temáticas señaladas con letras.

Escala		Interpretación
Si es >	Si es <	
9	0,111	extremadamente más importante
8	0,125	
7	0,143	más que fuertemente importante
6	0,167	
5	0,200	fuertemente más importante
4	0,250	
3	0,333	moderadamente más importante
2	0,500	
1	1,000	igual

- A. Gestión Total de la Calidad.
- B. Programación y representación de procesos.
- C. Procesos automatizados.
- D. CAD, CAM, CAE, MRP- ERP, CIM.
- E. Protocolos de comunicaciones informáticas.
- F. Gestión de Proyectos.
- G. Soporte para la toma de decisiones.

Contenidos	A	B	C	D	E	F	G
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							

Cuadro propuesto para la calificación pareada

---

### **Anexo 4-3: Cuestionarios sobre Estrategias, Enfoques, Liderazgo y Eficiencia**

**Guía para las entrevistas individuales (Fase I Etapa II Identificación de necesidades específicas).**

**Objetivo:** Identificar las necesidades específicas de cada empresa industrial de la muestra

#### **Preguntas parte I: Objetivo de la empresa**

- 1.Cuál es el objetivo de la empresa
2. Cómo logran el objetivo
3. Puede identificar alguna estrategia
4. Cuáles son los factores clave para lograr el liderazgo de la empresa sobre su competencia
5. cuál es el rol de los recursos humanos en su empresa
6. cómo se relacionan los recursos humanos y las tecnologías que emplean en el proceso de producción
7. Para mejorar la eficiencia en la producción, considera que los recursos humanos ya deben estar cualificados (formados) para su desempeño respecto a las tecnologías que implementan? O deberán cualificarse en el puesto de trabajo según los requerimientos de la empresa?

#### **Preguntas parte II: Cómo se relacionan los Recursos Humanos y la tecnología**

8. por qué los Recursos Humanos pueden mejorar la eficiencia de la empresa industrial?
9. si los Recursos Humanos son el factor más importante en la gestión de la tecnología, qué áreas implica la implementación de la tecnología?
10. Considera que mayor automatización implica prescindir de los recursos humanos totalmente?
11. Cuáles serían las características de los Recursos Humanos para que puedan coexistir con la automatización?

**Anexo 4-4: Encuesta a Industrias usuarias de CIM**

**ENCUESTA AL SECTOR INDUSTRIAL SOBRE LA FABRICACIÓN INTEGRADA POR ORDENADOR Y SUS TÓPICOS**

**PRIMERA PARTE**

1. Hace cuánto tiempo (años) usted está vinculado a la empresa/industria en la que actualmente trabaja?

2. La empresa/industria forma parte de un consorcio o grupo internacional?  SI  No

3. Su cargo o puesto le permite influir o decidir en la contratación de personal técnico?  SI  No

**SEGUNDA PARTE**

1. Identifique el sector y las tecnologías que emplea su empresa/industria

SECTOR	PRINCIPAL TECNOLOGÍA
<input type="checkbox"/> Agroalimentario	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Básicos y Transformadores*	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Energía	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Medio ambiente industrial	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Químico	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Tec. de Información y Comunicación	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Tradicional**	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Transporte y Automoción	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Otro	<input type="text"/>

\*Sector Básicos y Transformadores: Máquina -Herramienta (fabricación de bienes de consumo duradero en múltiples industrias) y Transformación de plásticos.  
\*\*Tradicional: Cuero, calzado, marroquinería/Textil (fibras naturales, hilatura, confección)/Madera, corcho, muebles y otros/Cerámica, azulejos y vidrio/Cerámica/Agujetas/Joyería y bisutería

2. Con cuál de las siguientes tendencias tecnológicas del sector productivo se identifica más su empresa/industria?

<input type="checkbox"/> Fabricación concurrente	<input type="checkbox"/> Cualificación de Recursos Humanos
<input type="checkbox"/> Conversión instantánea de información en conocimiento	<input type="checkbox"/> Procesos y Productos Innovadores
<input type="checkbox"/> Empresas reconfigurables	<input type="checkbox"/> Desarrollo Sostenible

Otra

Adjunto a continuación la encuesta íntegra y el cuadro de resumen de respuestas.

PREGUNTA ENCUESTA	SECTOR INDUSTRIAL									
	Agroalimentario	Básicos y de Transformación	Energía (producción, transformación, distribución)	Medio Ambiente	Químico	TICs	Tradicional	Transporte y Automoción	Consultoría y Asesoramiento	Otros
Estrategia basada en tecnologías orientadas a	Procesos y productos innovadores	Fabricación concurrente	Desarrollo Sostenible	Desarrollo Sostenible	procesos y productos innovadores	Conversión instantánea de información en conocimiento	Empresas reconfigurables	Procesos y productos innovadores	Cualificación de Recursos Humanos	Procesos y productos innovadores
Nivel de automatización de su empresa	Proceso	Proceso	Planta	Proceso	Planta	Proceso	Célula	Corporación	Proceso	Planta
Reciben capacitación? Cuál?	Calidad	Manejo de equipos	Tecnologías limpias	Gestión de desechos	Tecnologías de fabricación	Tecnologías de integración	Seguridad Industrial	Gestión integrada en niveles de control	Gestión de Tecnologías	Re-ingeniería
Qué temas prioriza la capacitación	Tecnologías de convergencia	Mecanismos de emergencia	Uso de las tecnologías	Tecnologías de gestión de residuos	Implementación de tecnologías	Simulación y mecanismos de control	Normas preventivas	Evaluación de costos de la integración	Tecnologías computarizadas	Rol de los Recursos Humanos
Los RH contratados tienen toda la capacitación que demanda el puesto de trabajo	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No
La capacitación es competencia de la Universidad o de la Empresa	Ambas	Empresa	Ambas	Ambas	Ambas	Empresa	Universidad	Ambas	Ambas	Ambas
Inventir en formación o Contratar RH ya calificados pero más colizados	Inventir en formación	RH ya calificados	RH ya calificados	Inventir en formación	RH ya calificados	Inventir en formación	Ambas	Ambas	RH ya calificados	Ambas
Qué conocimientos, habilidades y características deben tener los RH que trabajan en CIM	Gestión Total de la Calidad, Programación de procesos, Trabajo en equipo	Pensamiento crítico, Diseño fabricable, Representación de procesos	Creatividad, Gestión de Calidad, Escritura técnica	Predisposición al aprendizaje, Planificación del proceso, Capacidad analítica y creativa	Trabajo en equipo, procesos automatizados, Adaptabilidad de solución de problemas	Escritura técnica, LAN, TOP protocolos inf, Habilidad computacional	Cultura ingenieri, MRP-ERP, Capacidad analítica y creativa	Gestión de Proyectos, CIM, Adaptabilidad de solución de problemas	Cultura ingenieri, Soportes toma de decisiones, Adaptabilidad de solución de problemas	Perspectiva global, Control de procesos, capacidad analítica
Tiene alguna relación de colaboración con la Universidad?	no	no	si	si	no	si	no	no	si	si
Considera que la Universidad debe tomar en cuenta requerimientos de la industria en la formación de prof.	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si
Cuál es la mejor forma de relación empresa - universidad	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Colaboraciones puntuales	Grupos mixtos de I+D+I	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Reuniones directivos ambos sectores	Estadias cortas en empresas	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales	Prácticas de estudiantes en puestos reales

Cuadro resumen de respuestas.

### Anexo 4-5: Calificación de prioridad de contenidos curriculares dedicados al estudio de CIM

En la encuesta dirigida a l sector académico, se puede obtener la información referida a la necesidad y prioridad del estudio de la tecnología CIM.

ENCUESTA AL SECTOR ACADÉMICO SOBRE LA FABRICACIÓN INTEGRADA POR ORDENADOR Y SUS TÓPICOS	
Carrera	Ingeniería Industrial <input type="text"/> Otra <input type="text"/>
Cargo	<input type="text"/>
<b>PRIMERA PARTE</b>	
1. Antes de responder esta encuesta, ¿cómo califica su grado de conocimientos previos sobre Computer Integrated Manufacturing (CIM)?	
<input type="radio"/> Sin conocimiento <input type="radio"/> Solo generalidades como la definición, aplicación, características, etc. <input type="radio"/> Conocimientos de nivel medio de profundización <input type="radio"/> Conocimientos avanzados o especializados	
2. ¿En el ámbito mundial en qué sectores, considera, que se implementa CIM extensamente en algún grado? ¿Y en el ámbito Español?	
<b>Mundo</b>	<b>España</b>
<input type="radio"/> Automoción <input type="radio"/> Aeronáutica <input type="radio"/> Arranque de viruta <input type="radio"/> Arquitectura <input type="radio"/> Industria de la construcción <input type="radio"/> Industria Química <input type="radio"/> Ninguno <input type="radio"/> Otro	<input type="radio"/> Automoción <input type="radio"/> Aeronáutica <input type="radio"/> Arranque de viruta <input type="radio"/> Arquitectura <input type="radio"/> Industria de la construcción <input type="radio"/> Industria Química <input type="radio"/> Ninguno <input type="radio"/> Otro
<b>SEGUNDA PARTE</b>	
1. ¿Señale en qué medida se relaciona la carrera a la que usted está vinculado(a) con CIM?	
<input type="radio"/> Relación alta <input type="radio"/> Relación media <input type="radio"/> Relación baja <input type="radio"/> Sin relación	
2. Se imparten clases de CIM en su carrera, se enseña CIM?	
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
3. En el caso de haber respondido afirmativamente a la anterior pregunta, podría indicar el número de asignaturas en las que se enseña CIM y a qué nivel?	
Profundidad del estudio en cantidad de cursos	Número de asignaturas
Algunas áreas de estudio de CIM	1 2 3 4 más...
La mayoría de las áreas de estudio de CIM	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Todas las áreas de estudio de CIM	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> No aplica	

Adjunto a continuación la encuesta íntegra.



**Anexo 4-6: Encuesta a estudiantes de carreras tecnológicas sobre conocimientos en CIM, Encuesta a profesores del IQS sobre valoración de la enseñanza de CIM**

Encuesta No. 2: Conocimientos de CIM previa actualización del  
Currículo de Ingeniería Industrial

Curso

1. Para la ingeniería Industrial CIM es la sigla de:

a. Central Info Managment       c. Computerized Industrial Marketing  
 b. Computer Integrated Manufacturing       d. Center of Industrial Manufacturing

2. Actualmente, CIM es considerada como:

a. Filosofía       d. Método  
 b. Tecnología       e. Herramienta  
 c. Metodología       f. Ninguna de las anteriores

3. CIM se empezó a estudiar y aplicar en la década:

a. Actual       c. 80's  
 b. 90's       d. 70's

4. CIM es el resultado de:

a. La evolución de CAD, CAM, CAE y CAPP  
 b. La integración de CAD, CAM, CAE, CAPP y otras tecnologías para la fabricación  
 c. La selección de CAD, CAM, CAE o CAPP y posterior desarrollo  
 d. La sustitución de CAD, CAM, CAE y CAPP por la tecnología de prototipaje rápido

5. Un sistema CIM comprende estas cinco dimensiones fundamentales:

\* Administración General del negocio  
 \* Definición del producto y del proceso  
 \* Planificación y control del proceso       Verdadero       Falso  
 \* Automatización de la fabricación  
 \* Administración de las fuentes de información

6. Los beneficios de la implementación de CIM en la industria se reflejan en:

a. Seguridad e Higiene Industrial       c. Incremento en la productividad de operaciones de producción  
 b. Buena relación entre sindicato y directorio       d. Cumplimiento de normas medioambientales

Adjunto a continuación la encuesta íntegra y sus resultados.

PREGUNTA ENCUESTA	GRUPO DE ESTUDIANTES			
	3° AÑO	4° AÑO	5° AÑO	CURSO DE ADAPTACIÓN
Definición correcta de CIM.	33%	54%	70%	69%
Conocimiento de los Orígenes de CIM.	21%	25%	20%	21%
Conocimientos de CIM como medio de integración de otras tecnologías.	50%	60%	60%	60%
Conocimientos avanzados de CIM.	31%	35%	40%	41%
Identificación de Beneficios de implementación de CIM para sus usuarios.	60%	70%	73%	69%
Identificación de Temáticas para la enseñanza y aprendizaje de CIM.	50%	53%	60%	54%
Percepción de Asignaturas (en lista de encuesta) relacionadas con la enseñanza de CIM.	Correlación alta	Correlación alta y media	Correlación alta	Correlación media
Valoración favorable de la necesidad de aprendizaje de CIM para asegurar futuro laboral de graduados.	80%	85%	85%	79%

**Total de estudiantes encuestados = 69; No respondieron = 11; Cuestionarios no tomados en cuenta por incompletos = 5**

**Encuesta No. 1: Importancia de la enseñanza de CIM y  
Relación con asignaturas del currículo de Ingeniería Industrial IQS**

1. Nombre de la asignatura que imparte:

2. Área de Conocimiento:

3. Curso

4. Indique si considera que su asignatura debe ser estudiada con anterioridad al estudio de la tecnología CIM.  SI  No

5. Indique si considera que su asignatura debe ser un prerrequisito académico para alguna asignatura dedicada exclusivamente a la enseñanza de contenidos teóricos y prácticos CIM.  SI  No

6. Indique si considera indispensable la enseñanza de CIM en la carrera de ingeniería industrial.  SI  No

7. Indique si considera importante crear una o más asignaturas dedicadas exclusivamente a la enseñanza de CIM.  SI  No

8. Indique si su asignatura tiene relación con una o más temáticas CIM definidas anteriormente.  SI  No

9. Indique el grado de relación de contenido de su asignatura con la tecnología CIM (1= alto, 2= medio, 3= bajo, 4= nula)

1	2	3	4
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Indique si la enseñanza de CIM es transversal a varias asignaturas, entre ellas la que usted imparte.  SI  No

11. Indique si considera (incluyendo la breve descripción de CIM) que la enseñanza de CIM es importante e indispensable en el currículo del Ingeniero Industrial. (1= muy, 2= regular, 3= poco, 4= ninguna importancia)

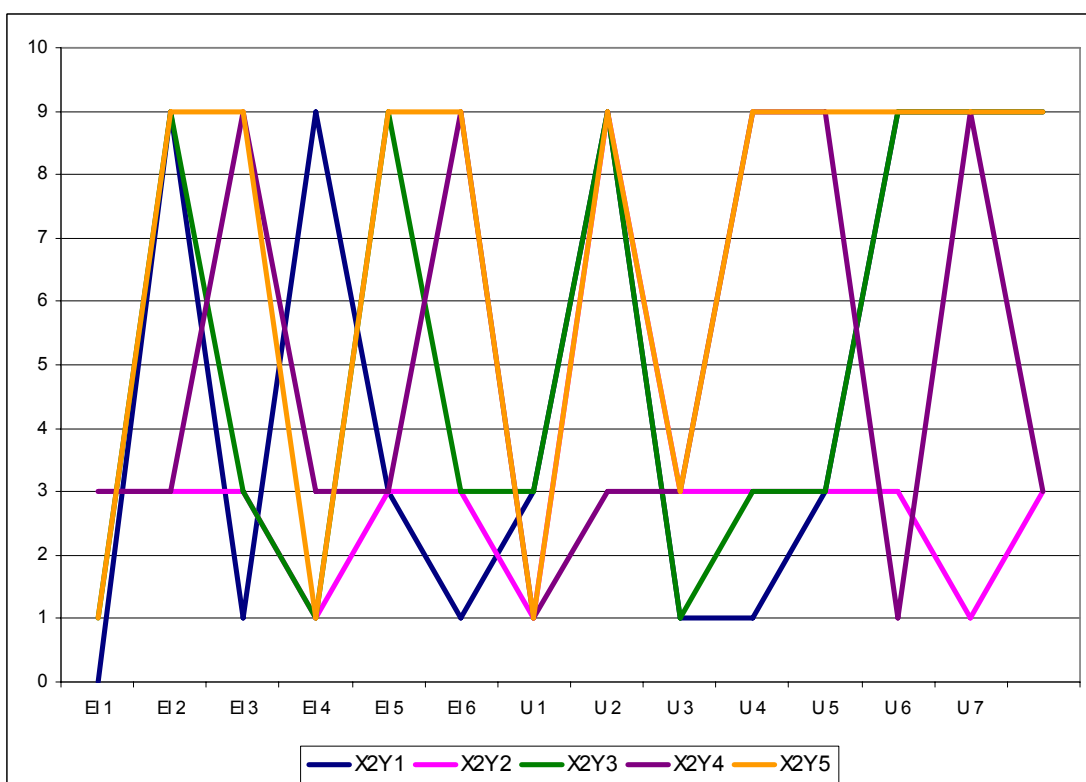
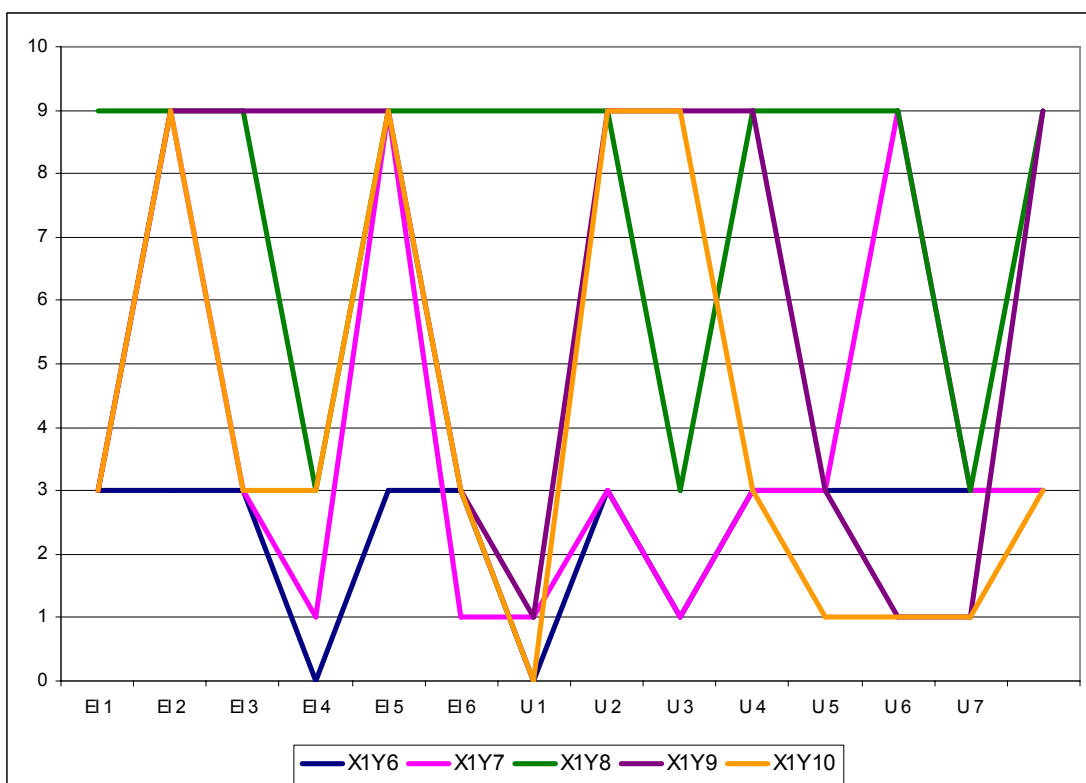
1	2	3	4
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

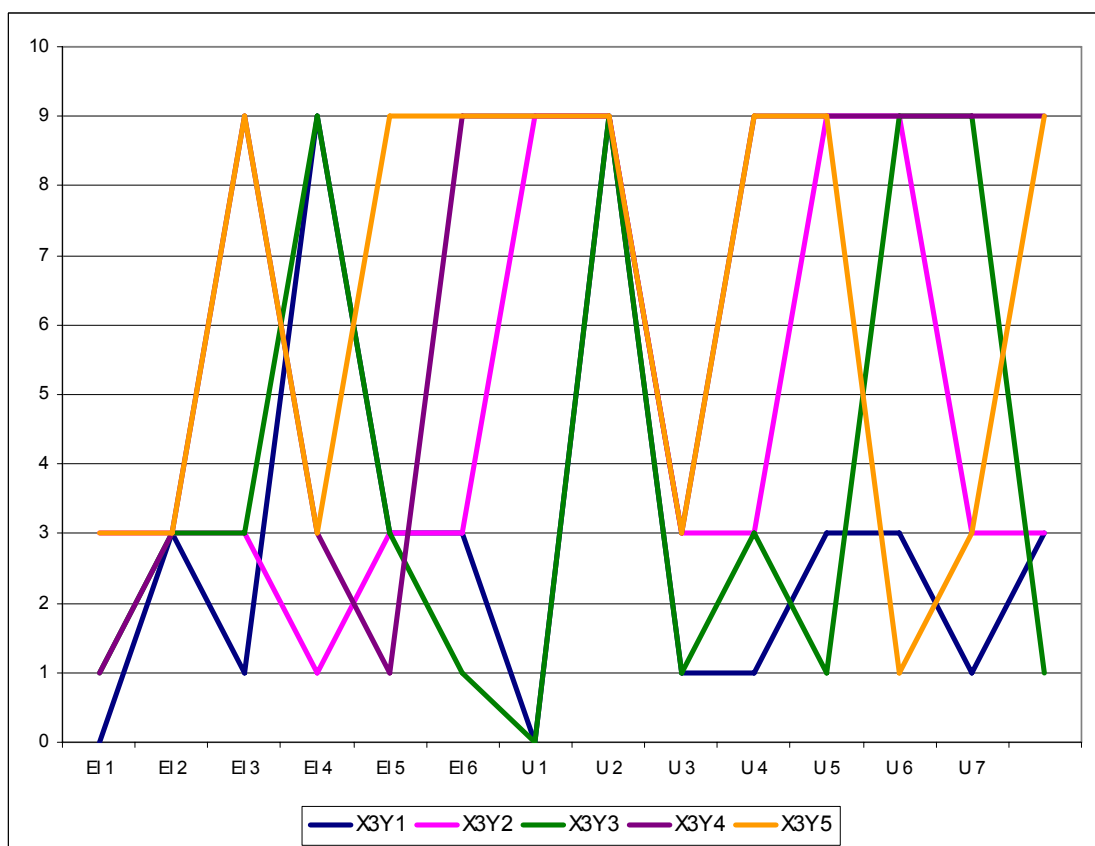
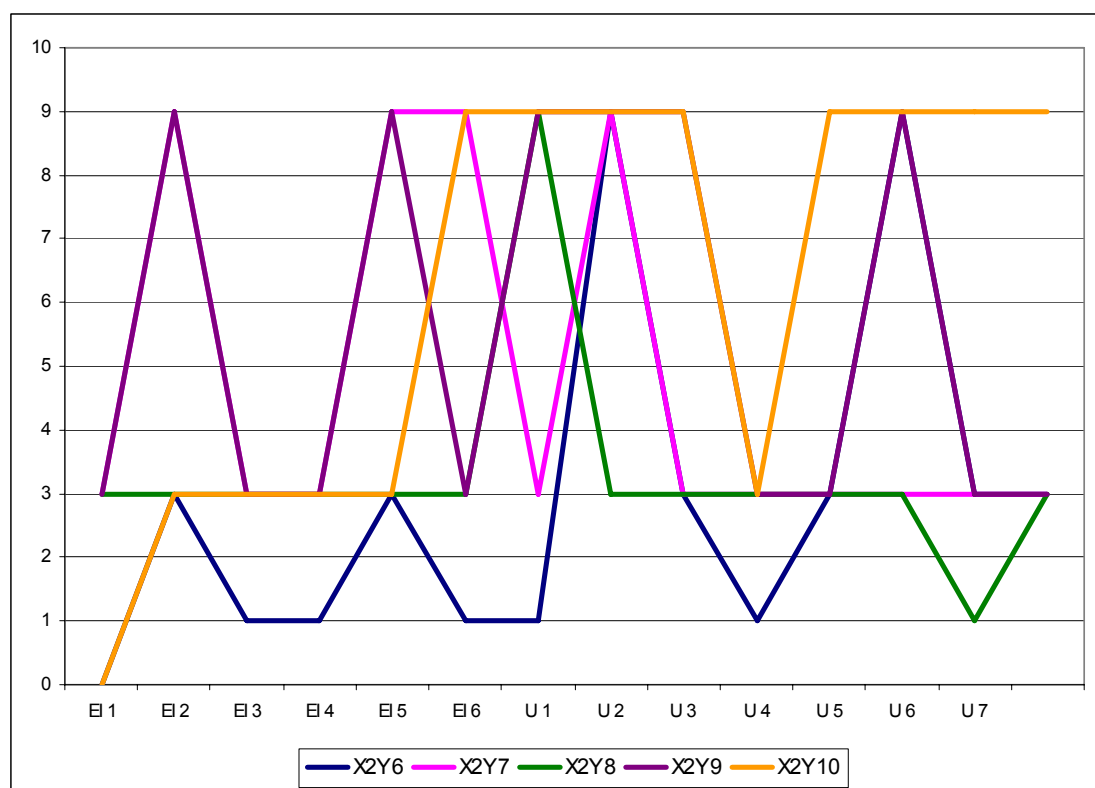
PREGUNTA ENCUESTA	ASIGNATURAS DE PROFESORES		
	Profesores del Depto. de Ingeniería Industrial	Profesores del Depto. de Ingeniería Química	Profesores del Depto. de Administración de Empresas y Economía
Su asignatura debe ser estudiada antes de la enseñanza de CIM (prerrequisito)?	Si = 73%	Si = 67%	Si = 80%
Cuál es el grado de importancia de la enseñanza de CIM en su criterio?	Muy importante	Importante	Muy importante
Sugeriría una asignatura (o más) dedicadas exclusivamente a la enseñanza de CIM?	Sí	Sí	Sí
Señale si su asignatura tiene relación con las temáticas que abarca CIM.	Sí	Sí	Sí
Qué grado de correlación tiene su asignatura con CIM?	Altamente relacionada	Moderadamente relacionada	Moderadamente relacionada
La enseñanza de CIM es transversal a varias asignaturas?	Sí	Sí	Sí
Qué grado de importancia tiene la enseñanza de CIM en el currículo de Ingeniería Industrial?	Muy importante	Importancia moderada	Muy importante

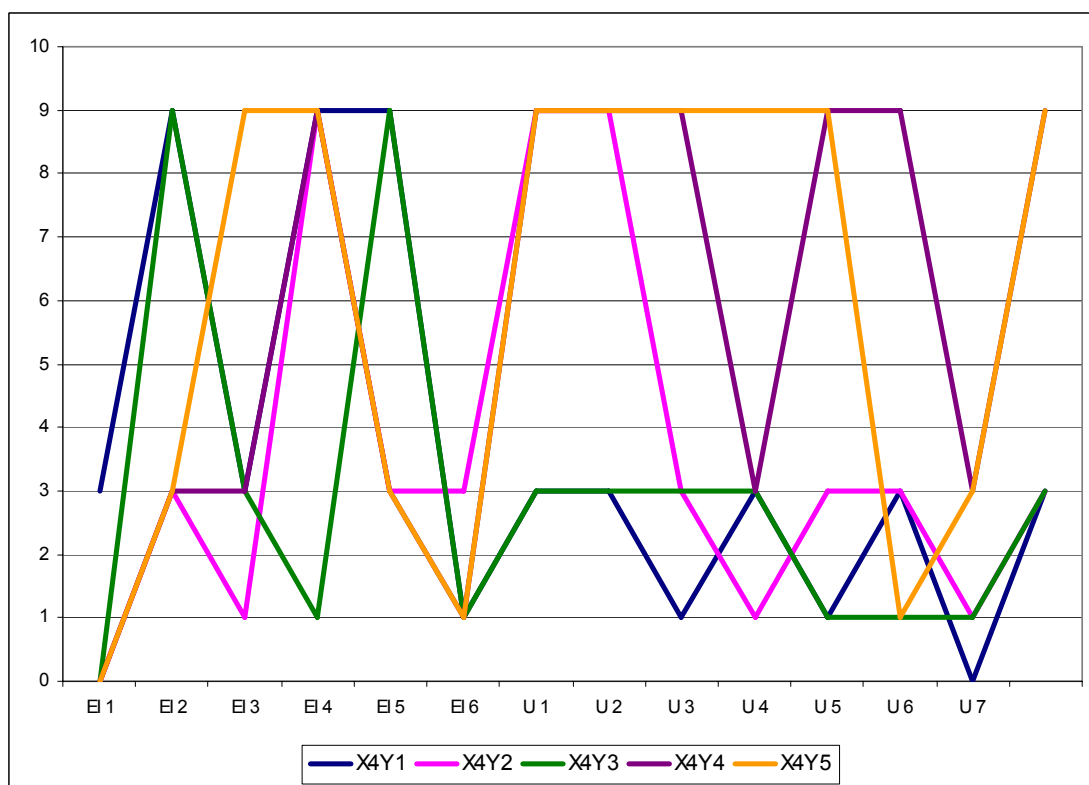
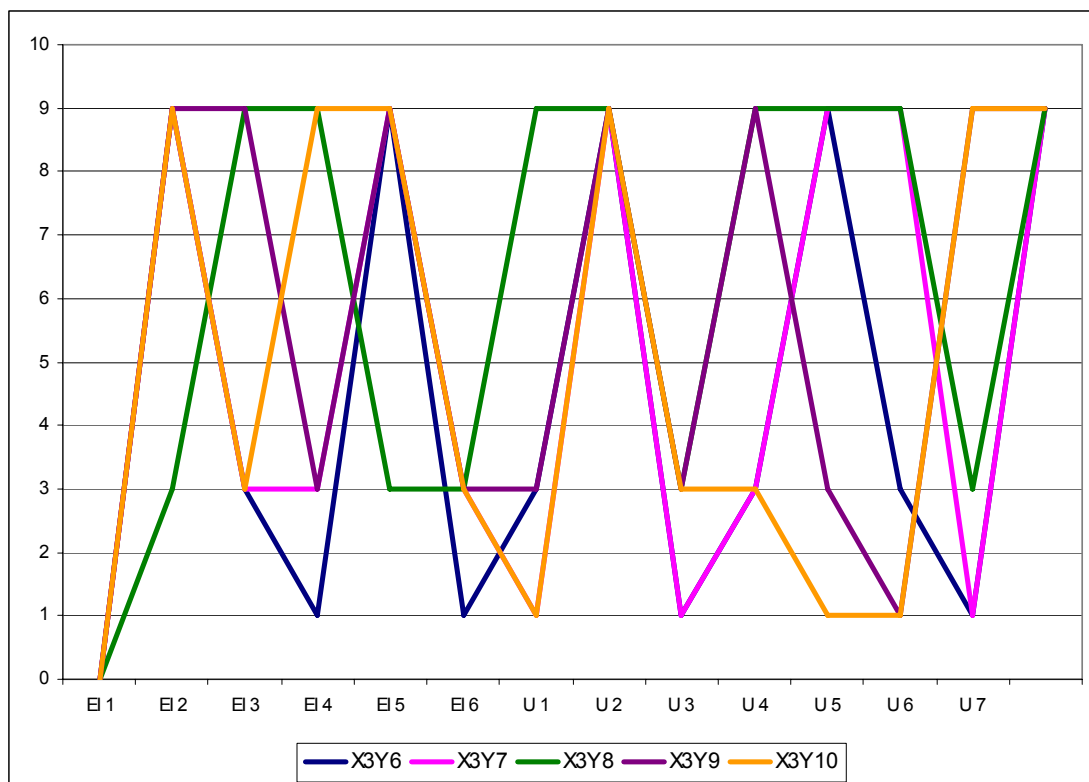
**Total de profesores (de varios departamentos) encuestados =15**

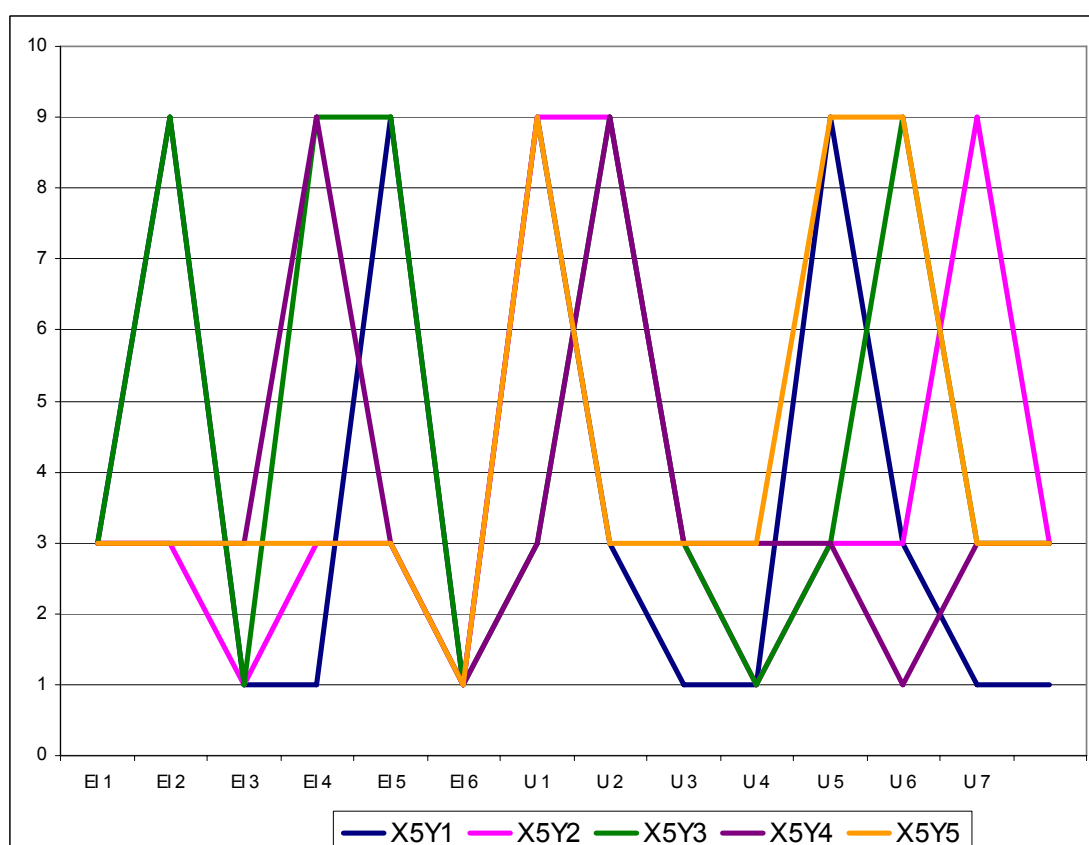
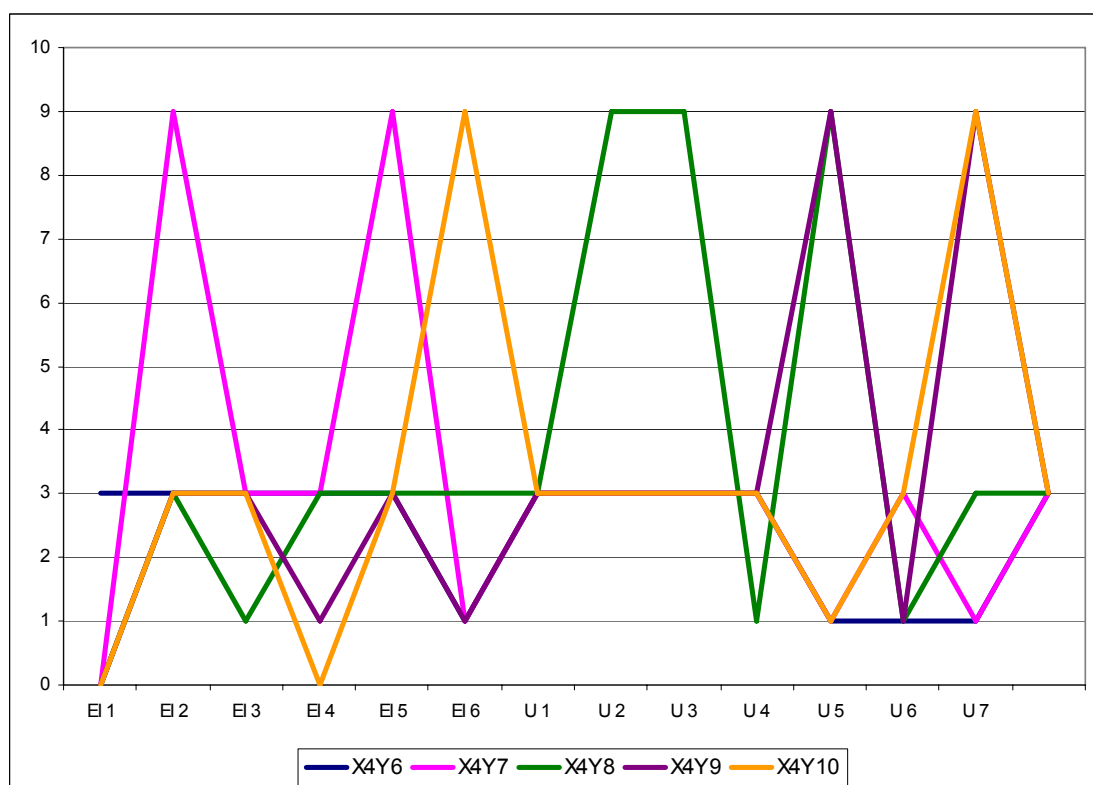
**Anexo 4-7: Gráficos de valores modales de la calificación de correlaciones necesarias para el tratado de información en QFD.**

**Correlaciones de la Matriz 1**

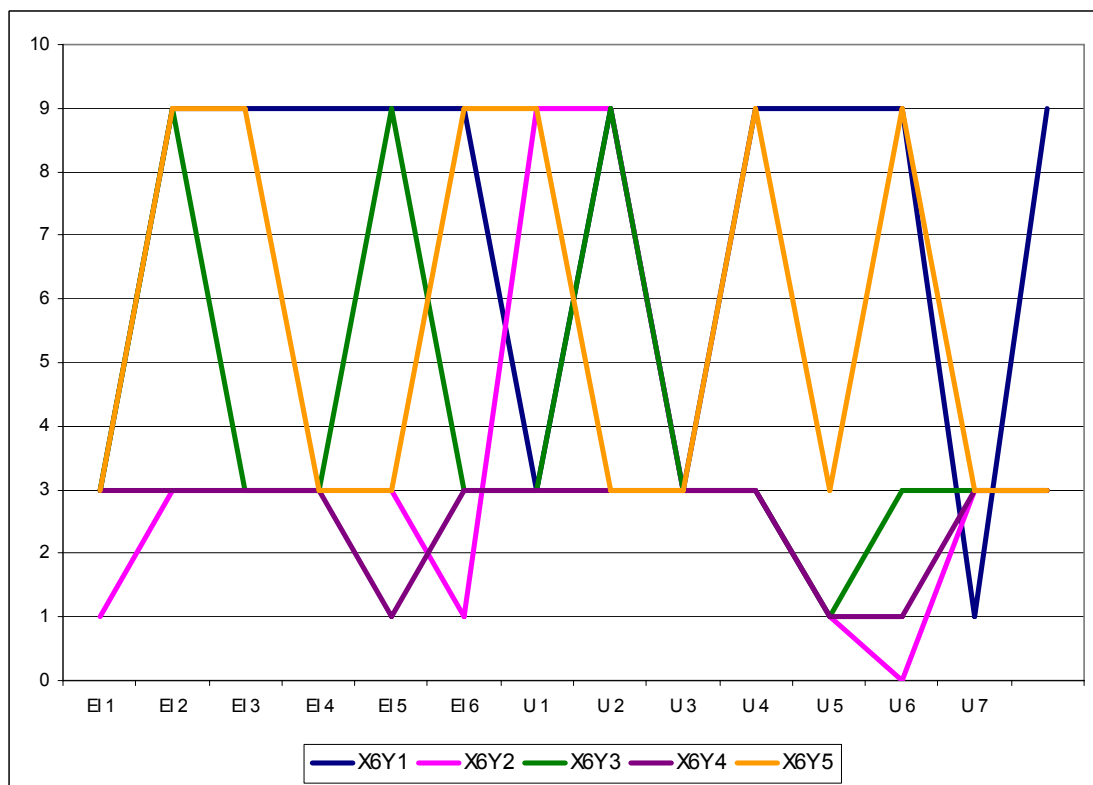
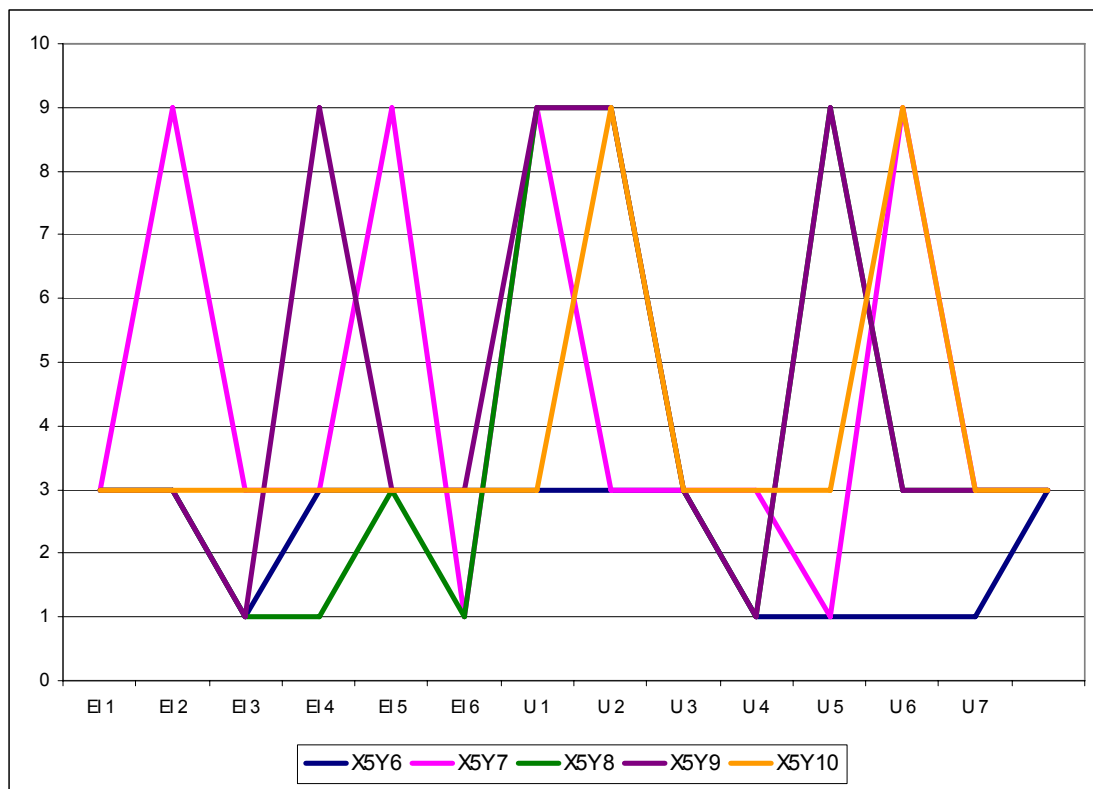


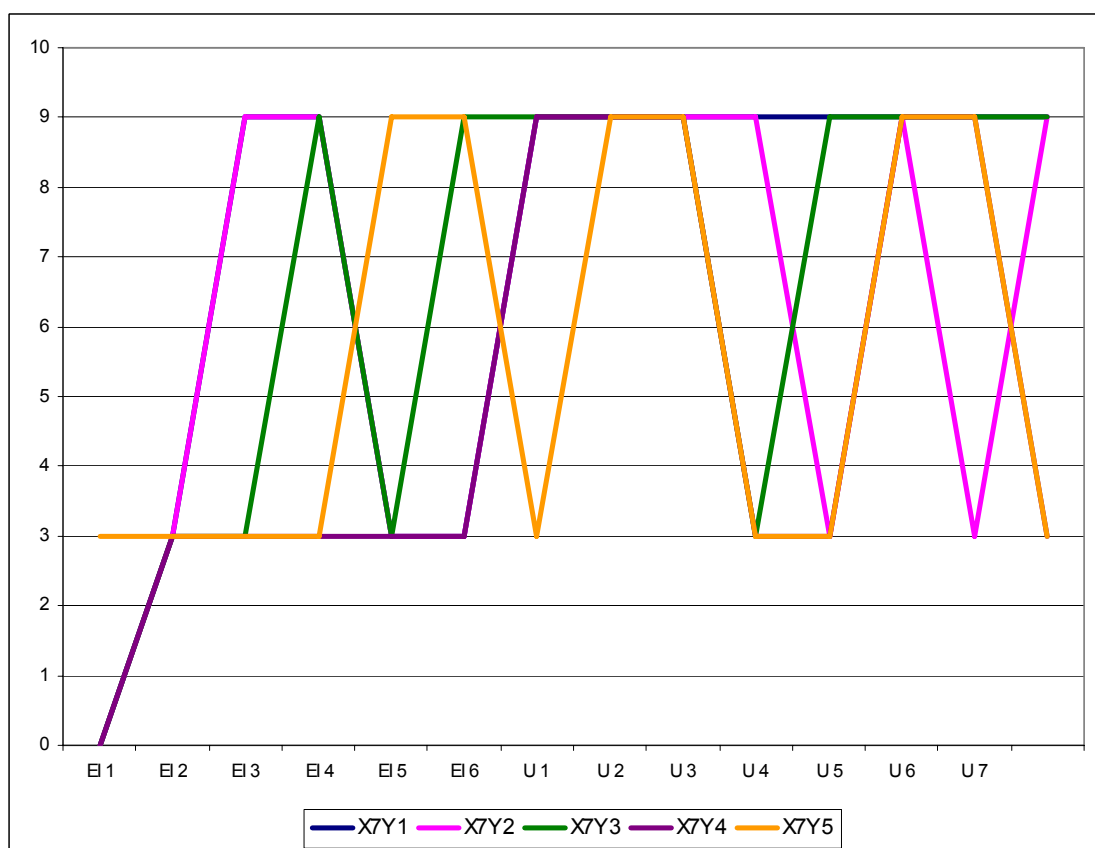
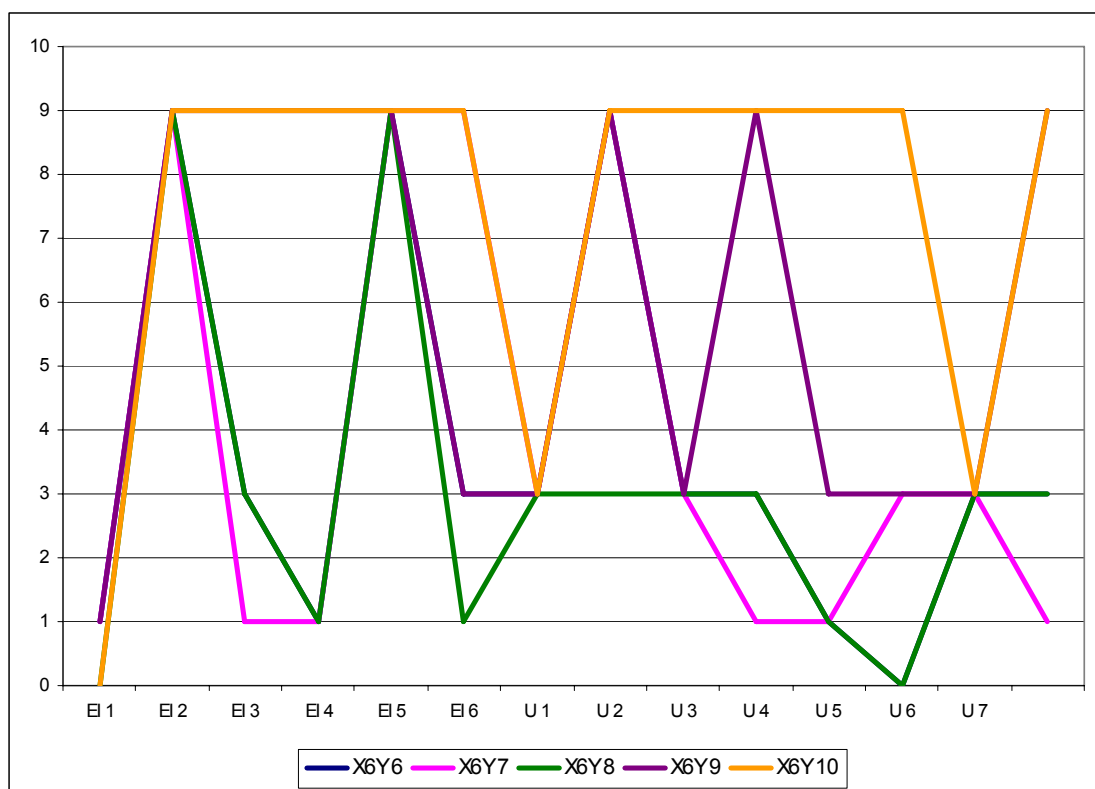


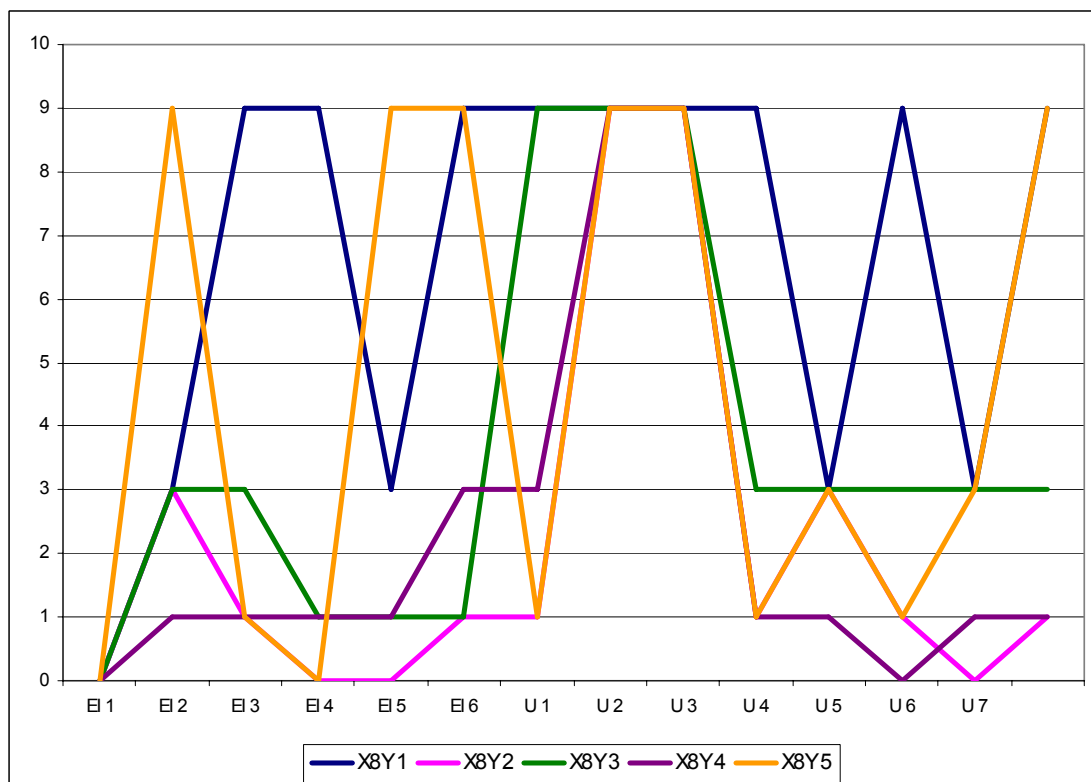
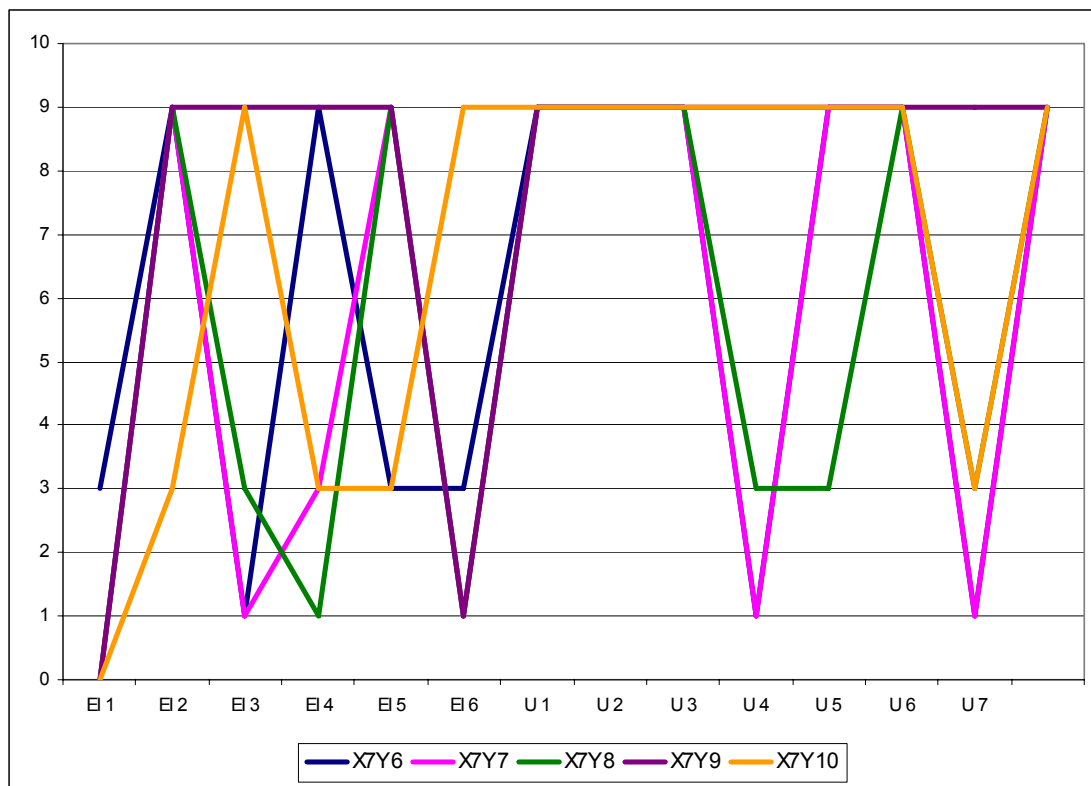


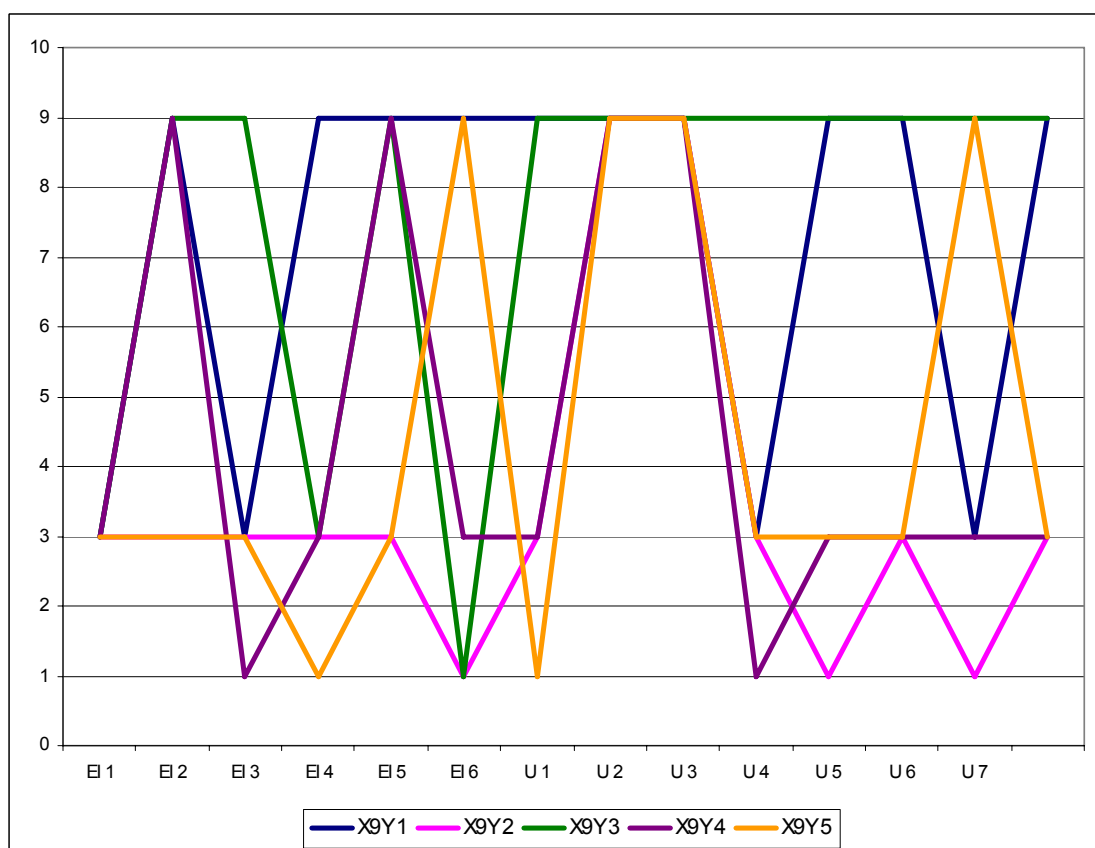
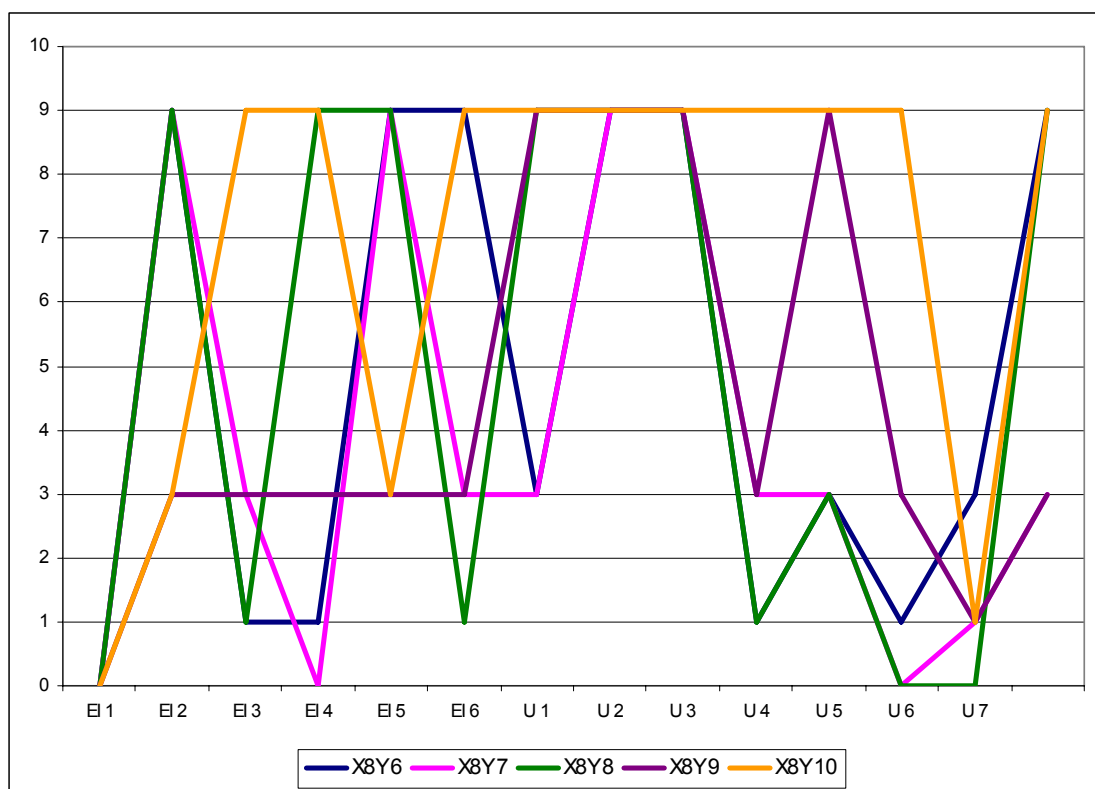


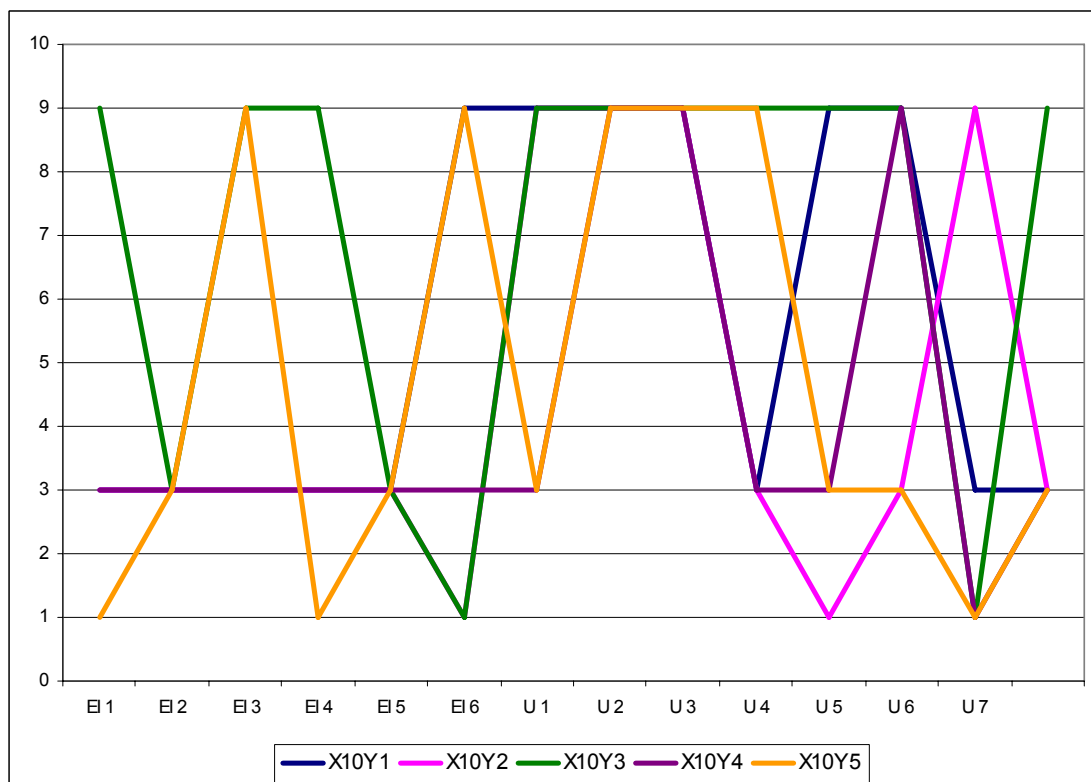
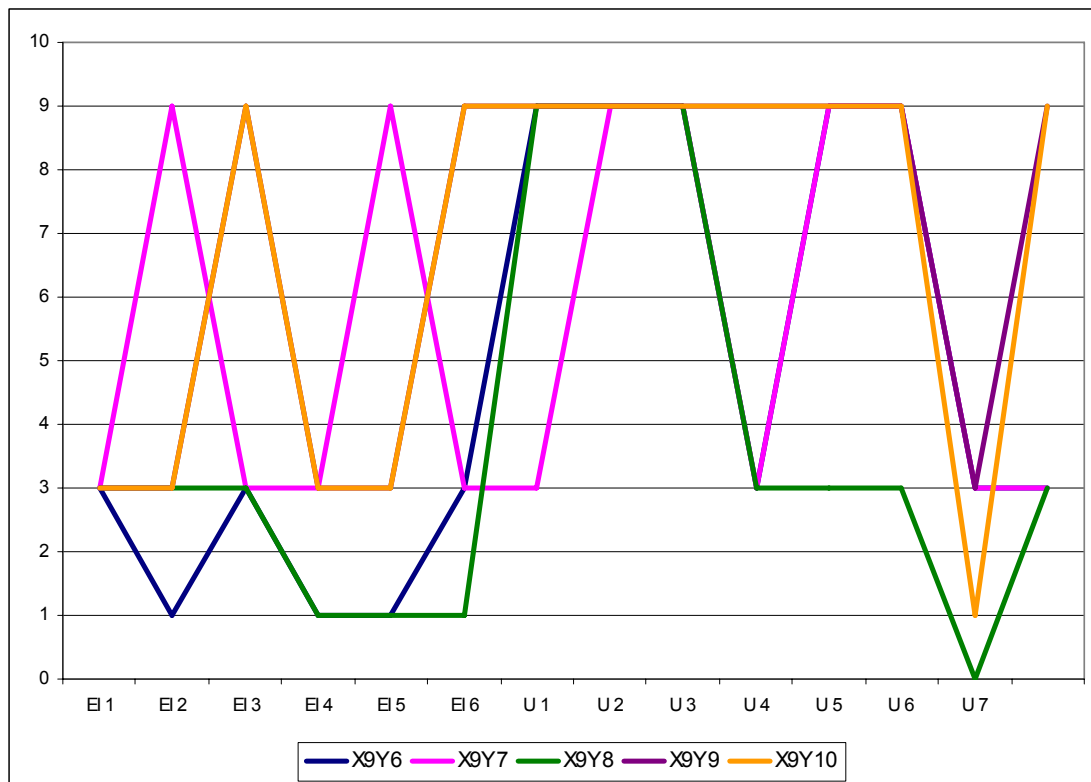


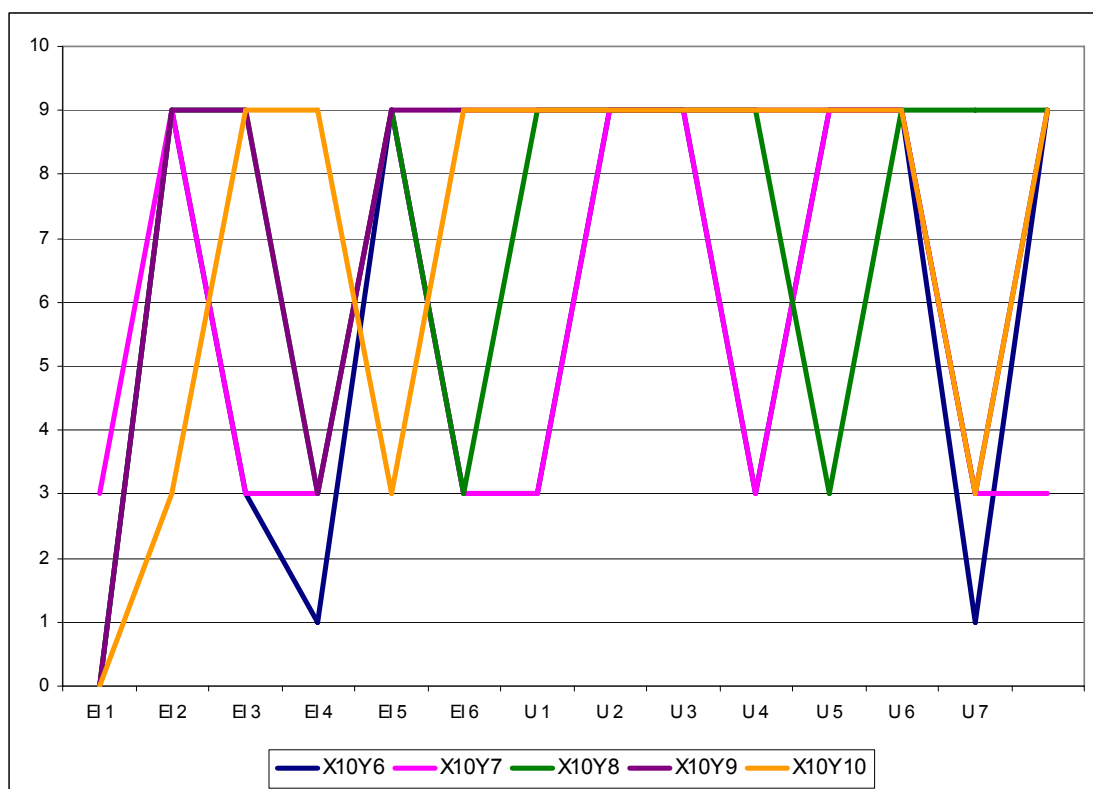




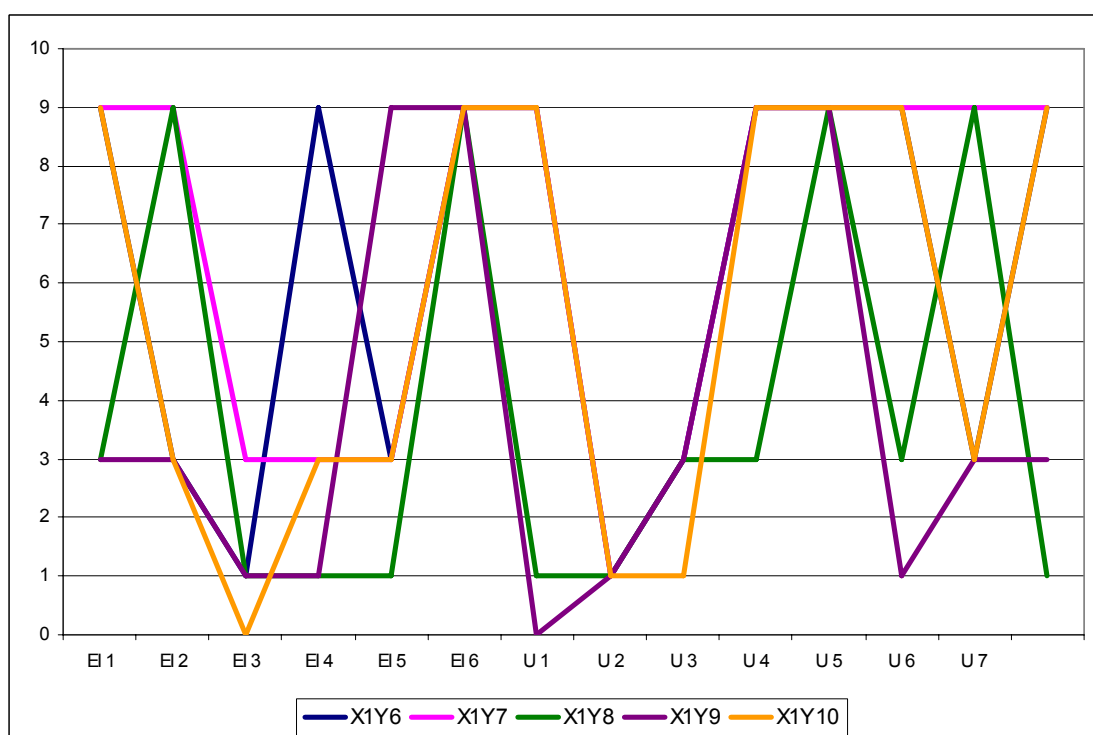


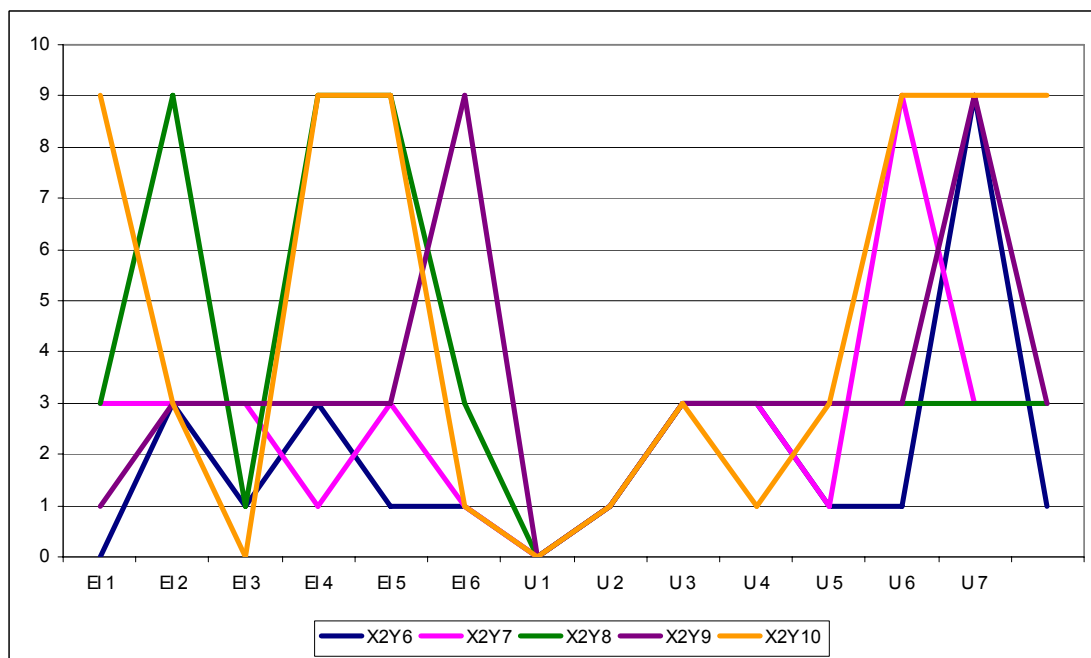
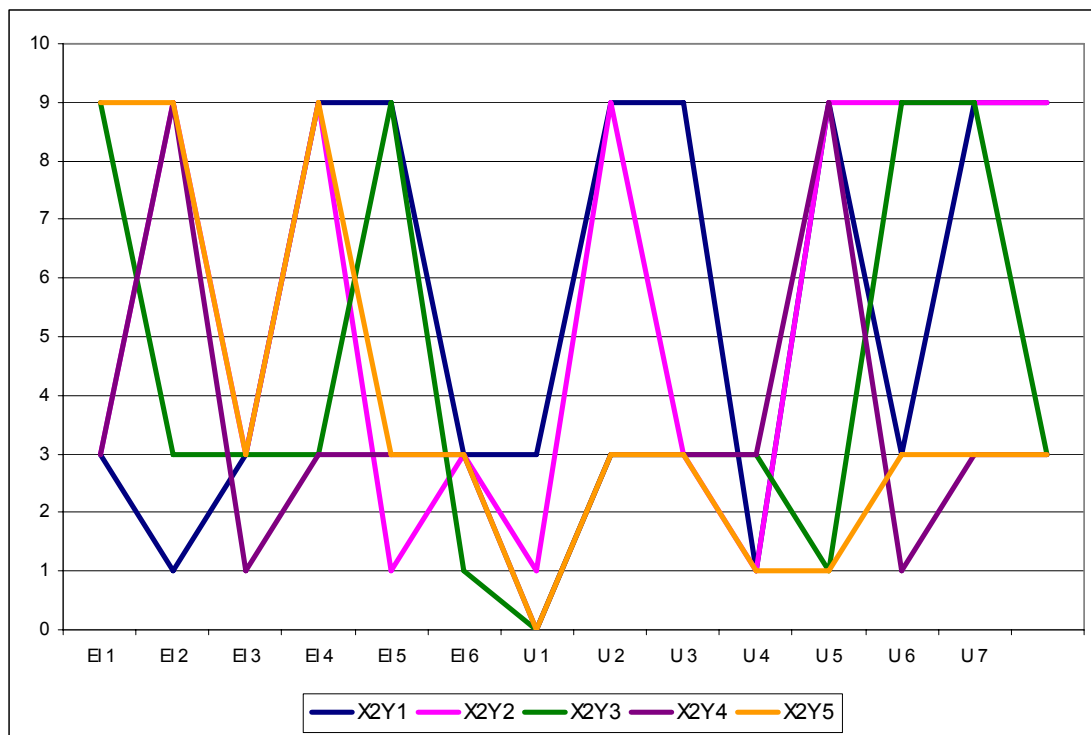


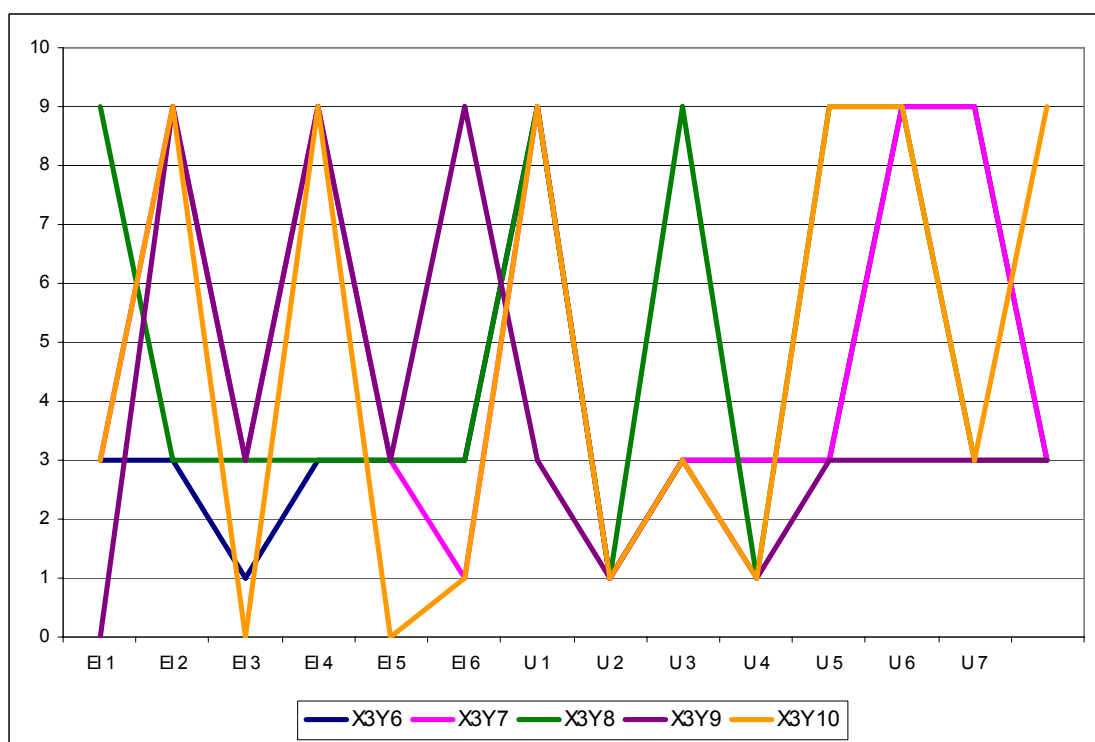
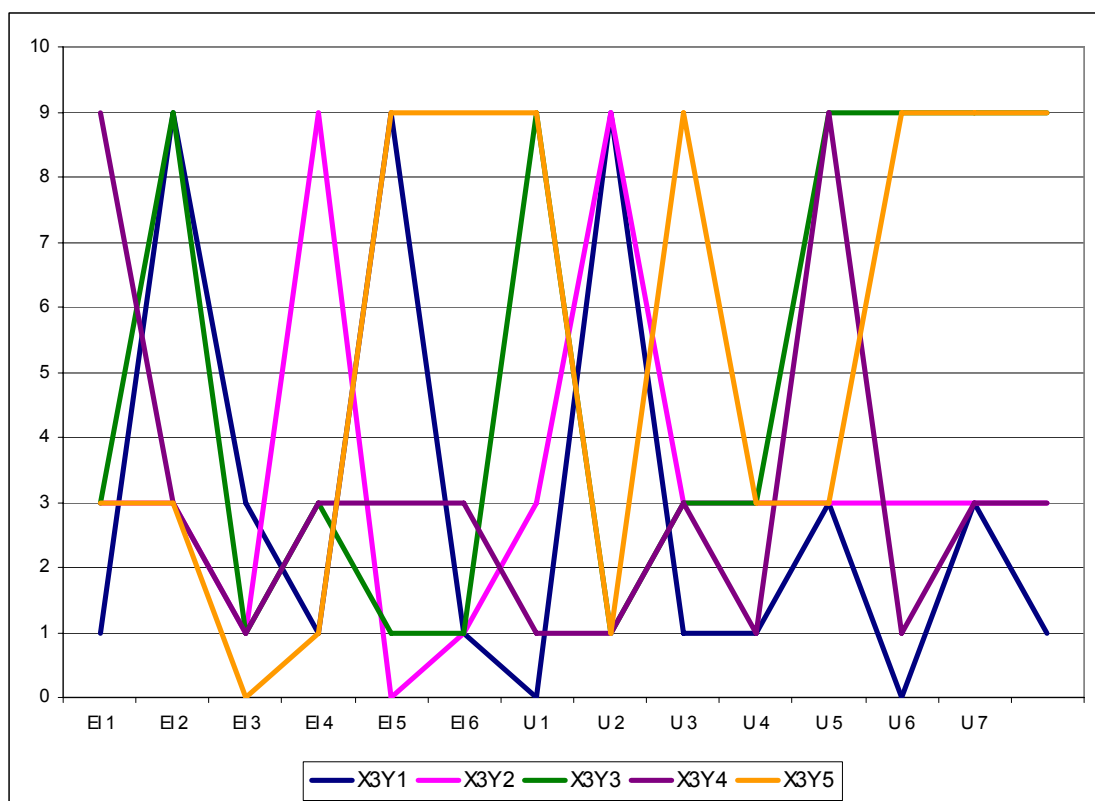




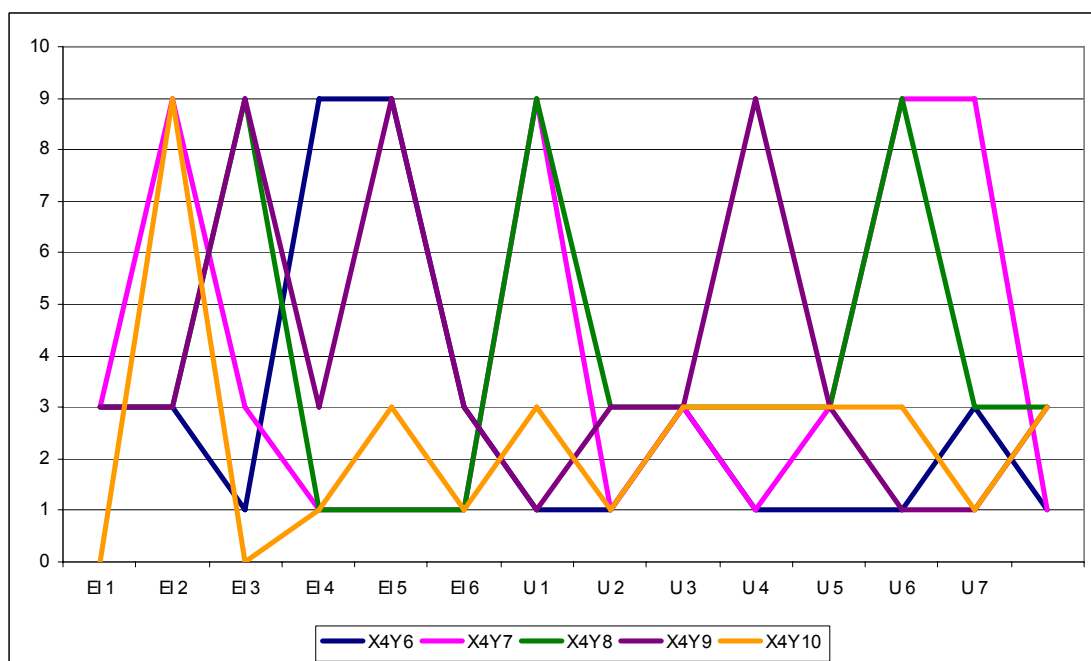
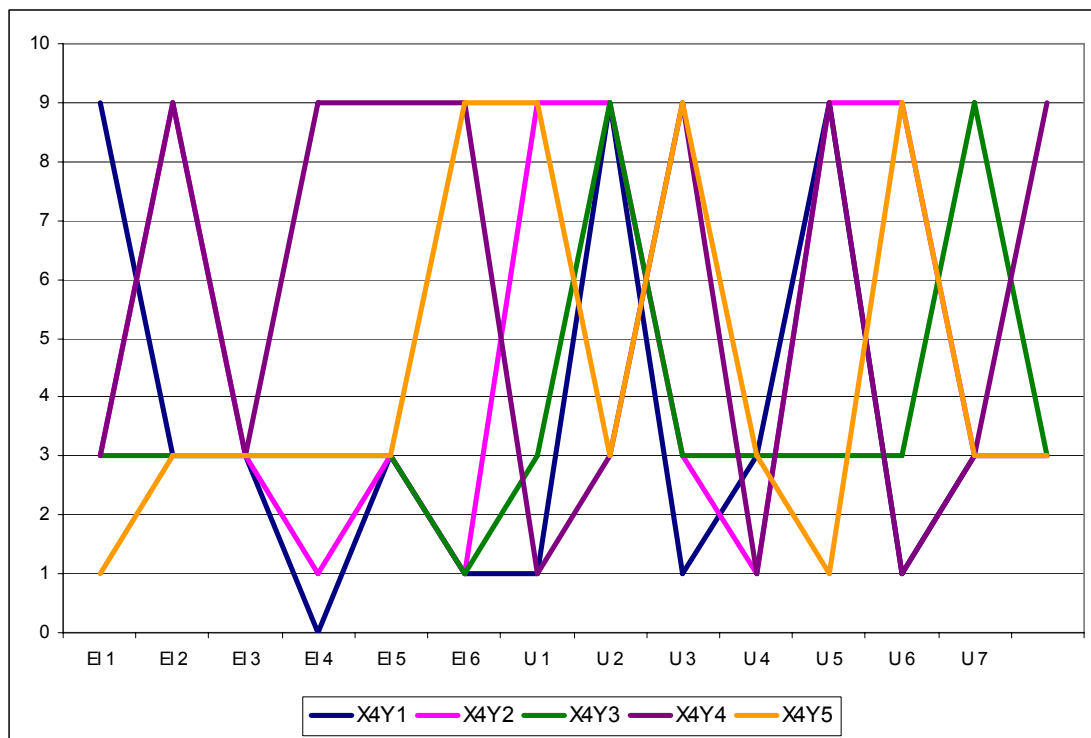
**Correlaciones de la Matriz 2**

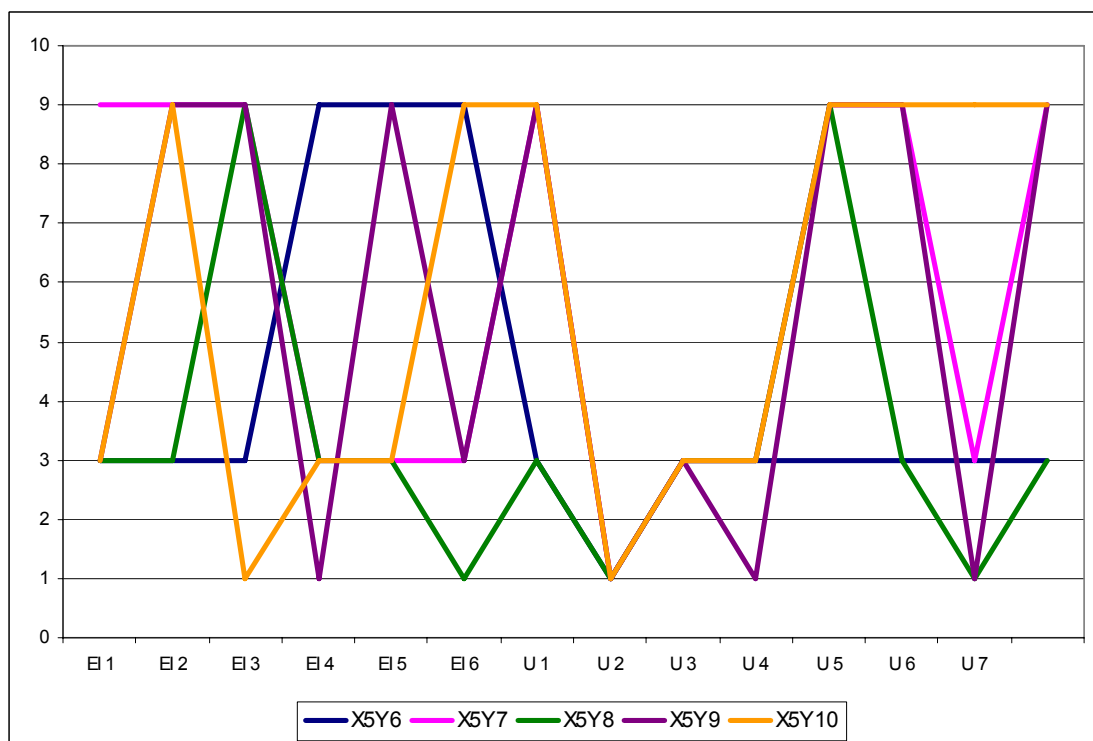
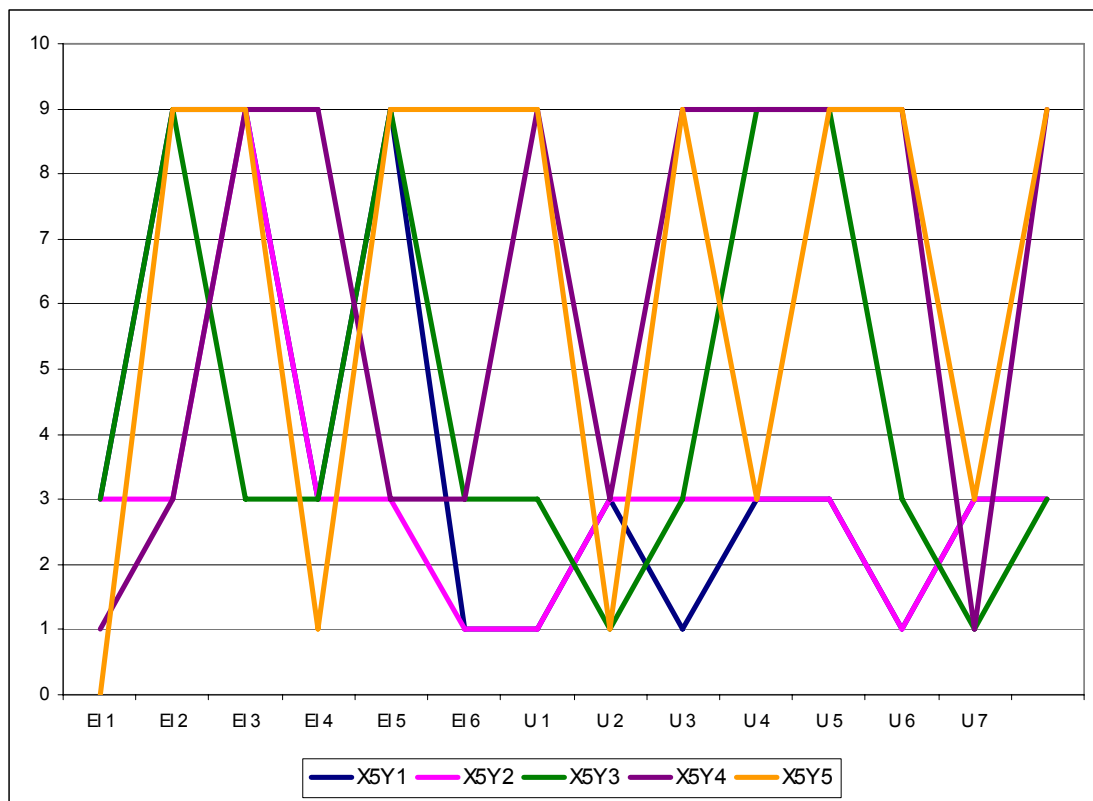


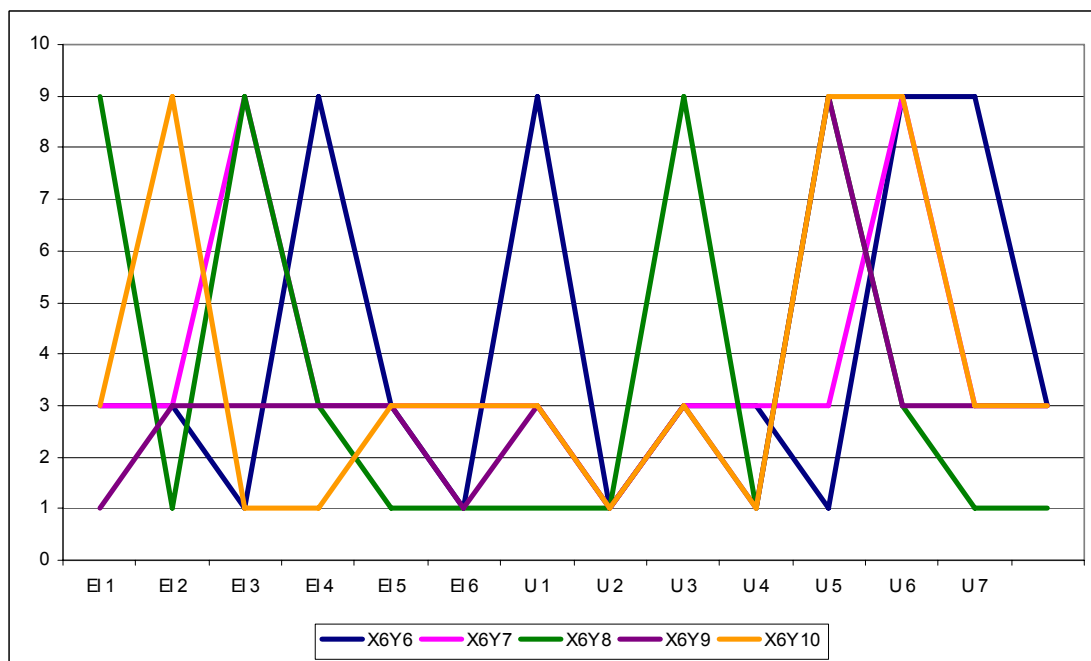
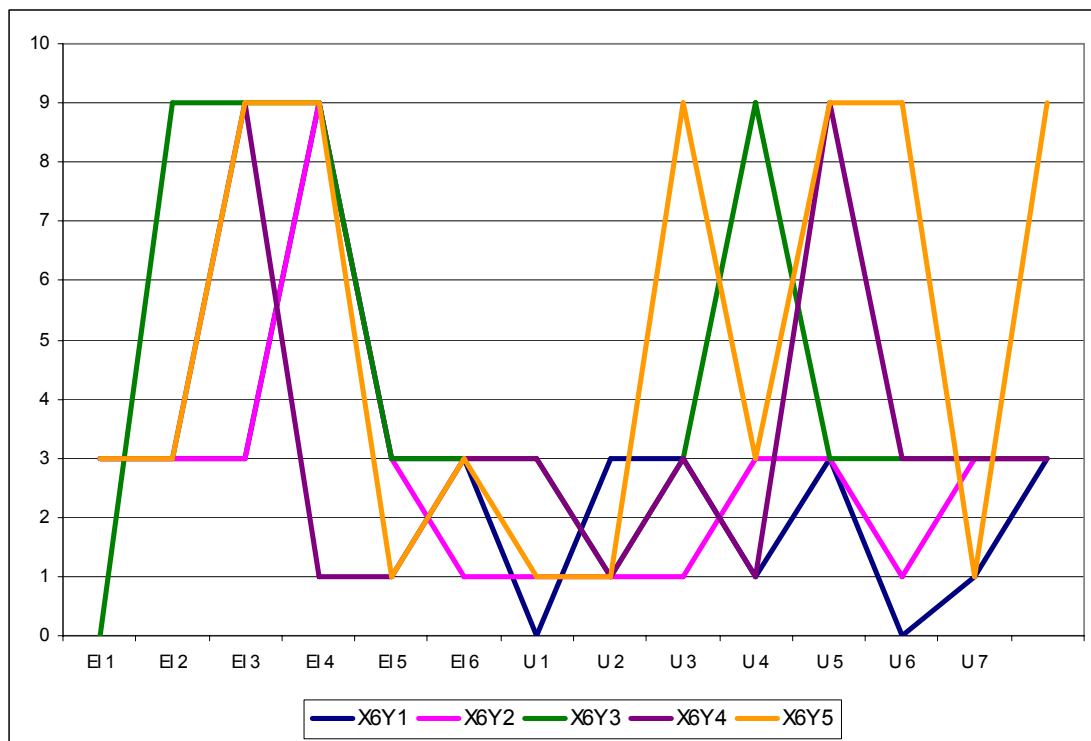


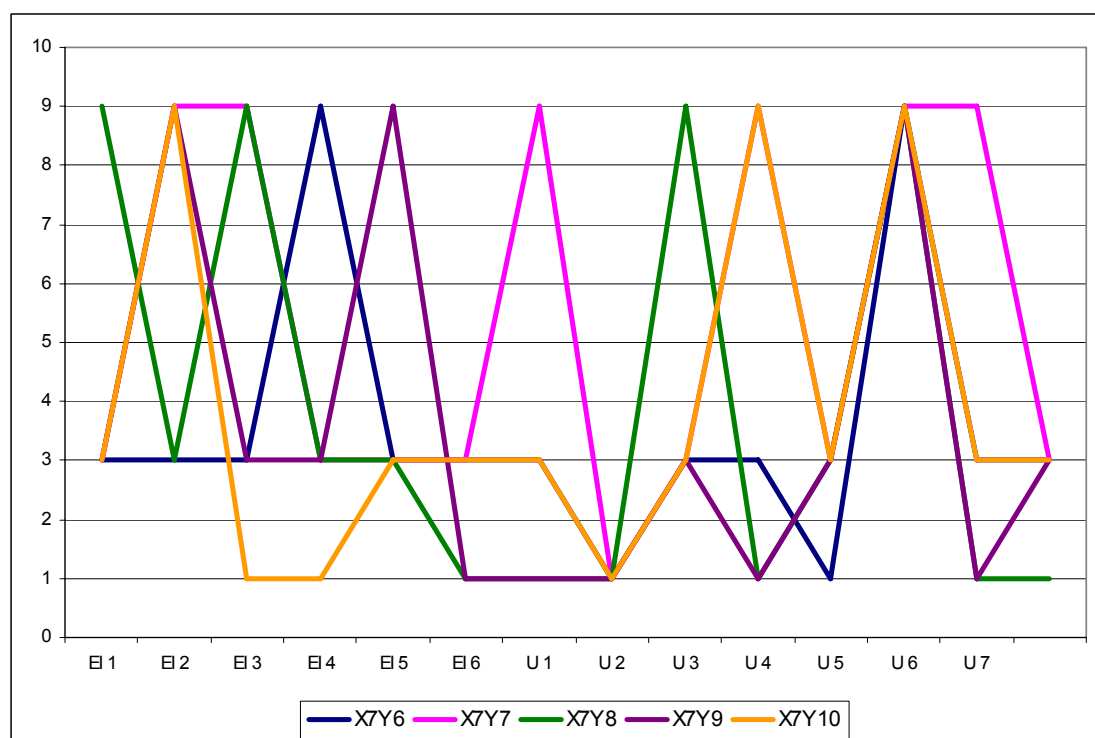
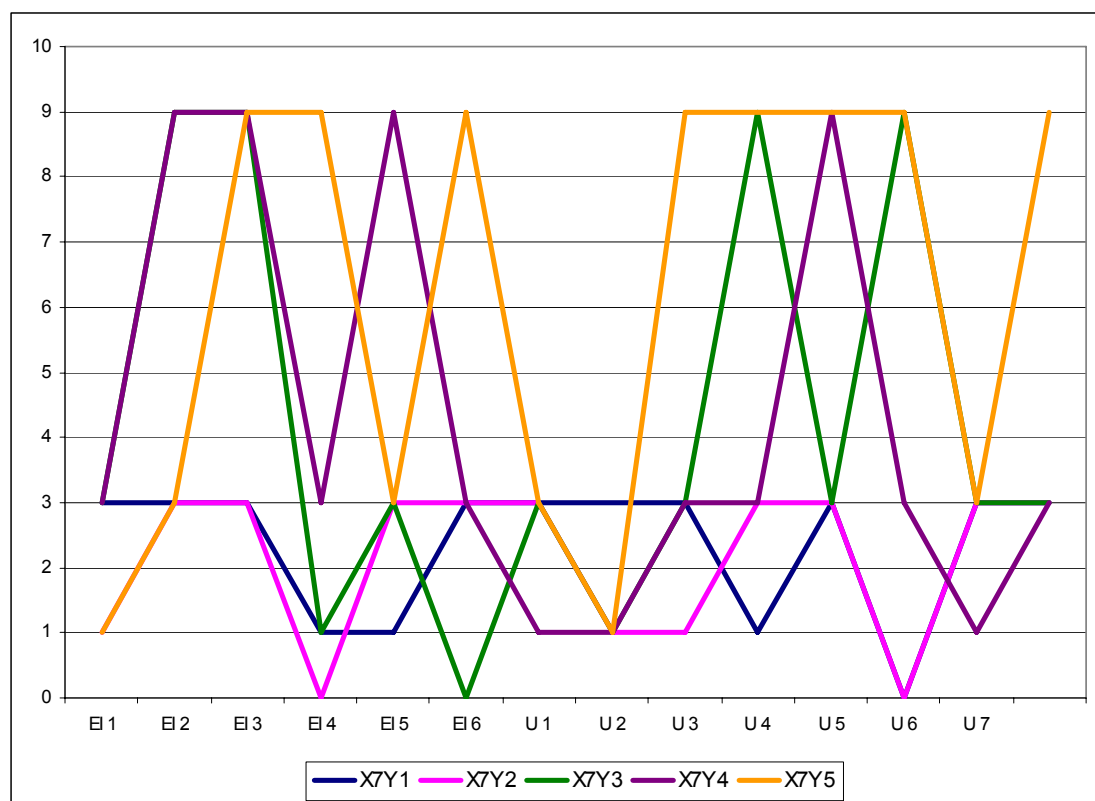


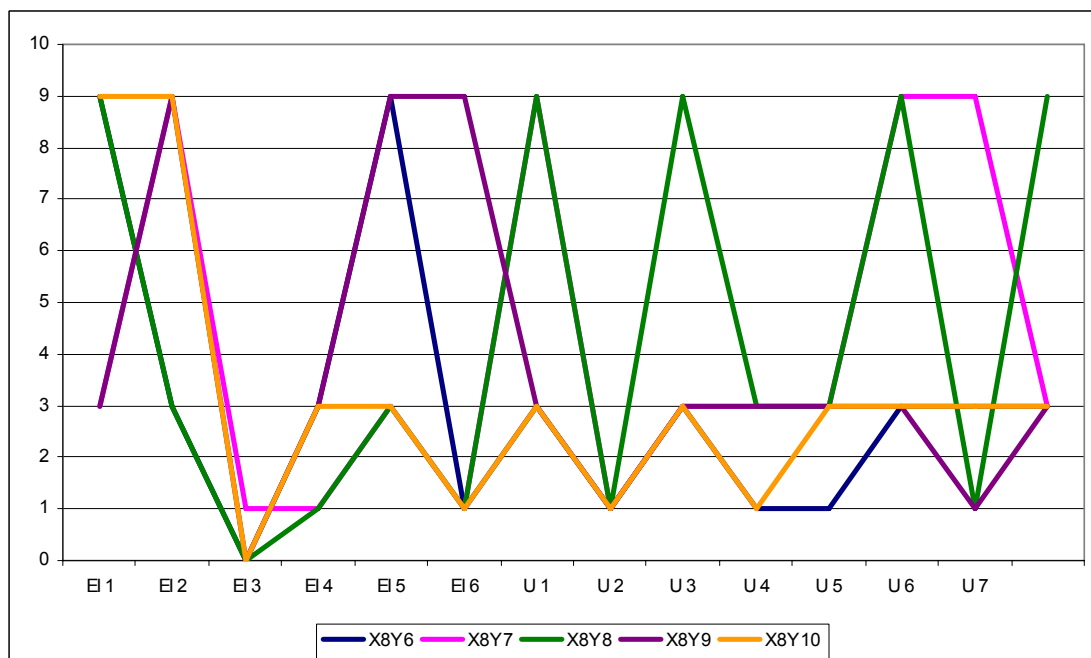
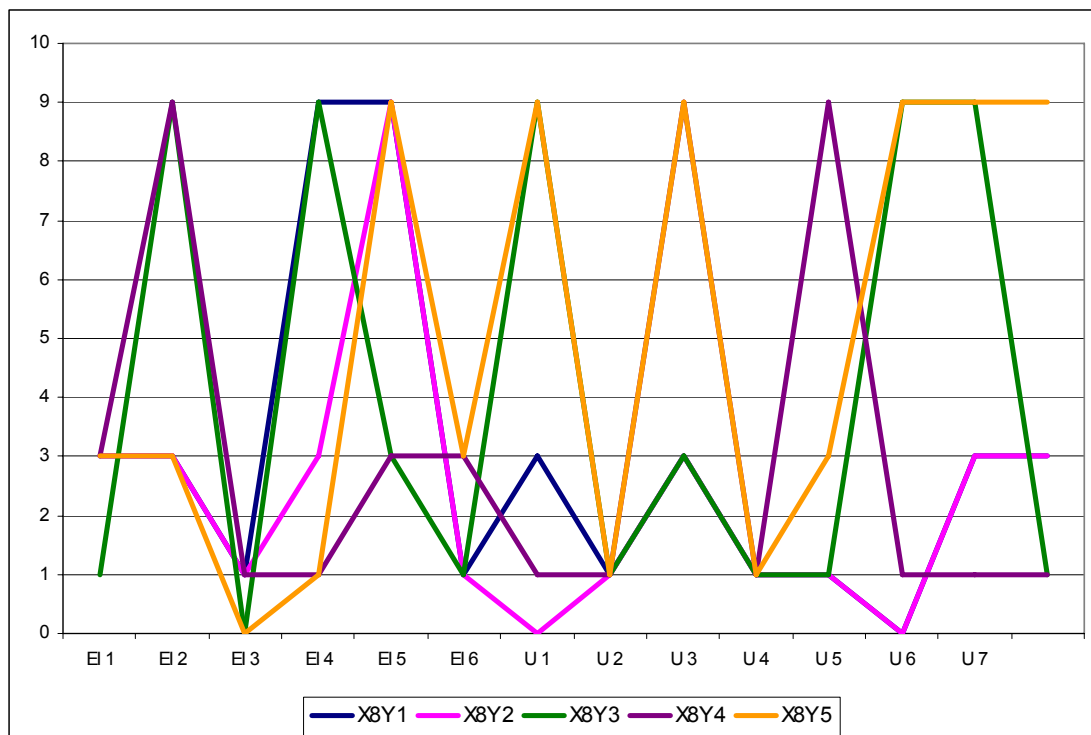


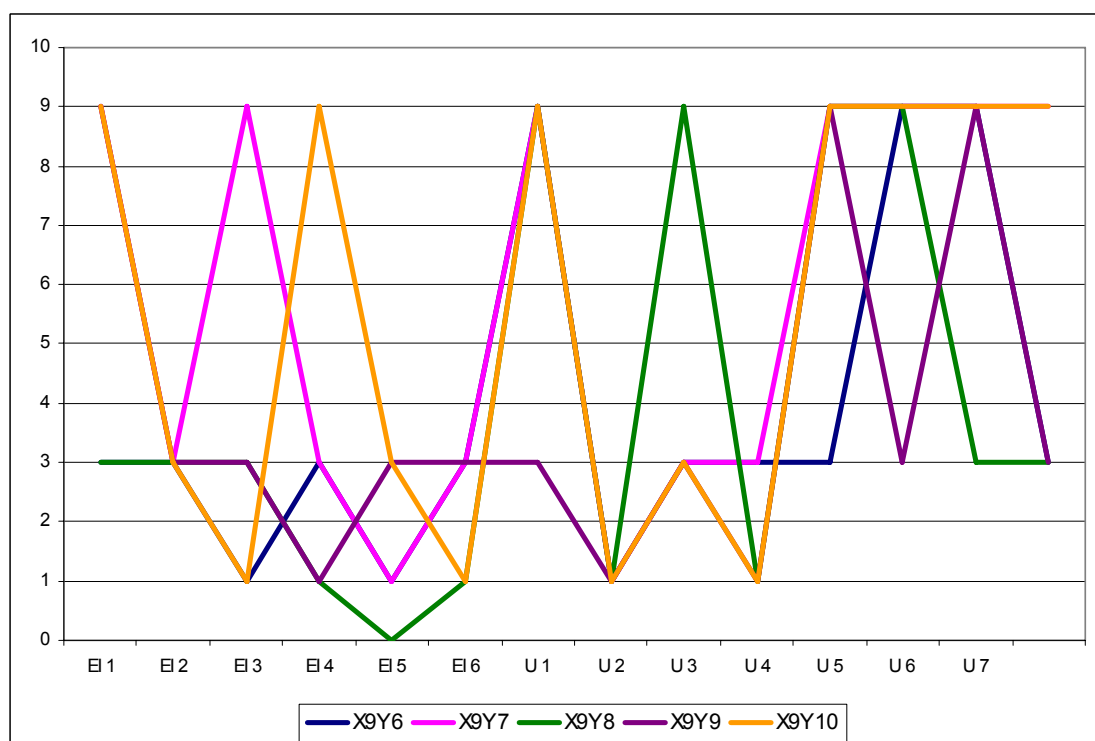
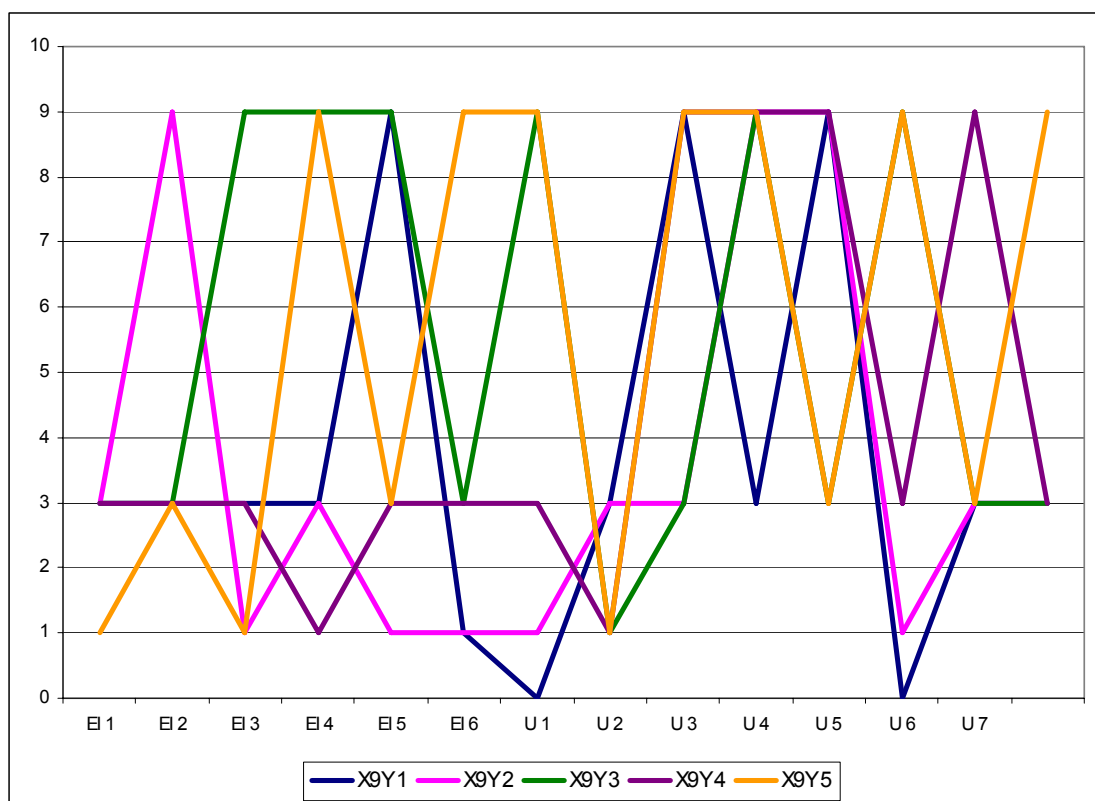


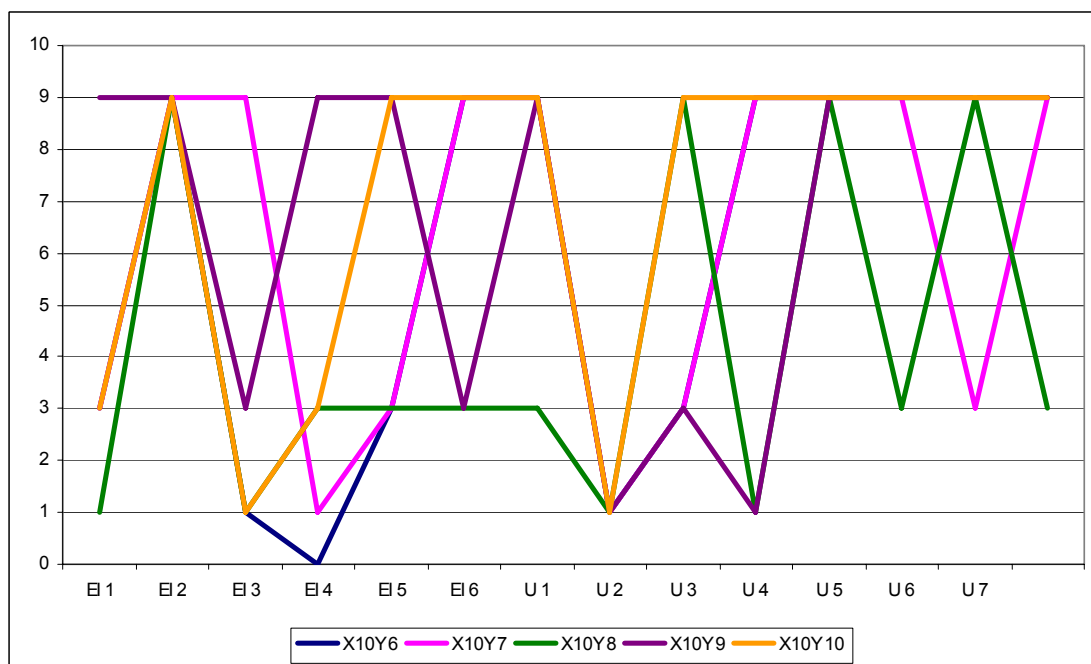
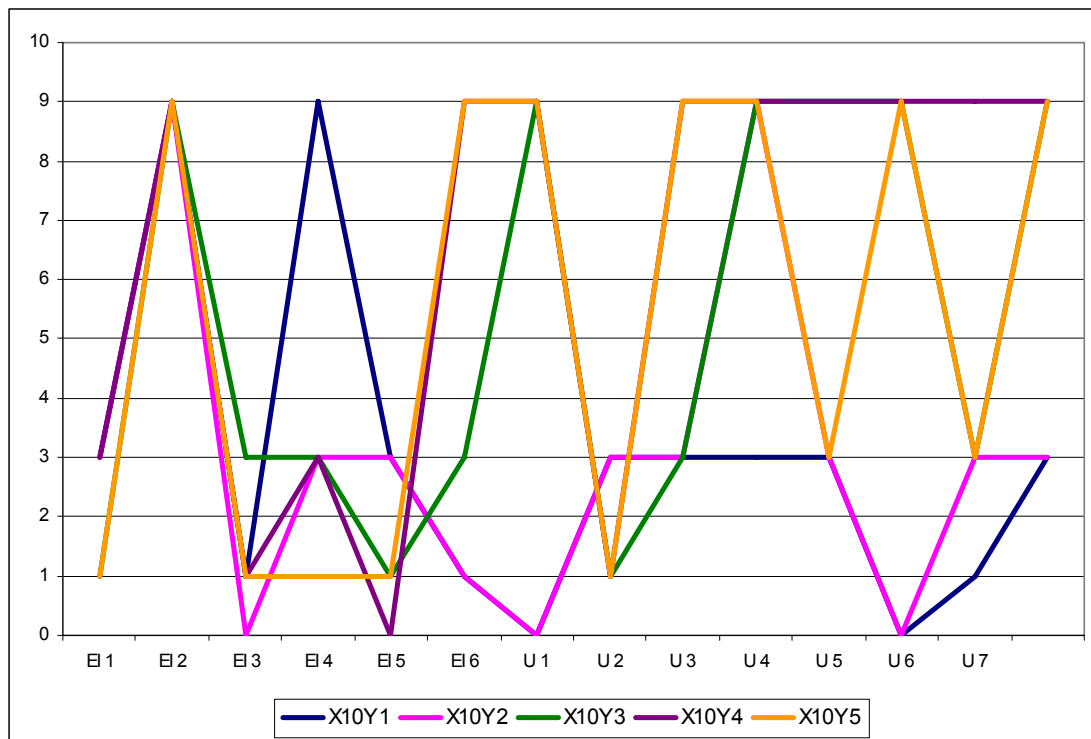




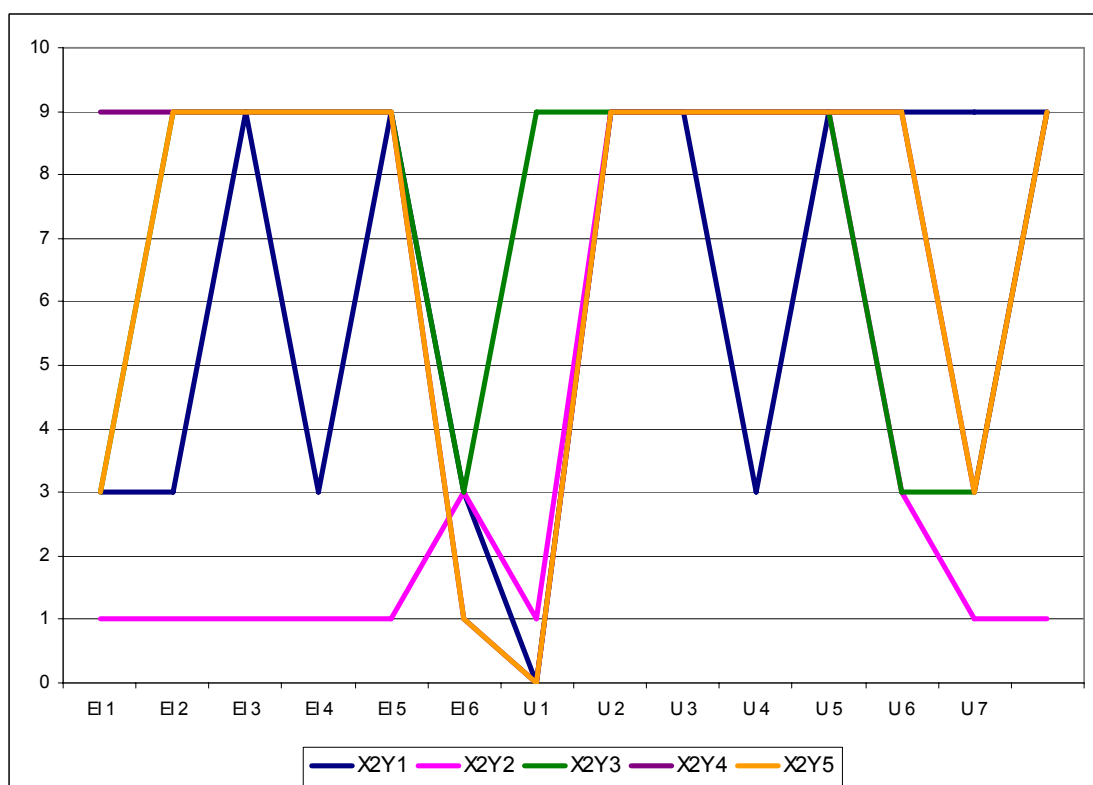
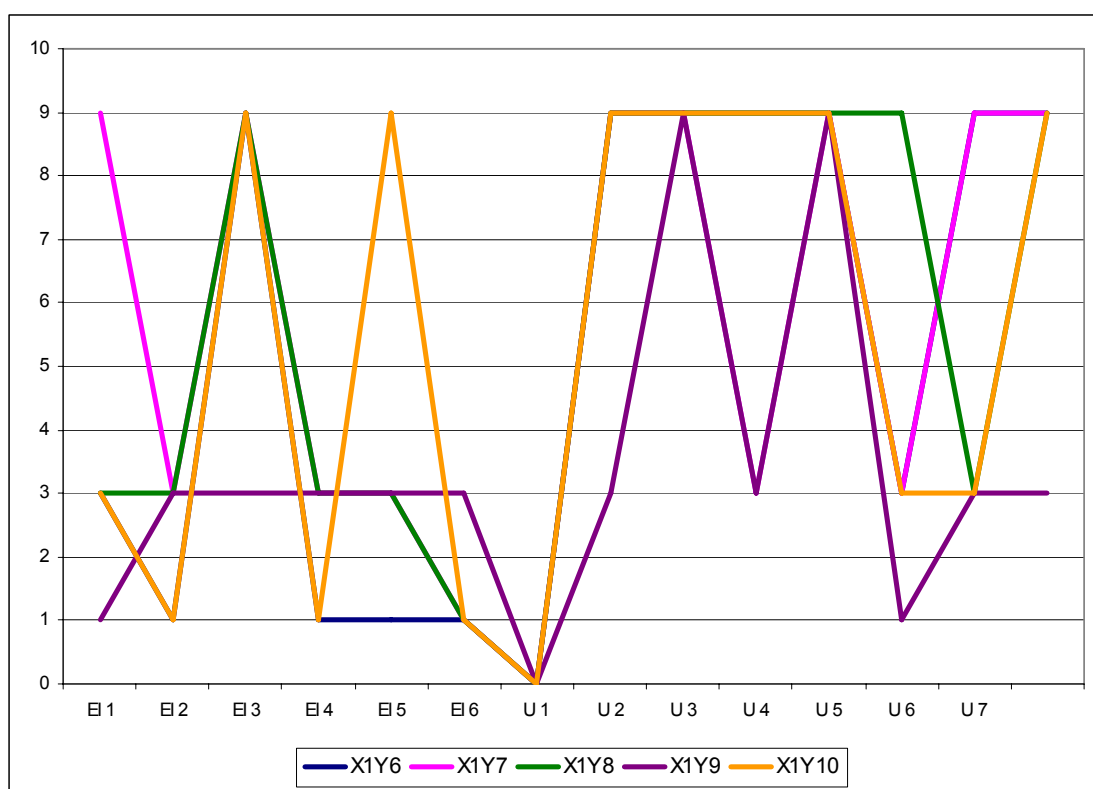




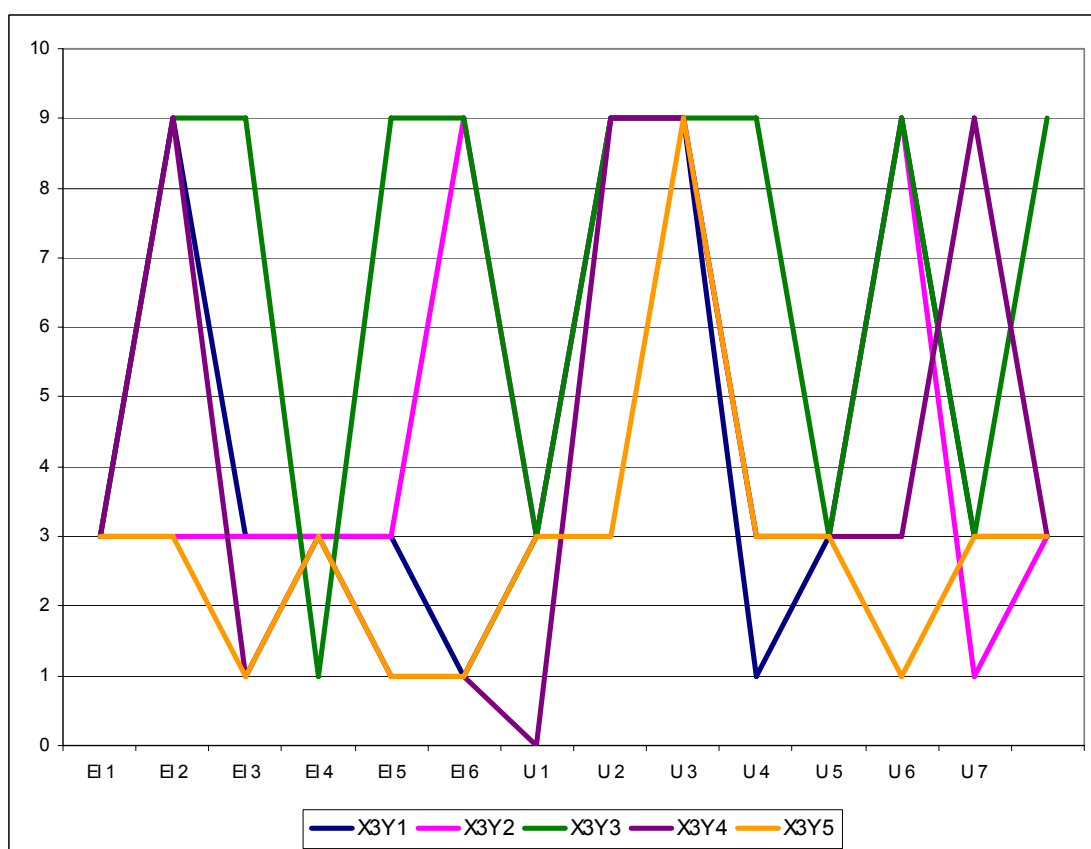
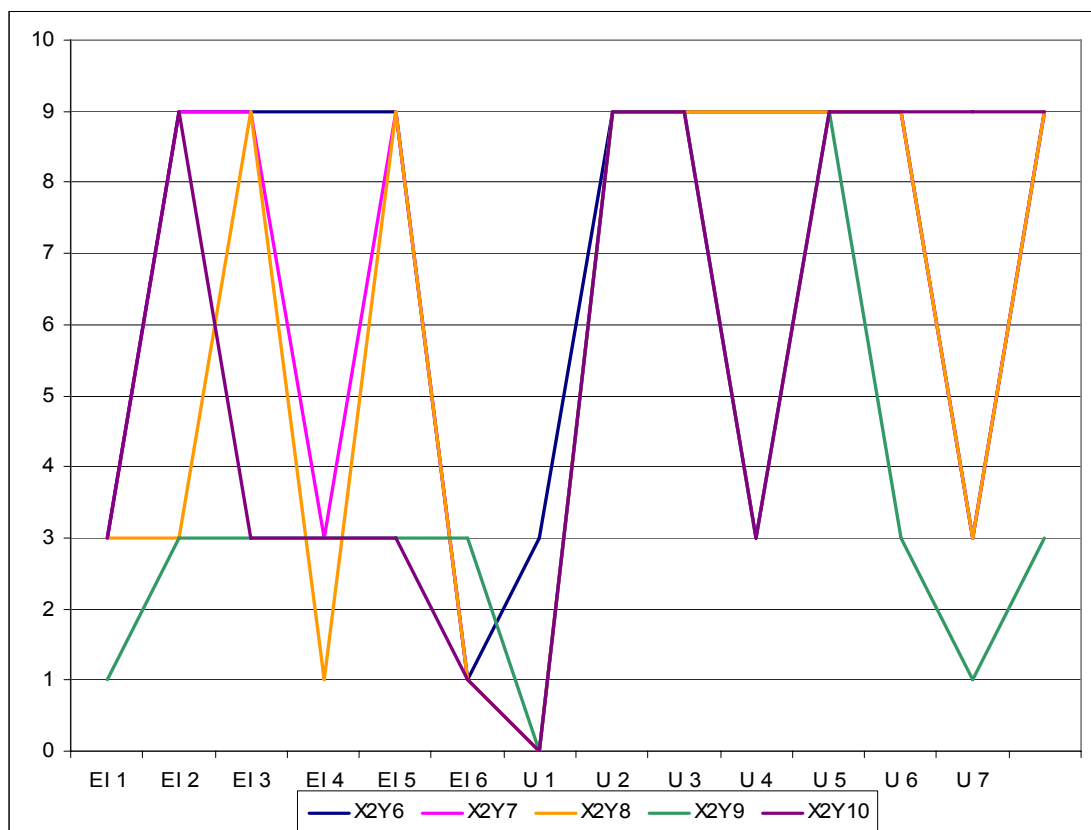


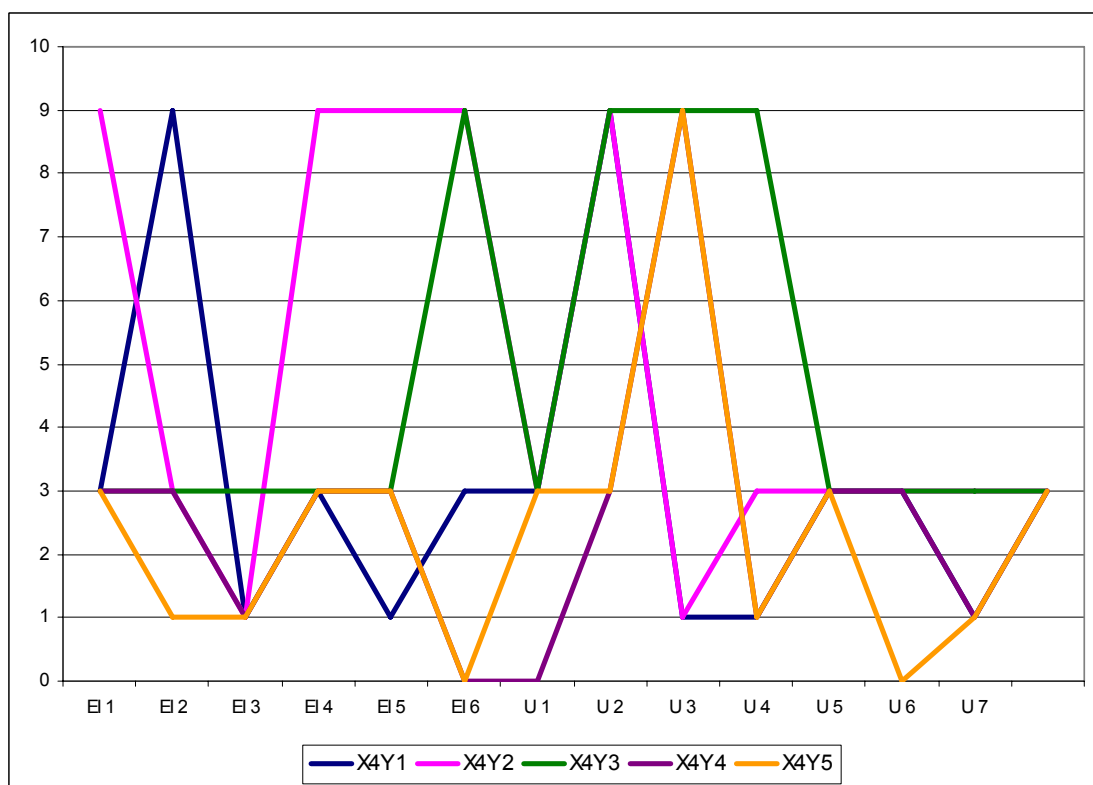
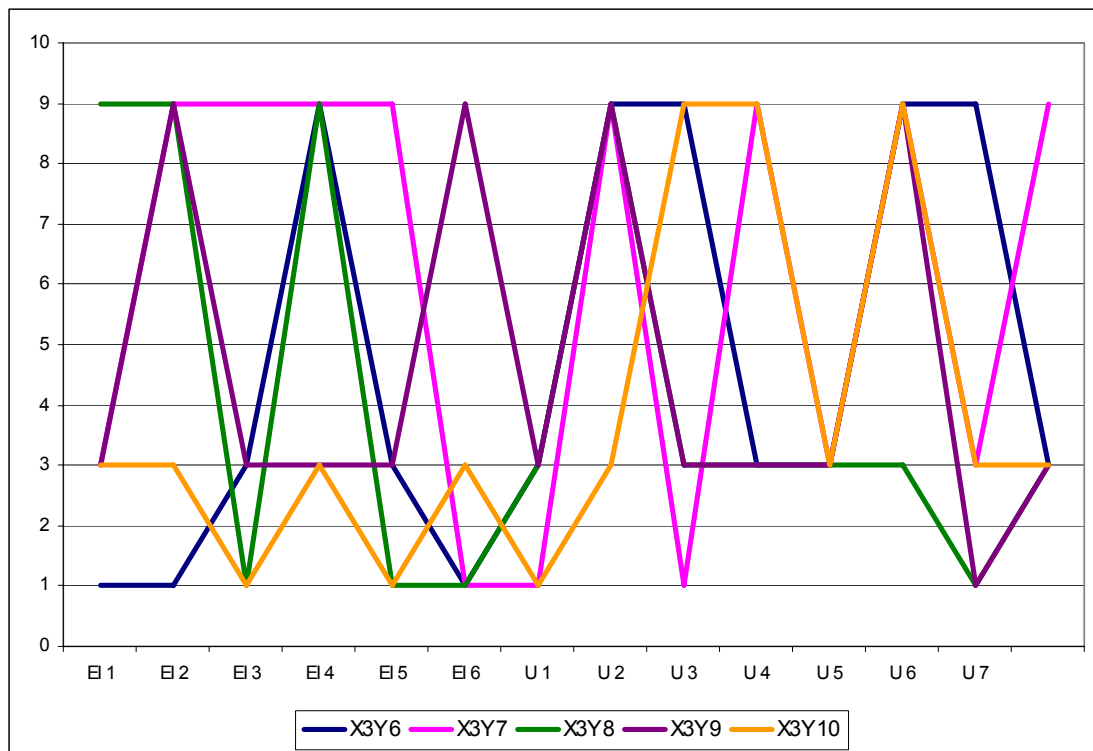


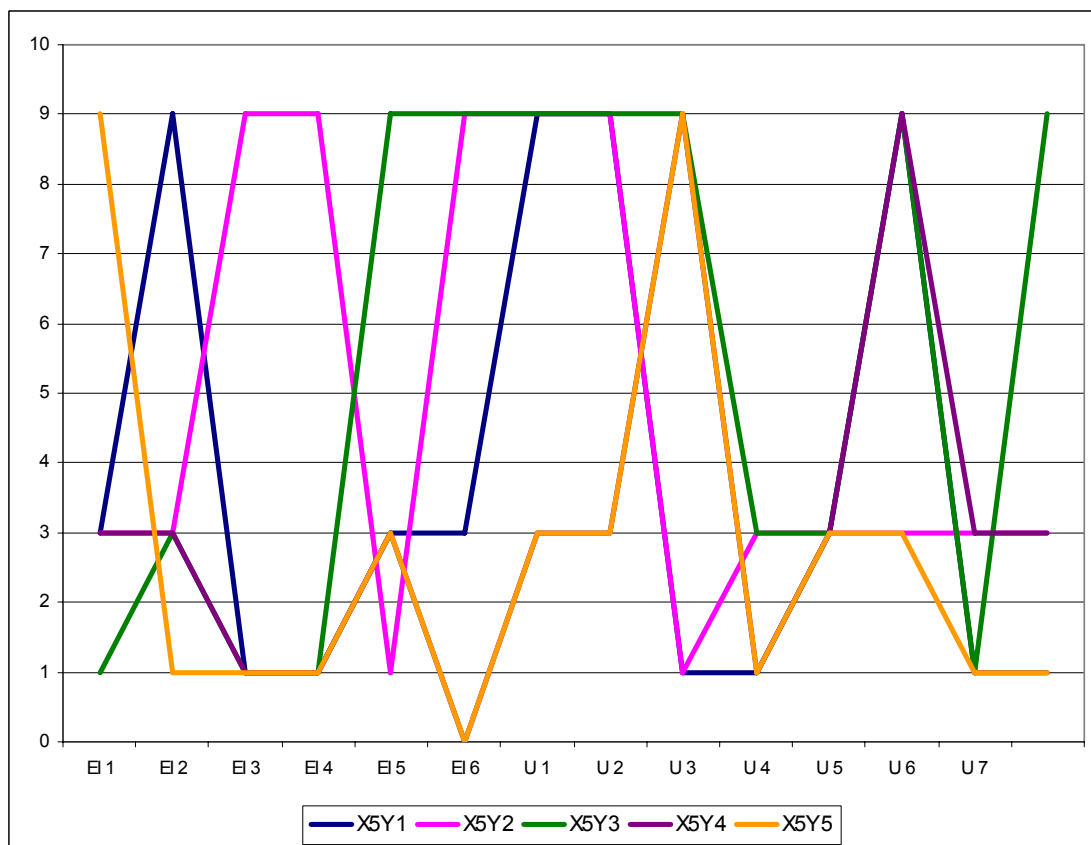
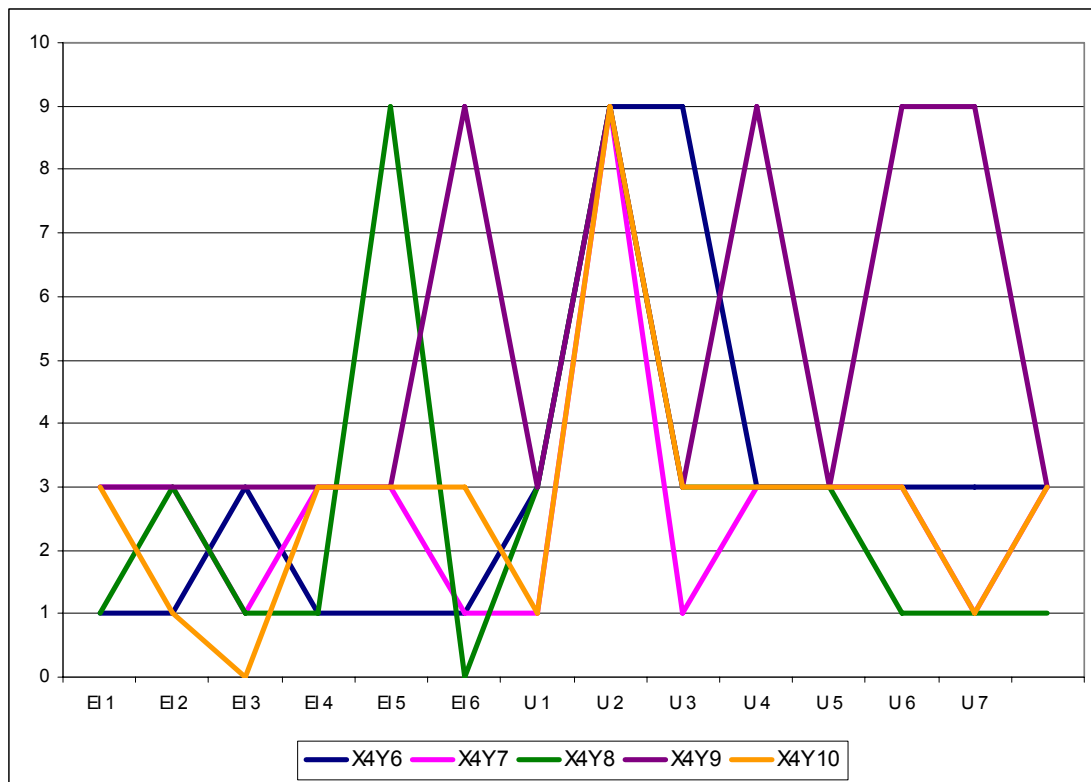
### Correlaciones de la Matriz 3

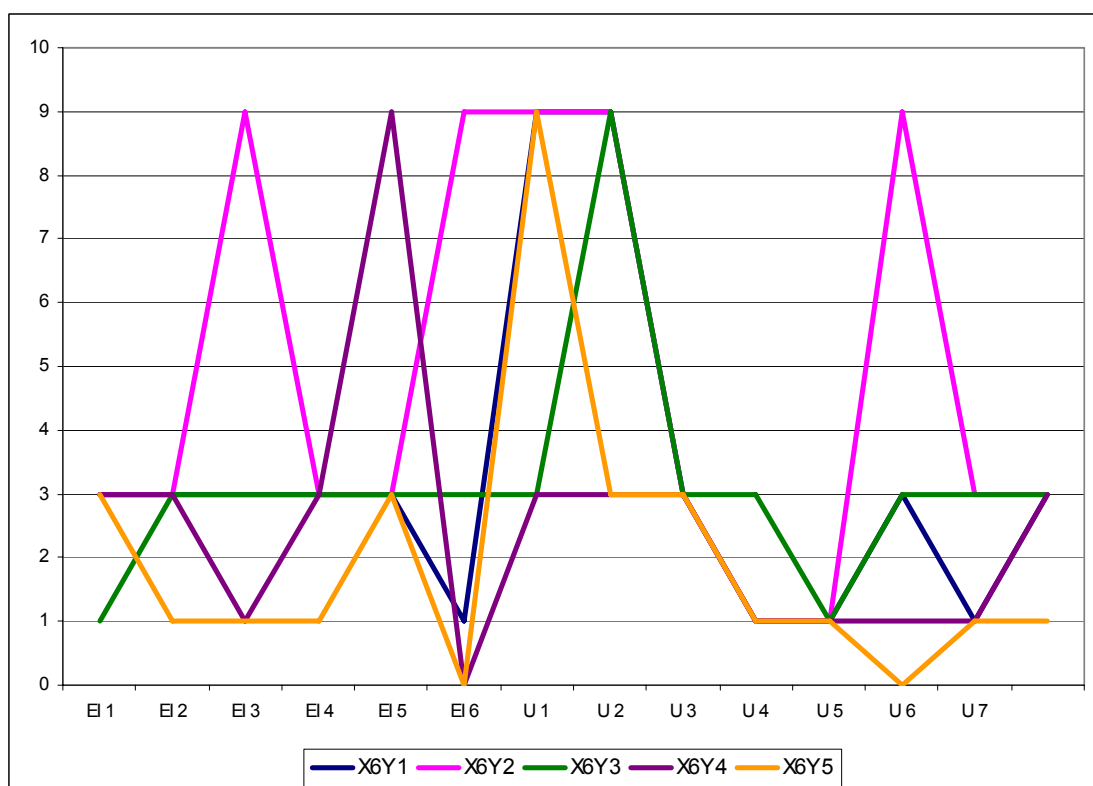
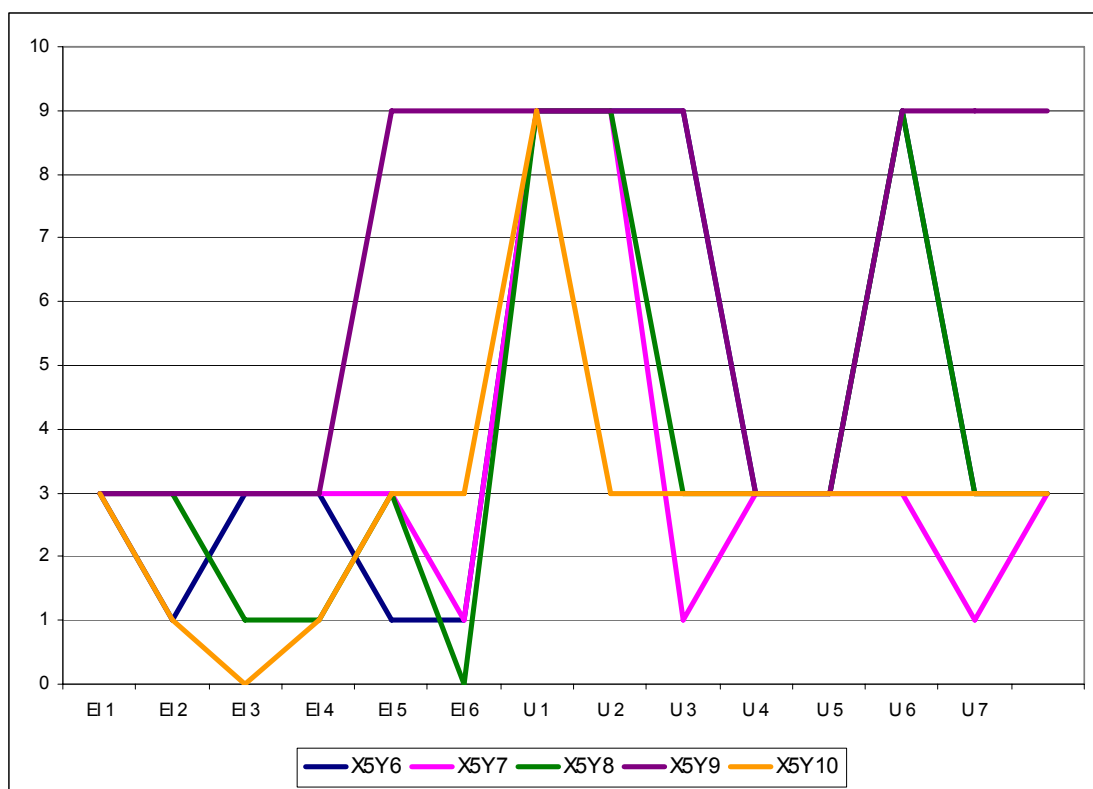


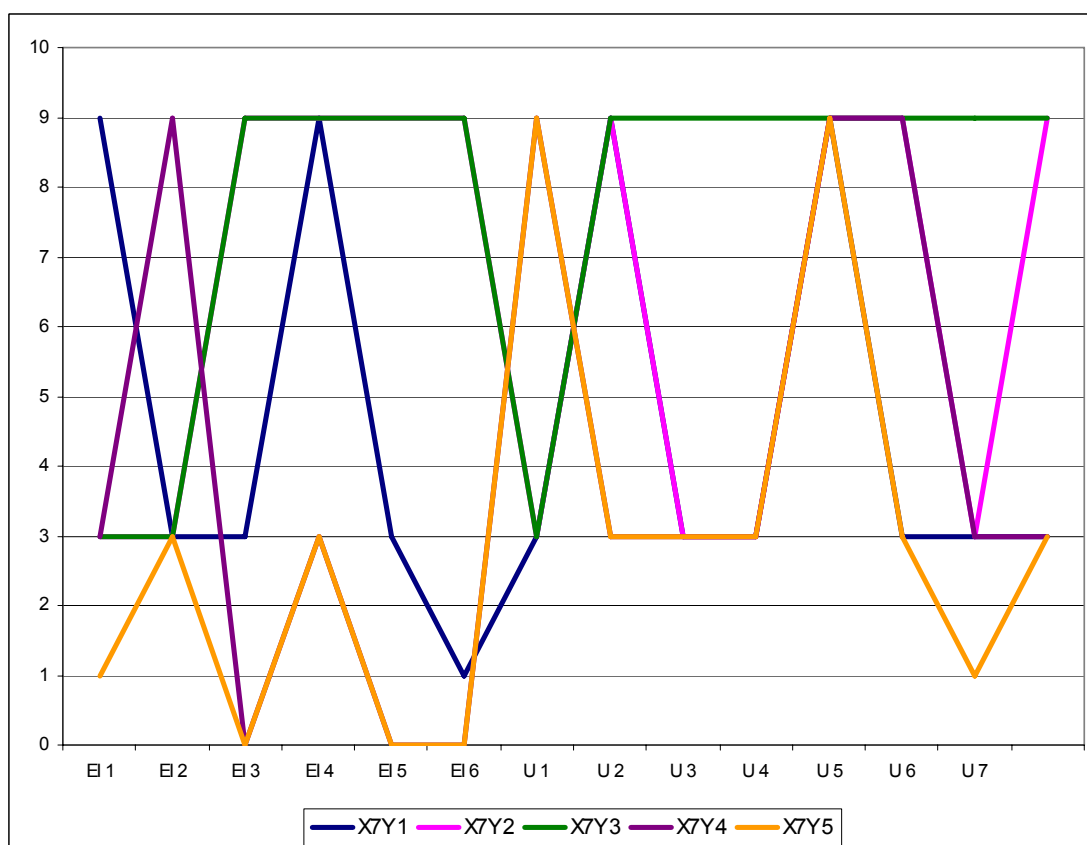
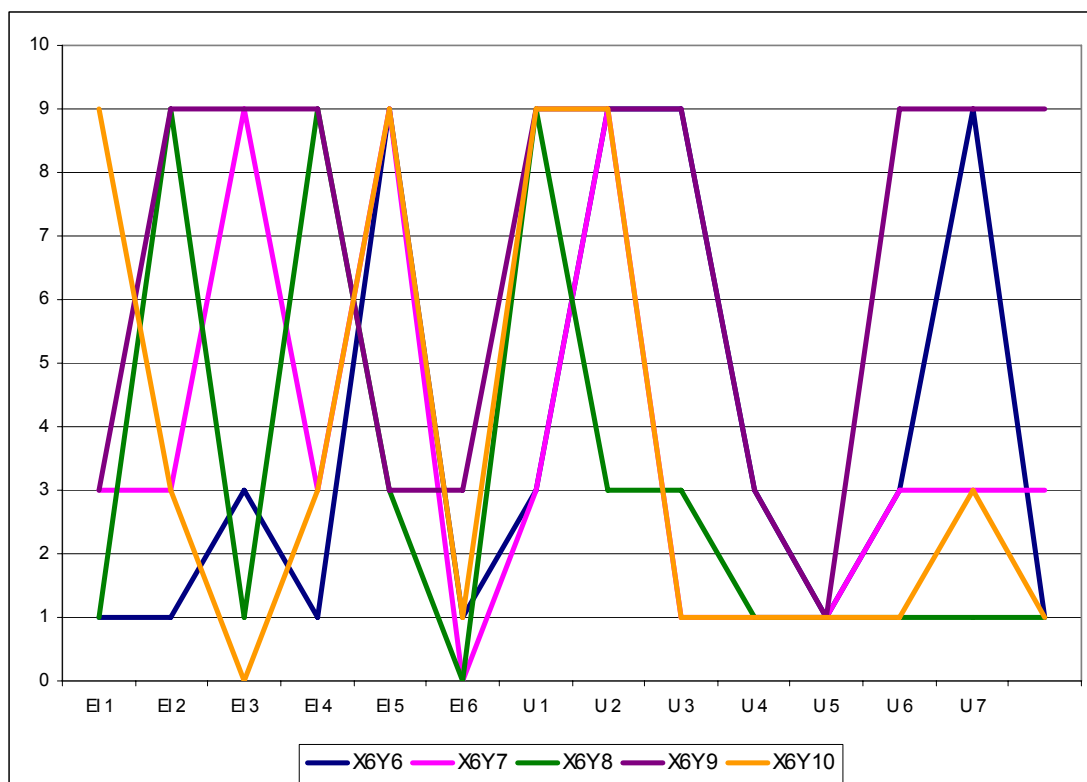


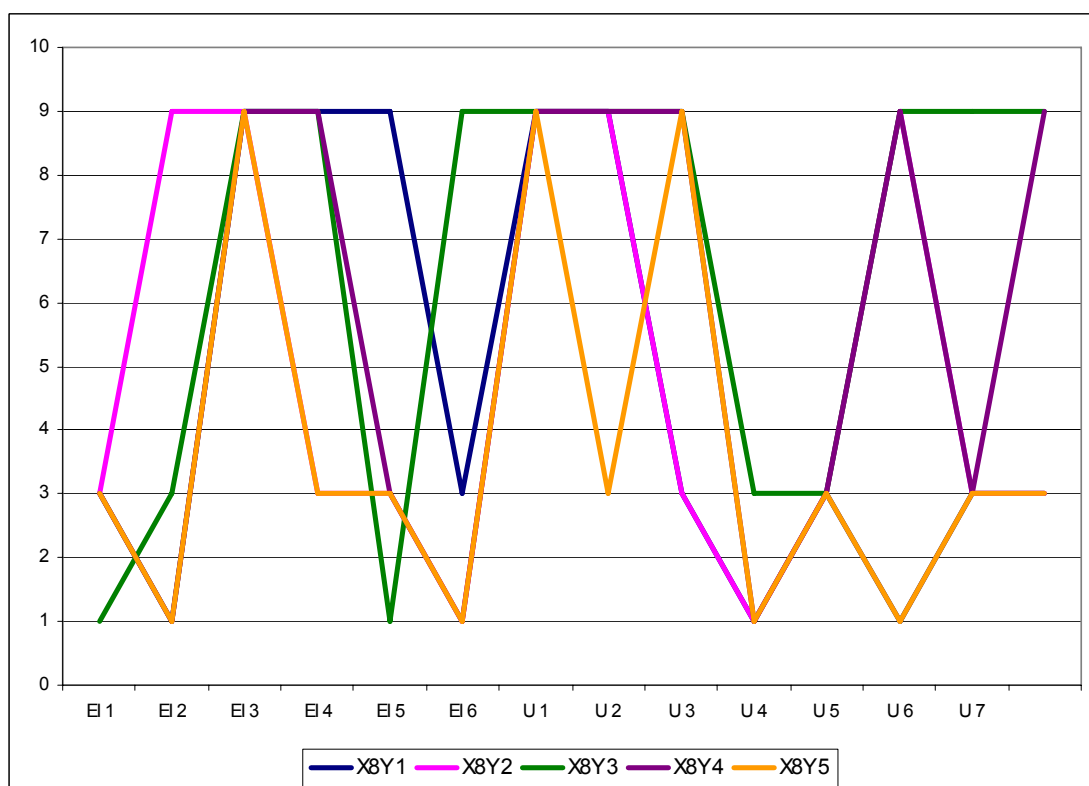
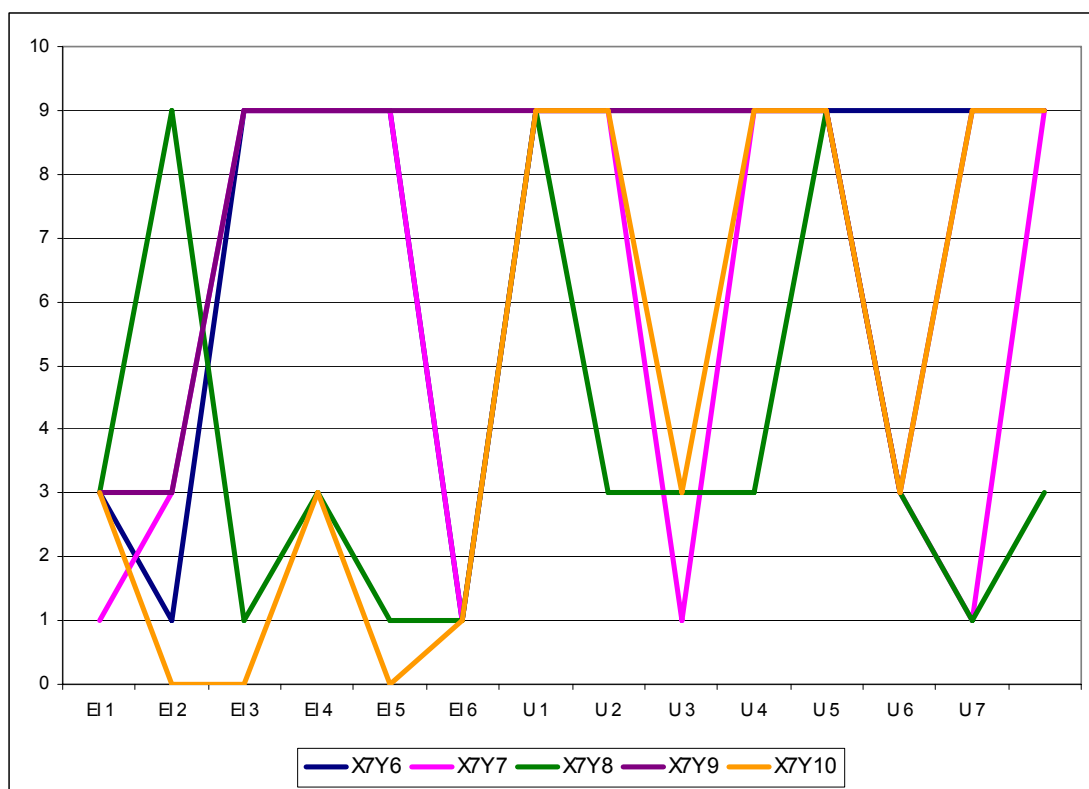


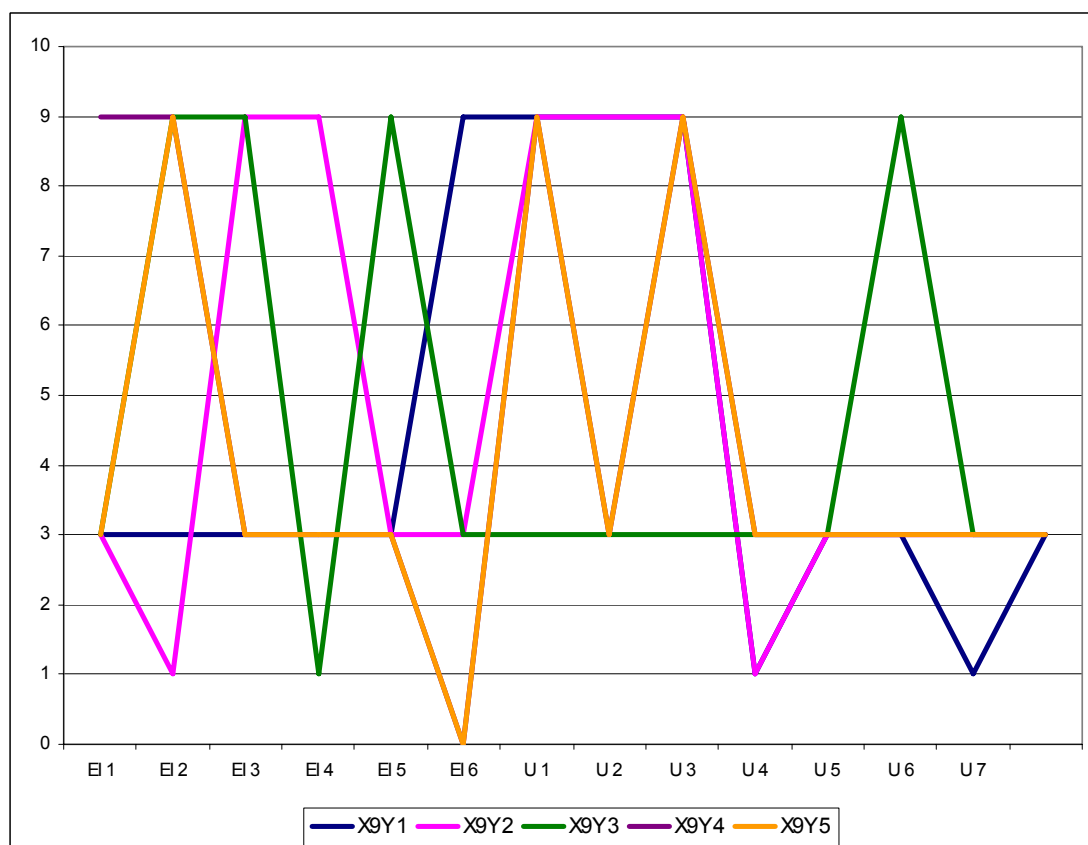
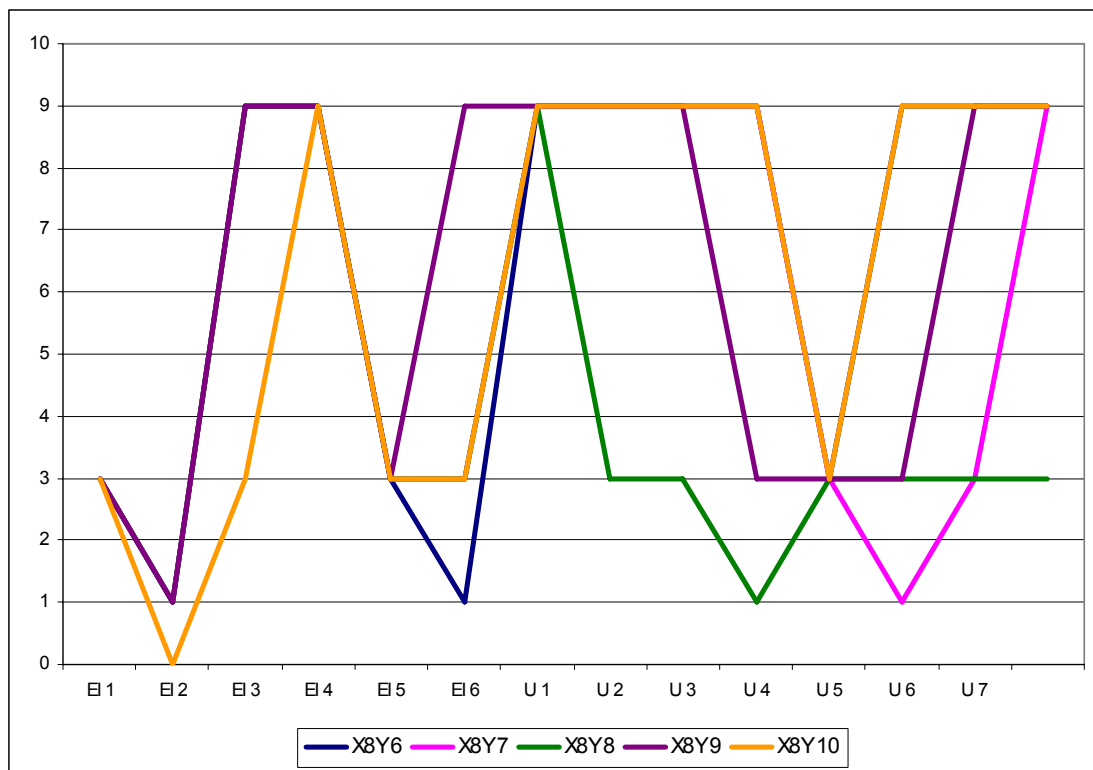


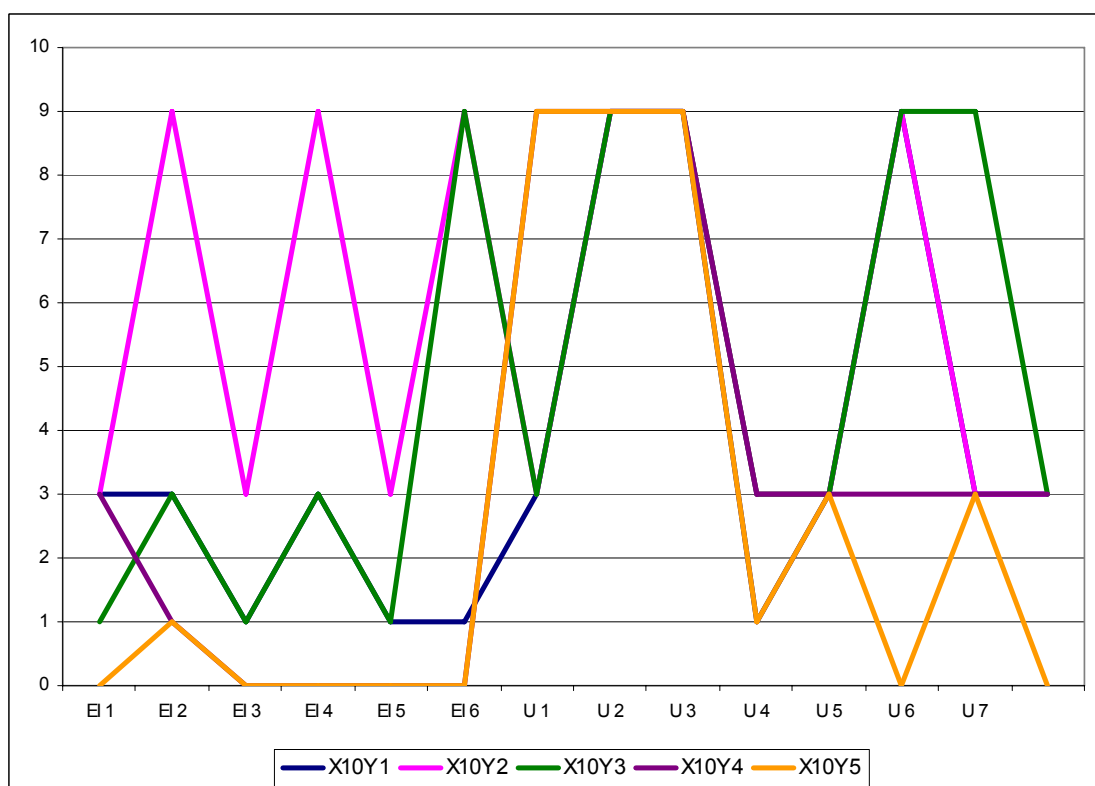
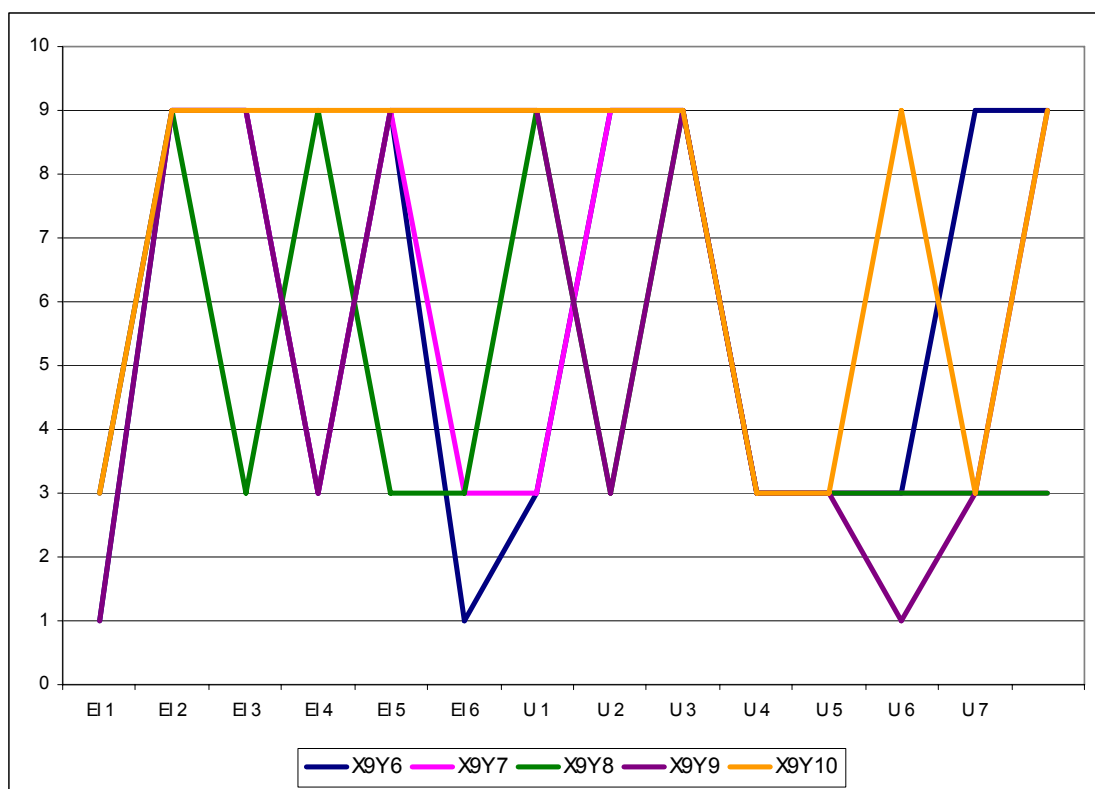




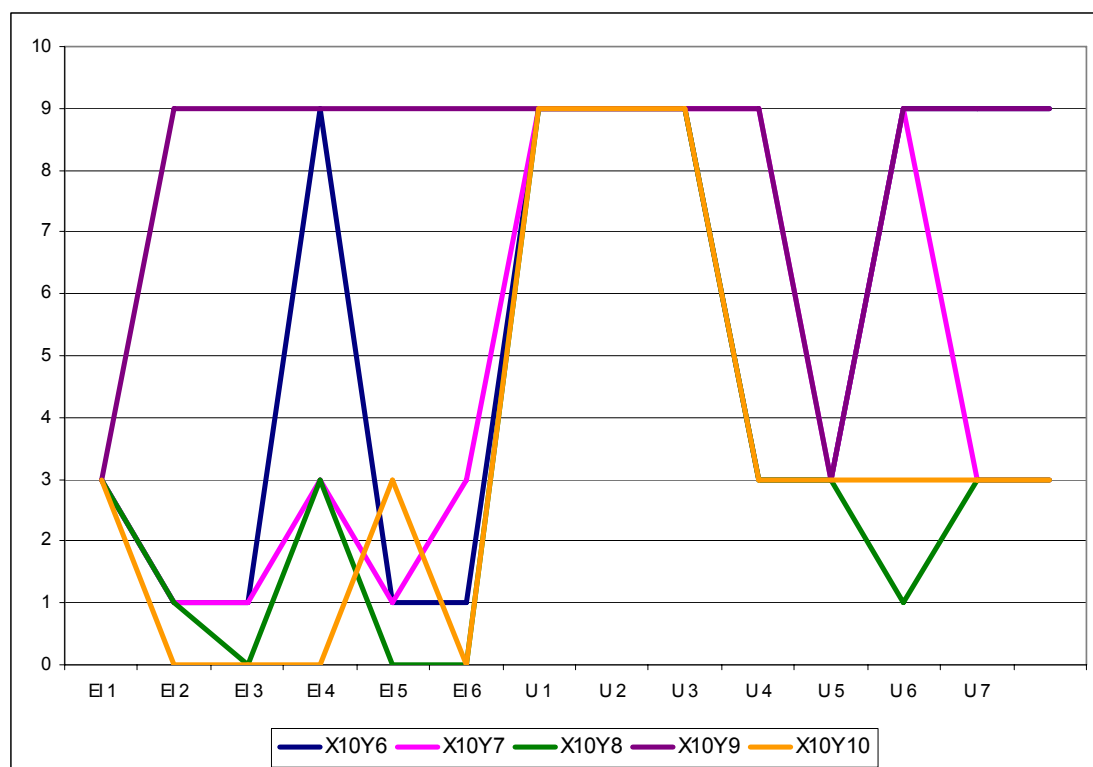




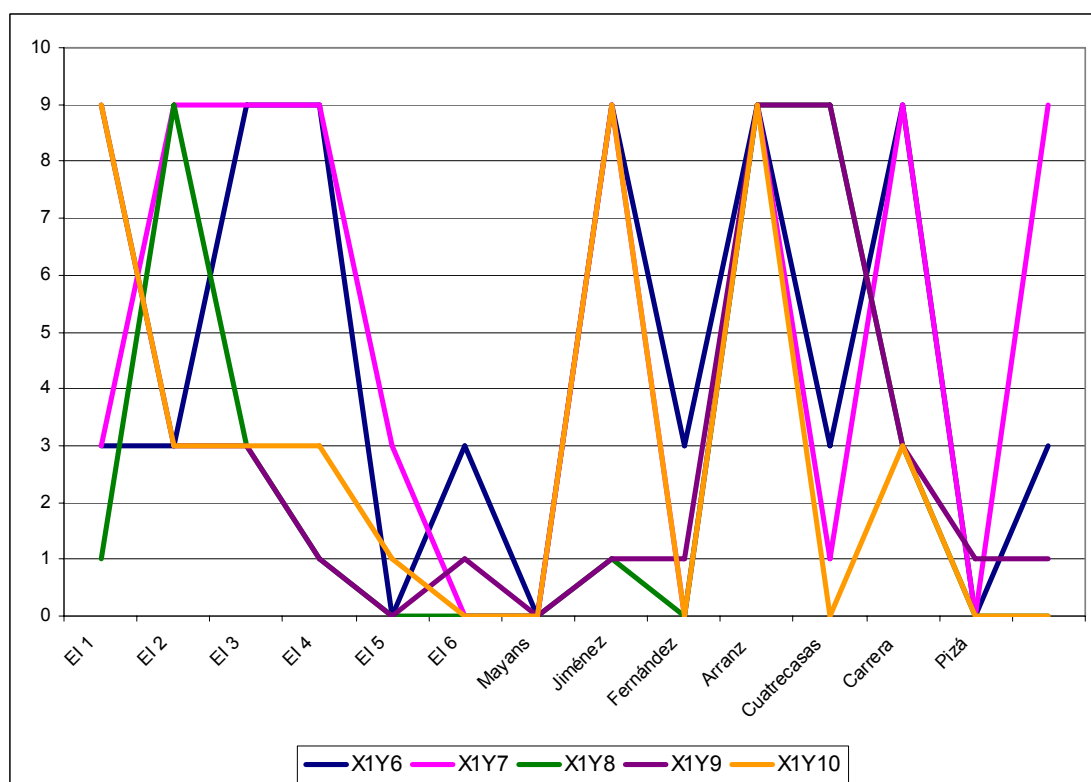


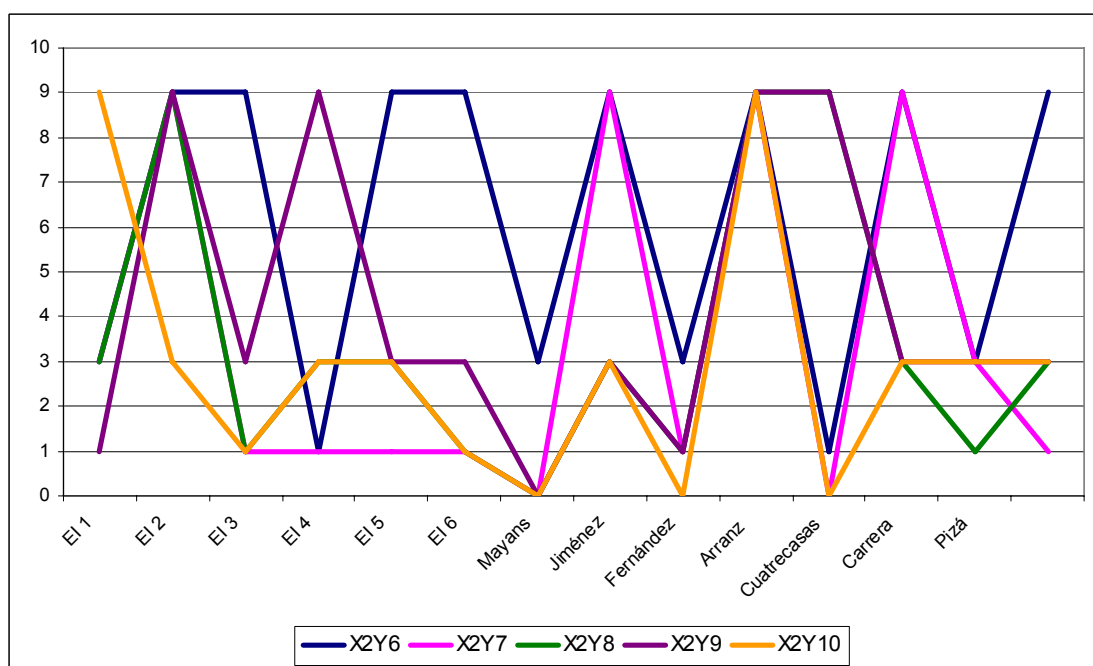
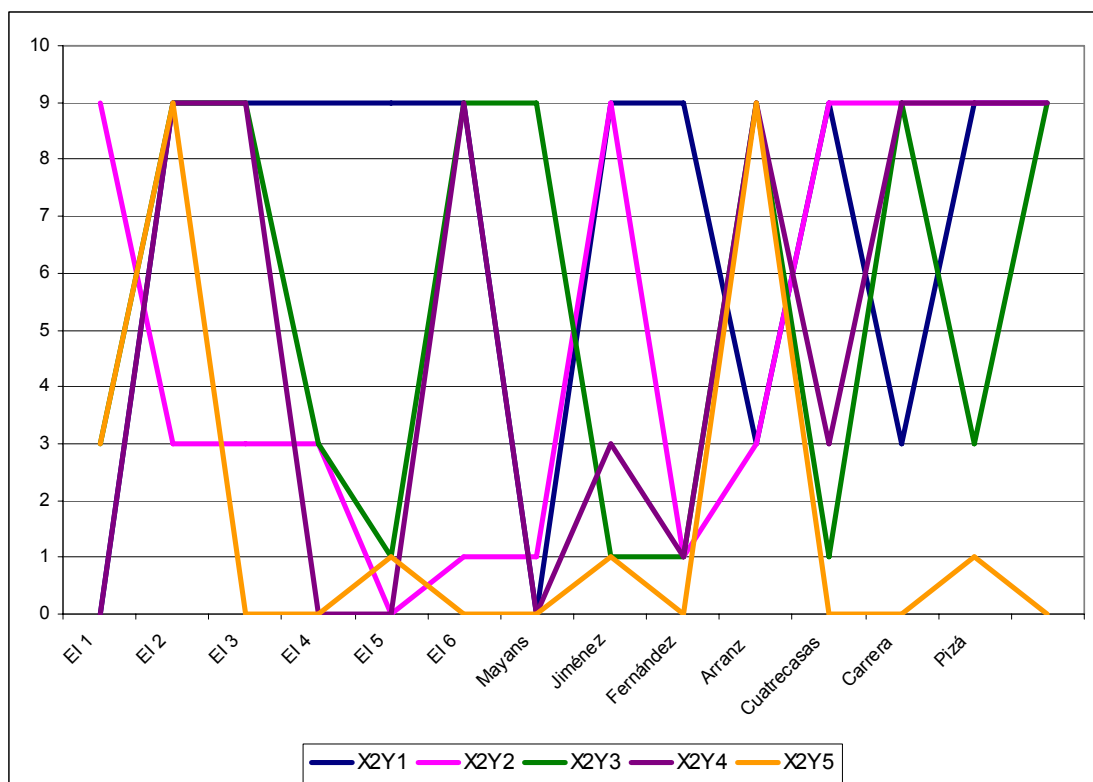


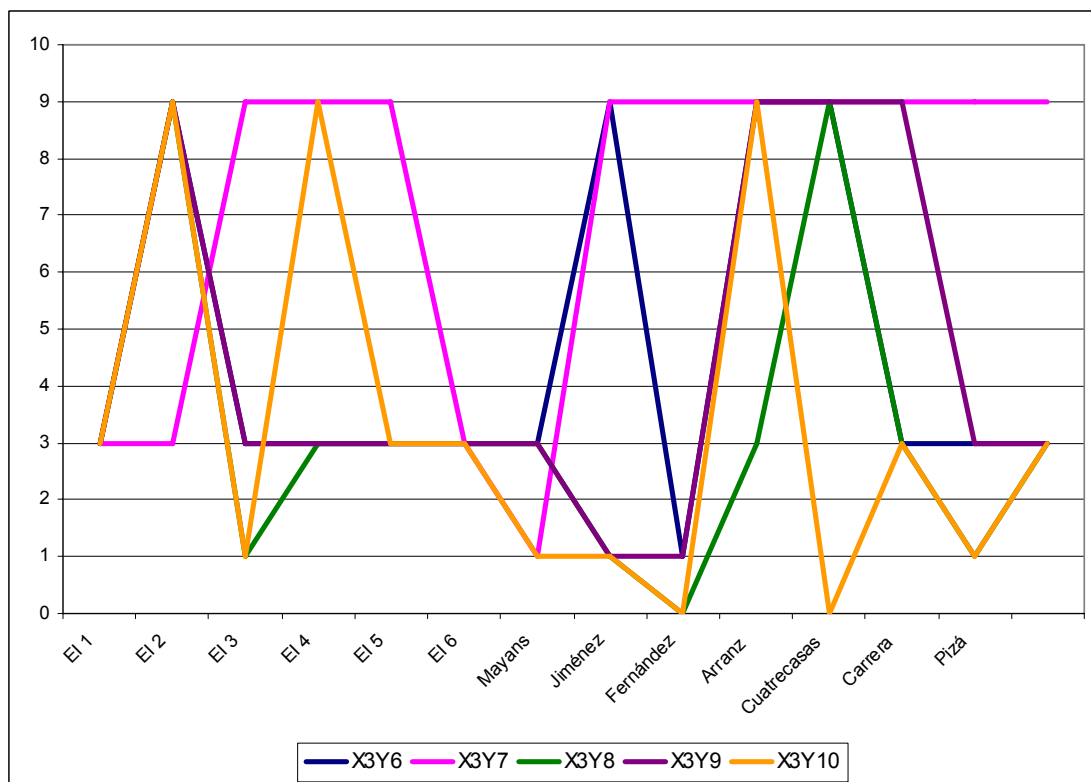
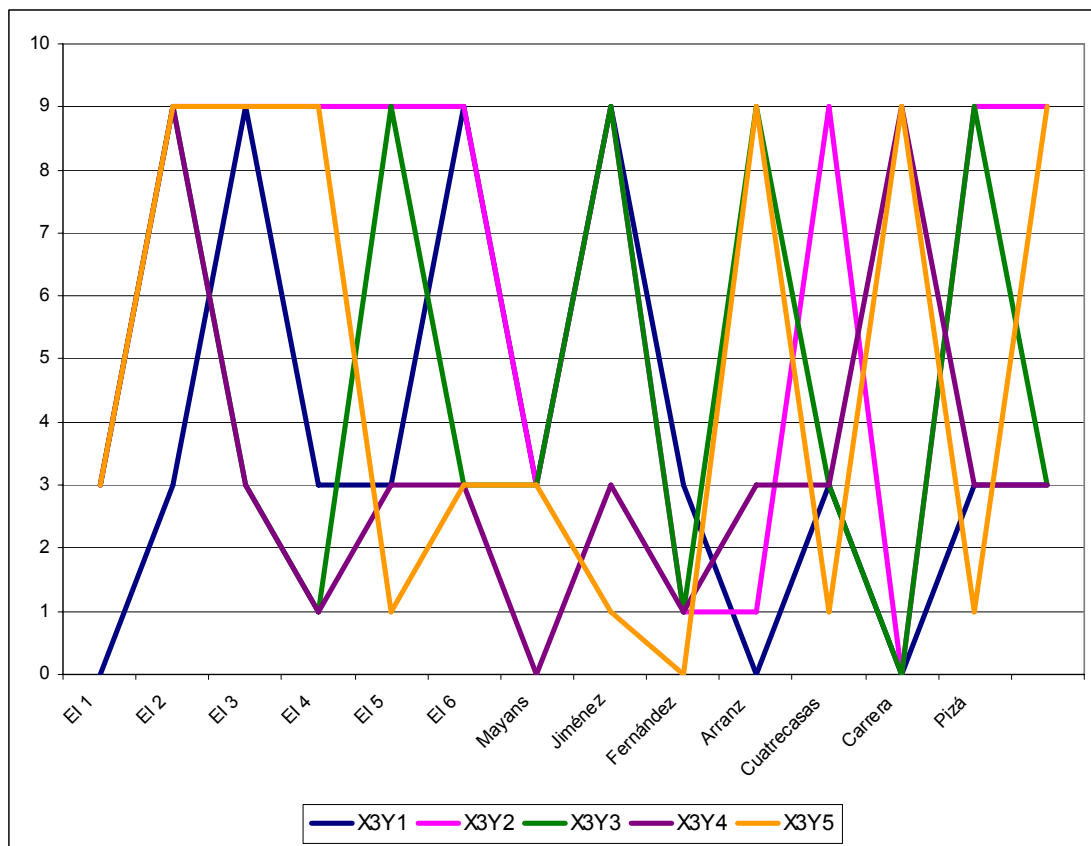


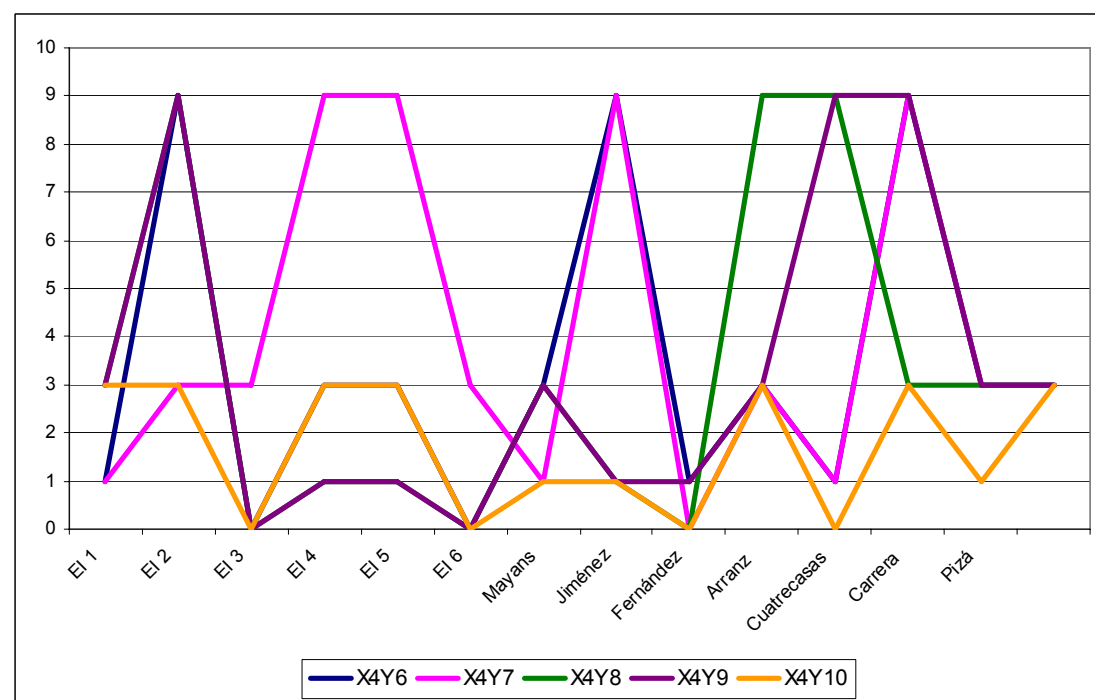
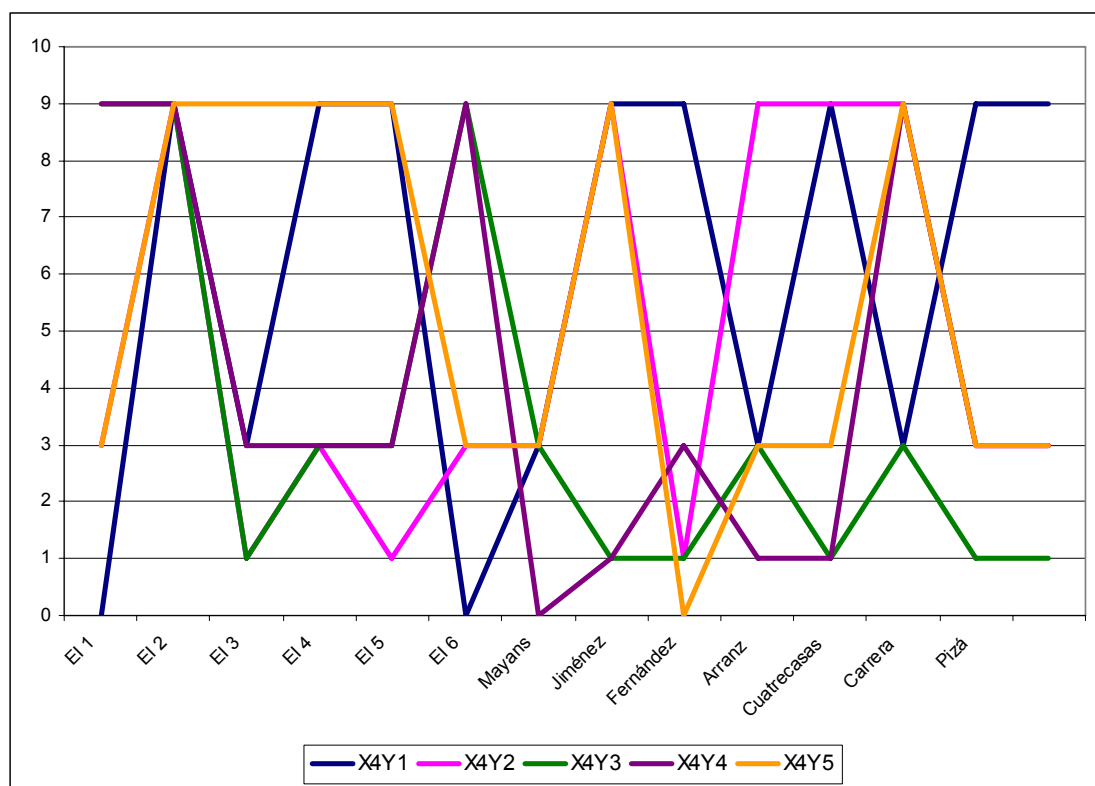


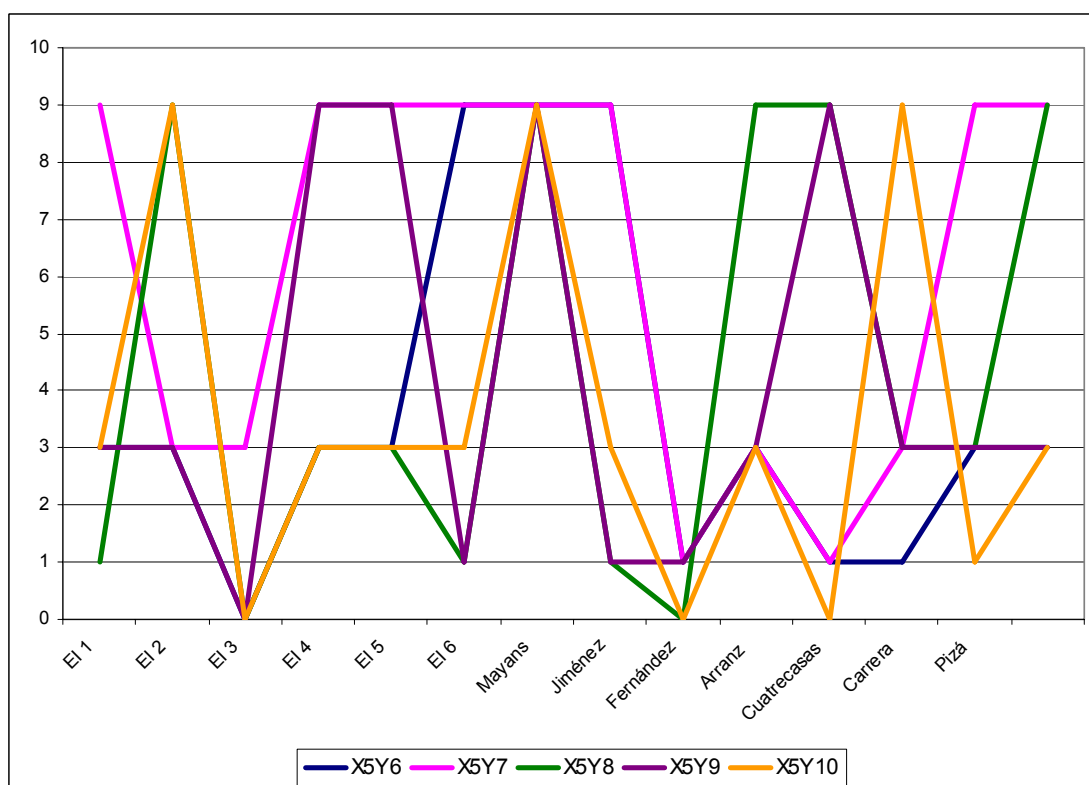
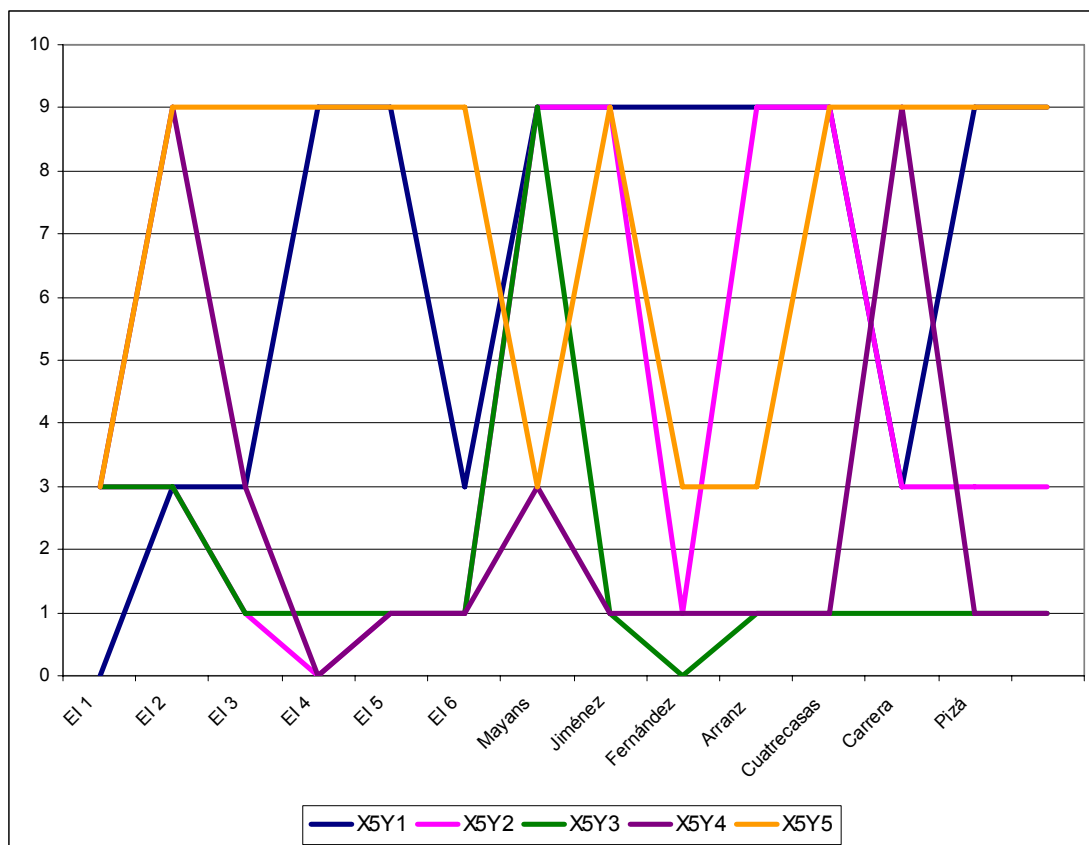
**Correlaciones de la Matriz 4**

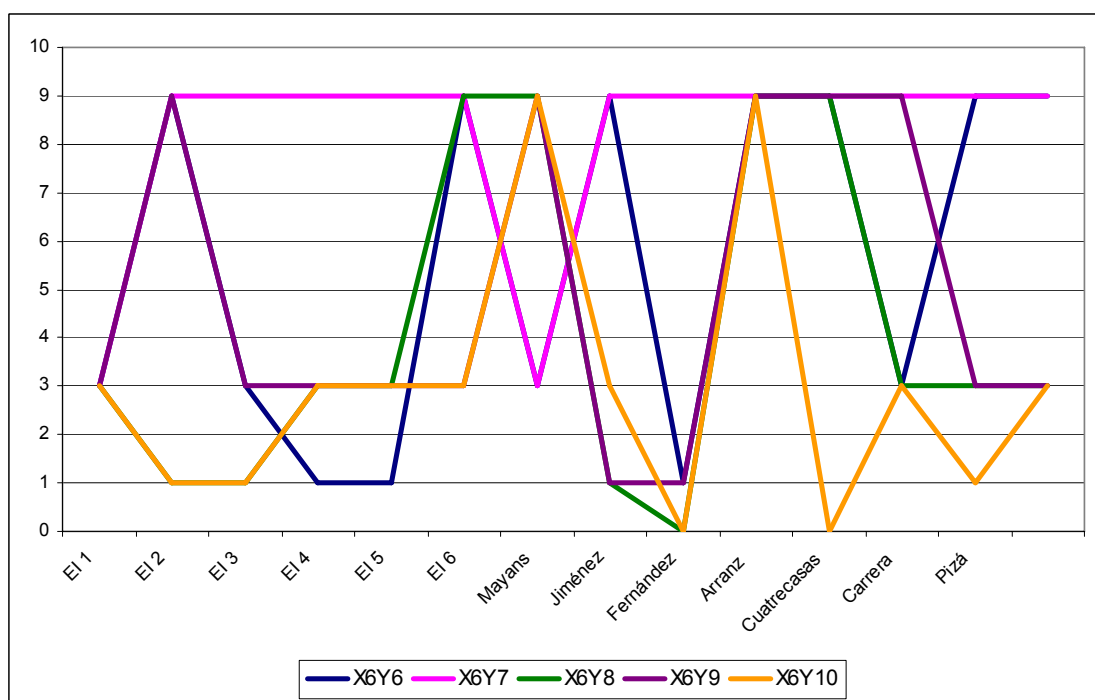
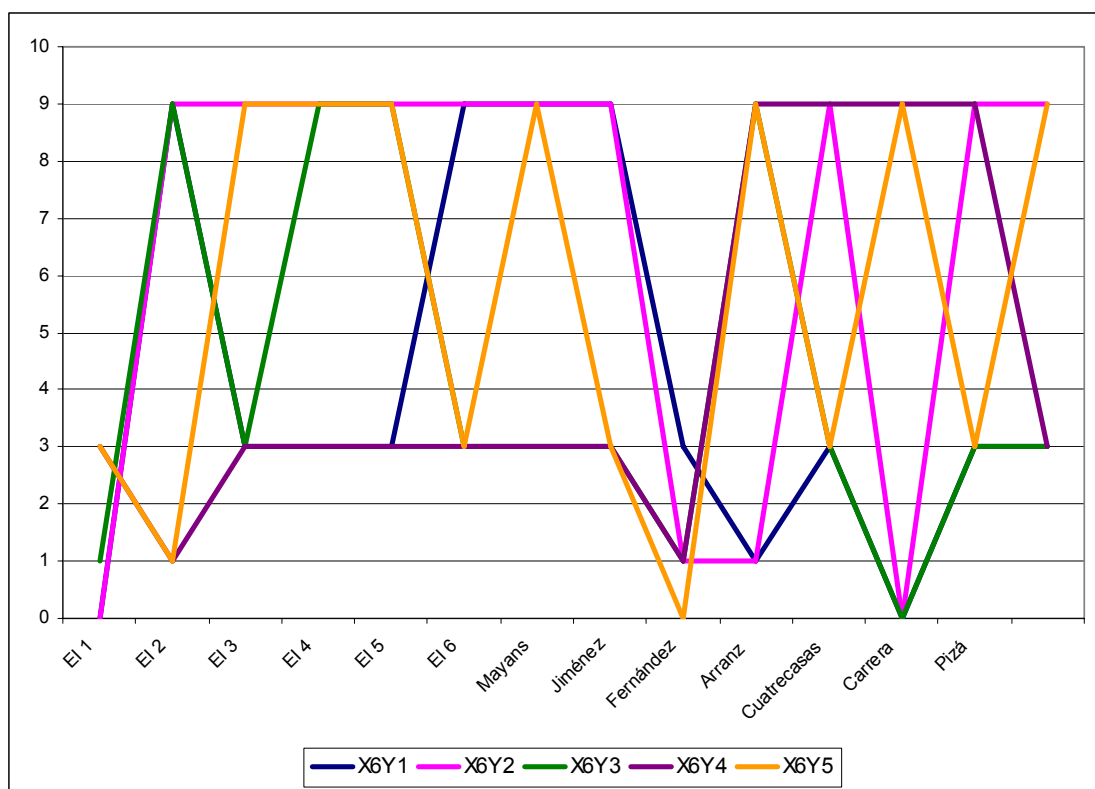


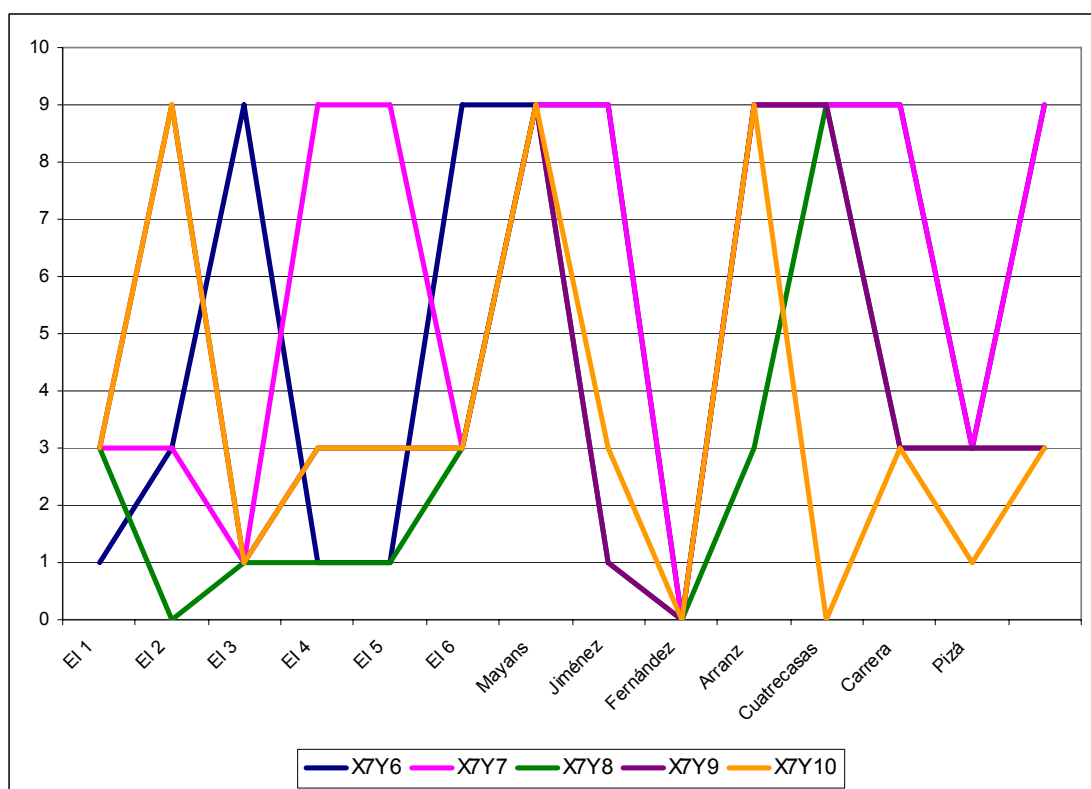
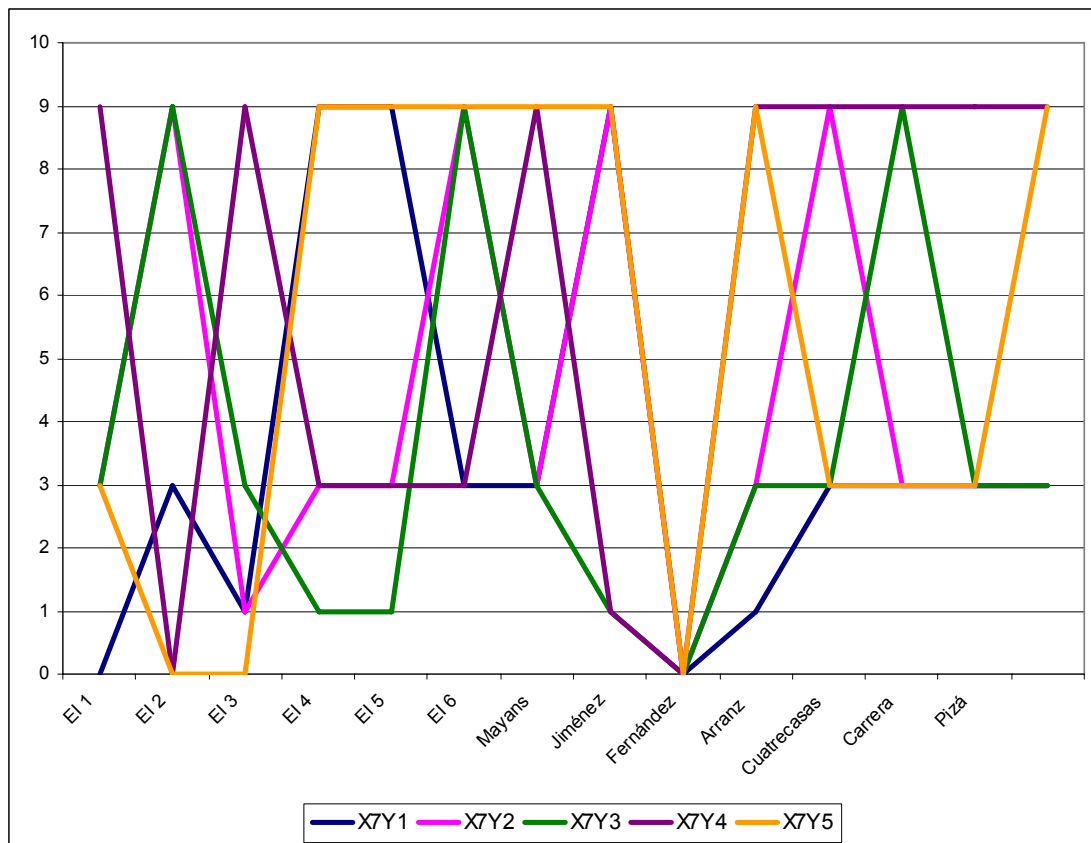


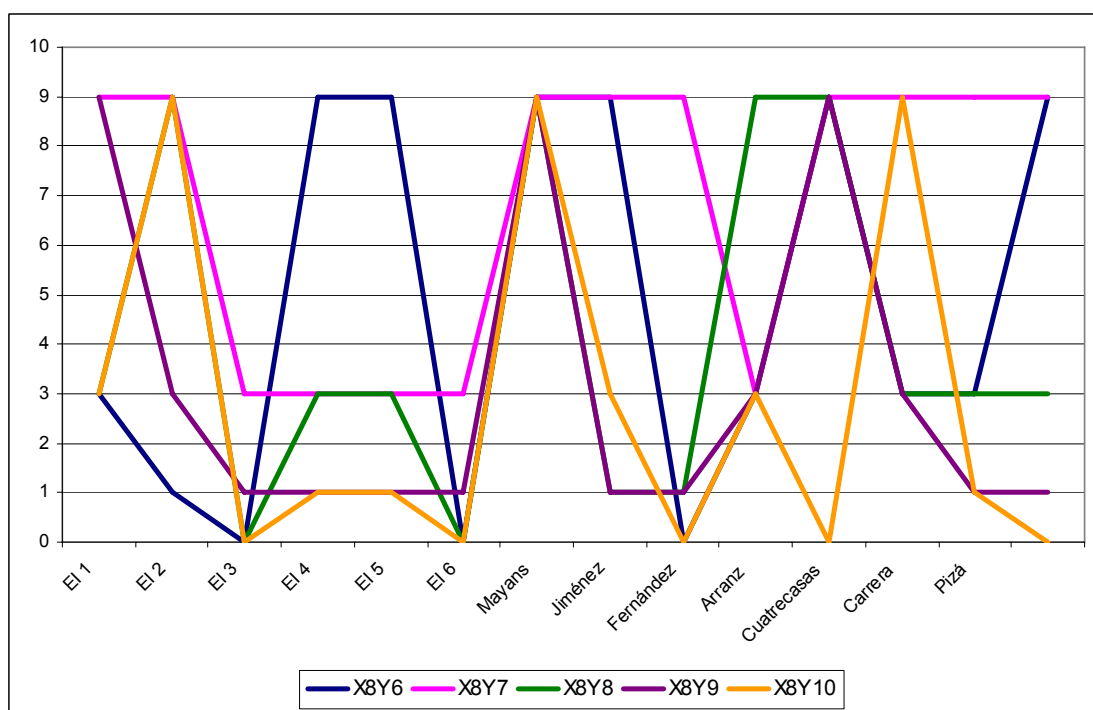
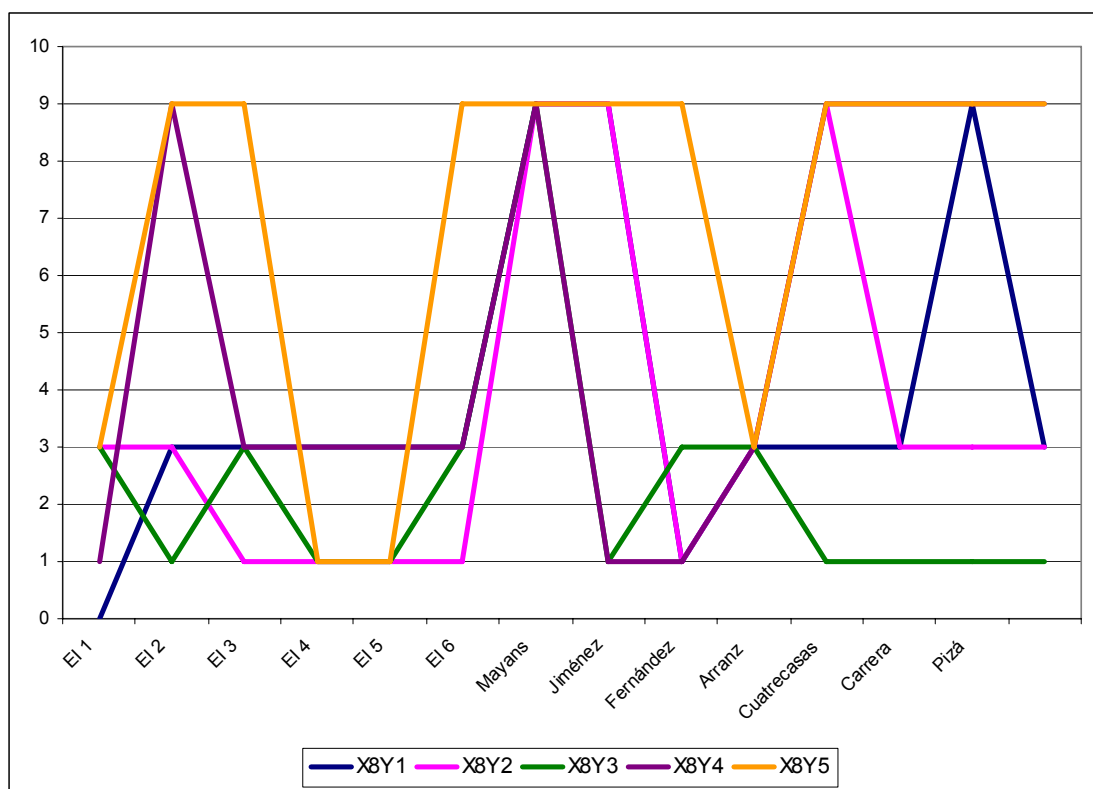




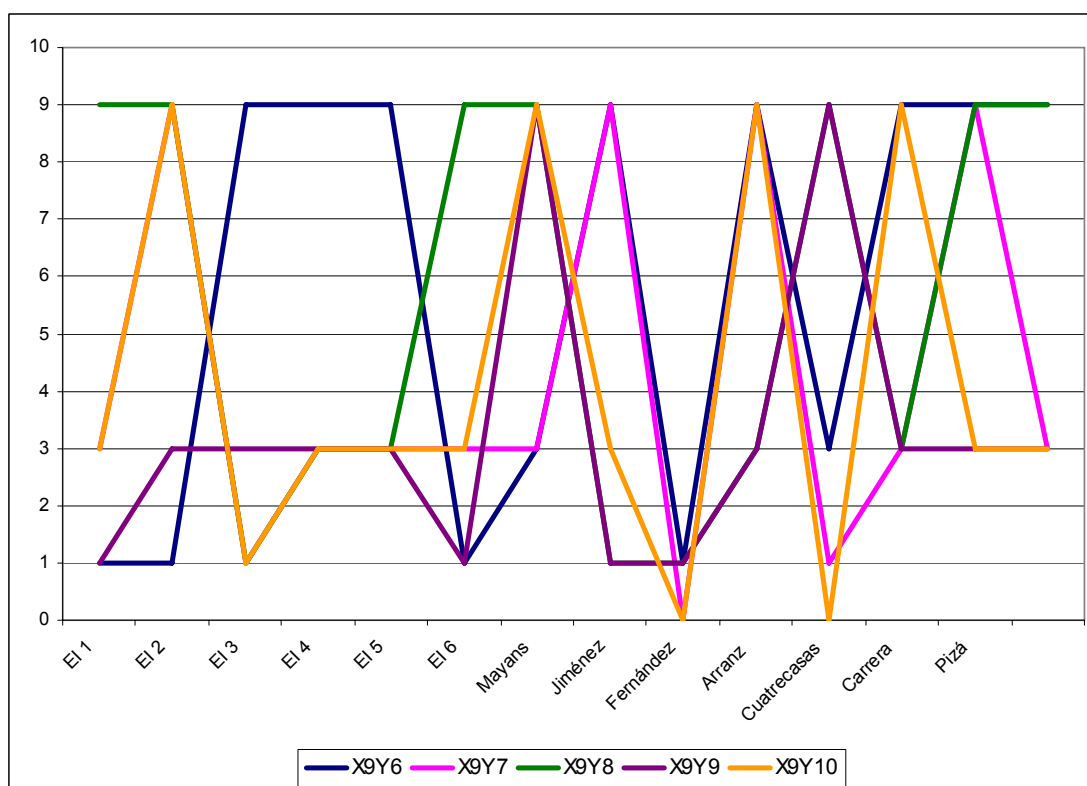
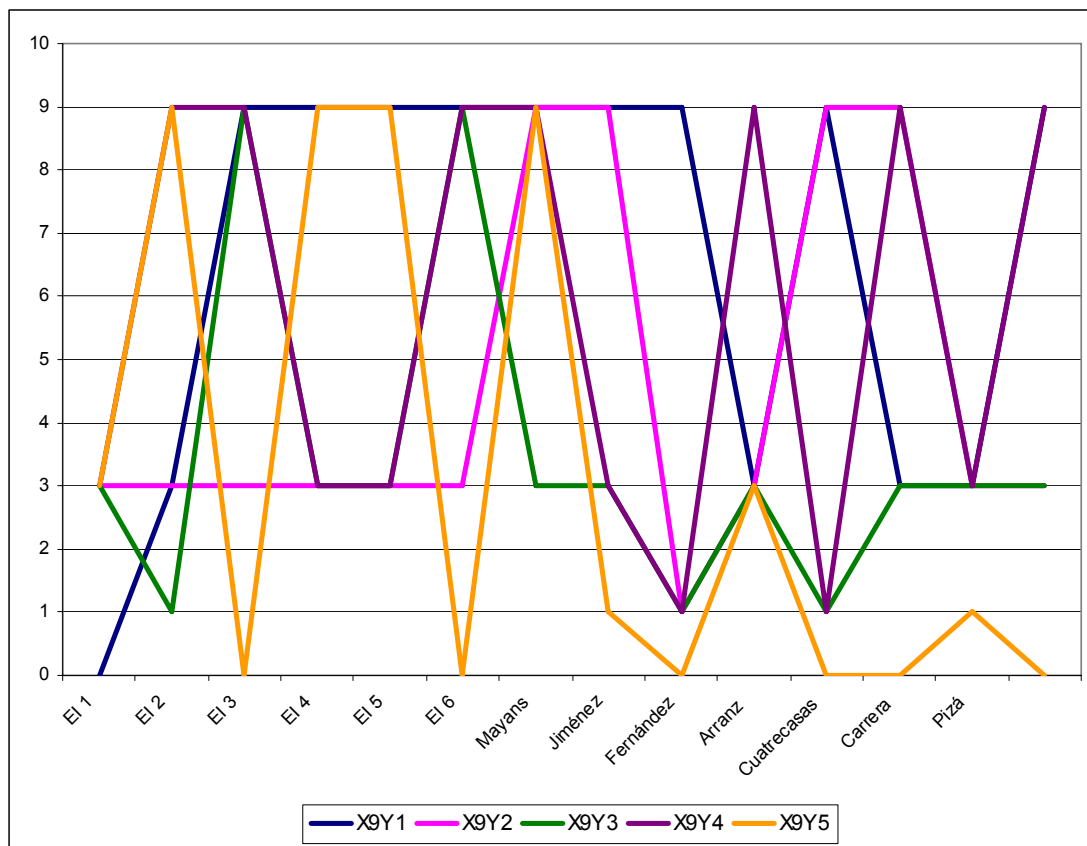


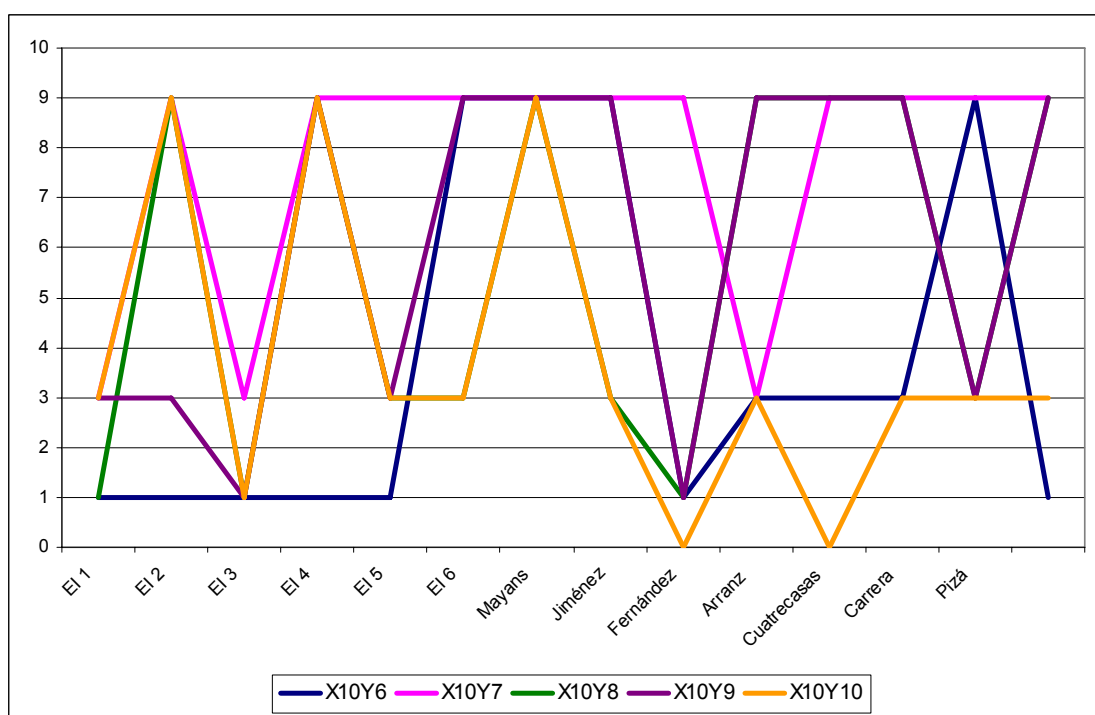
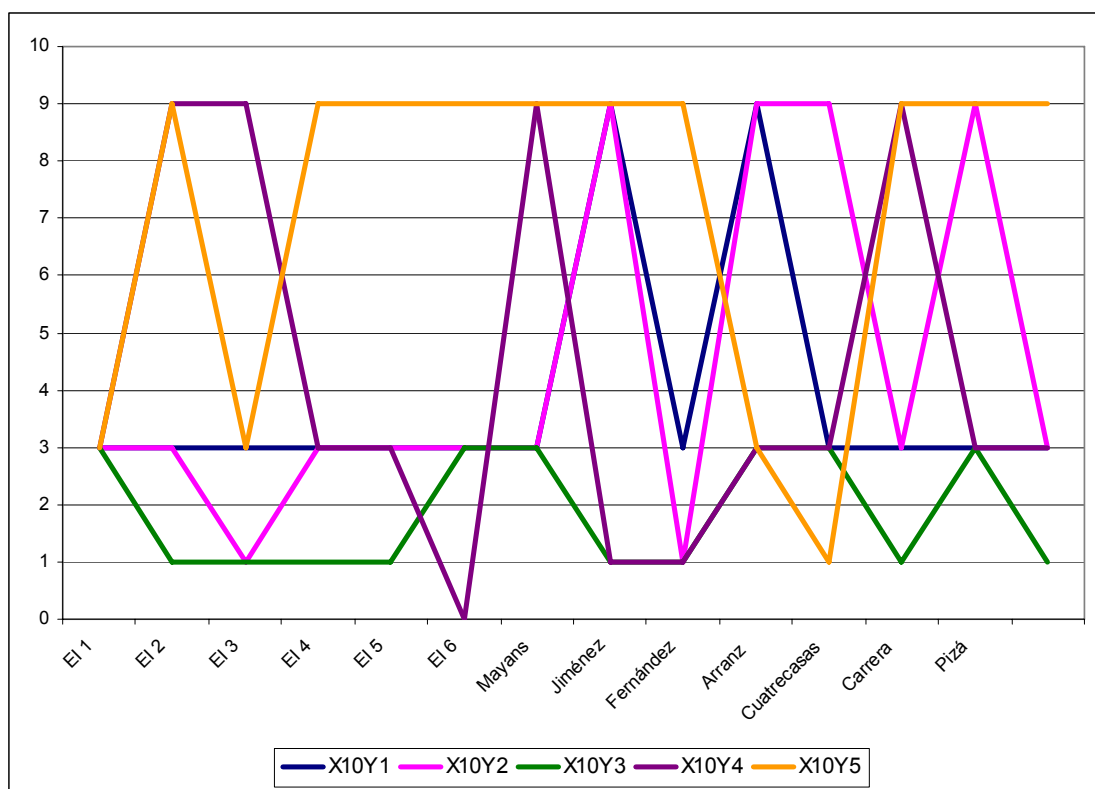




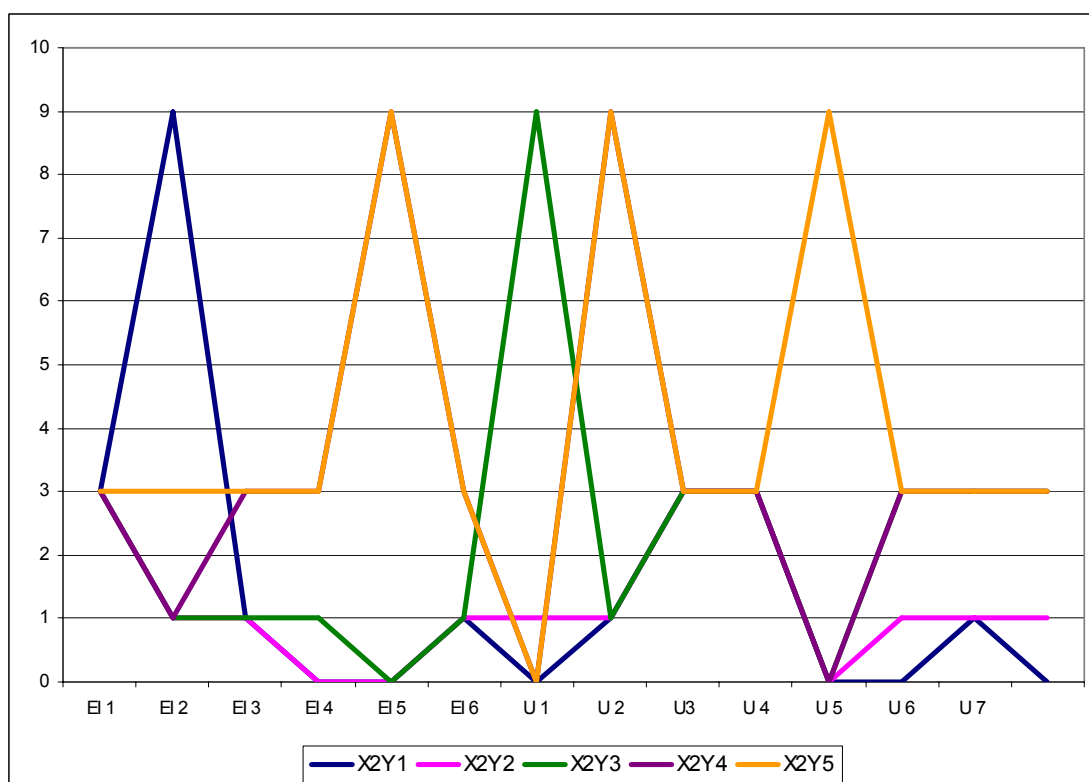
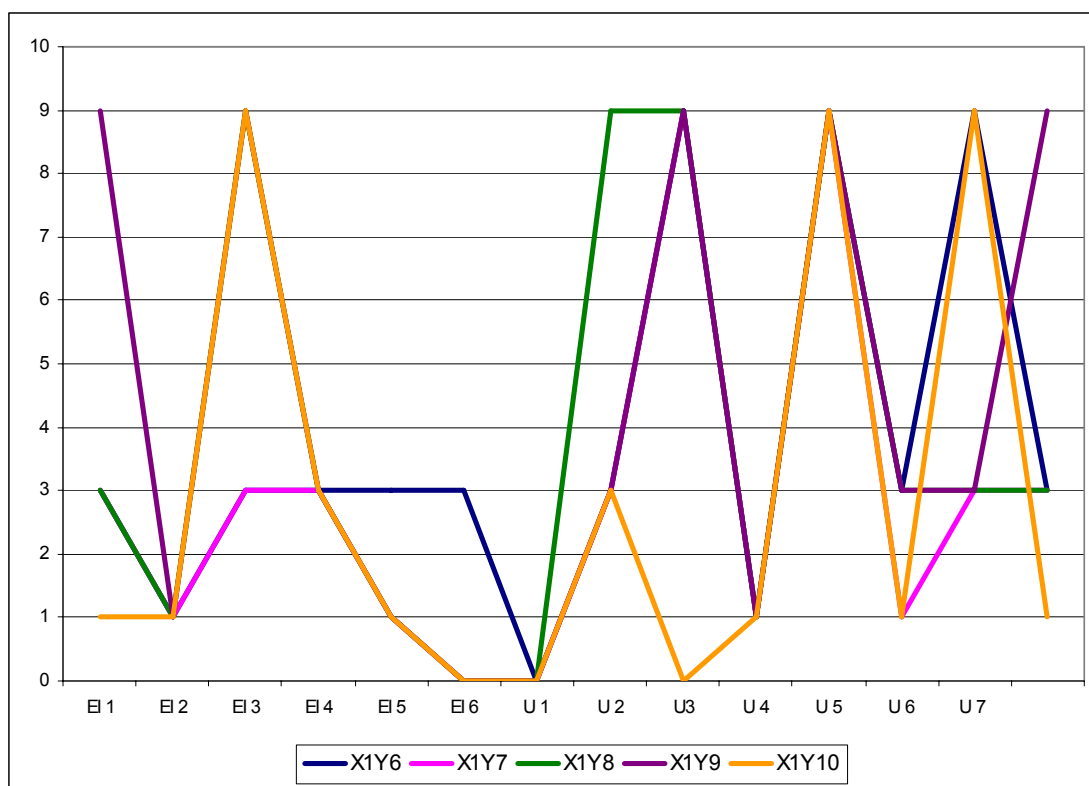


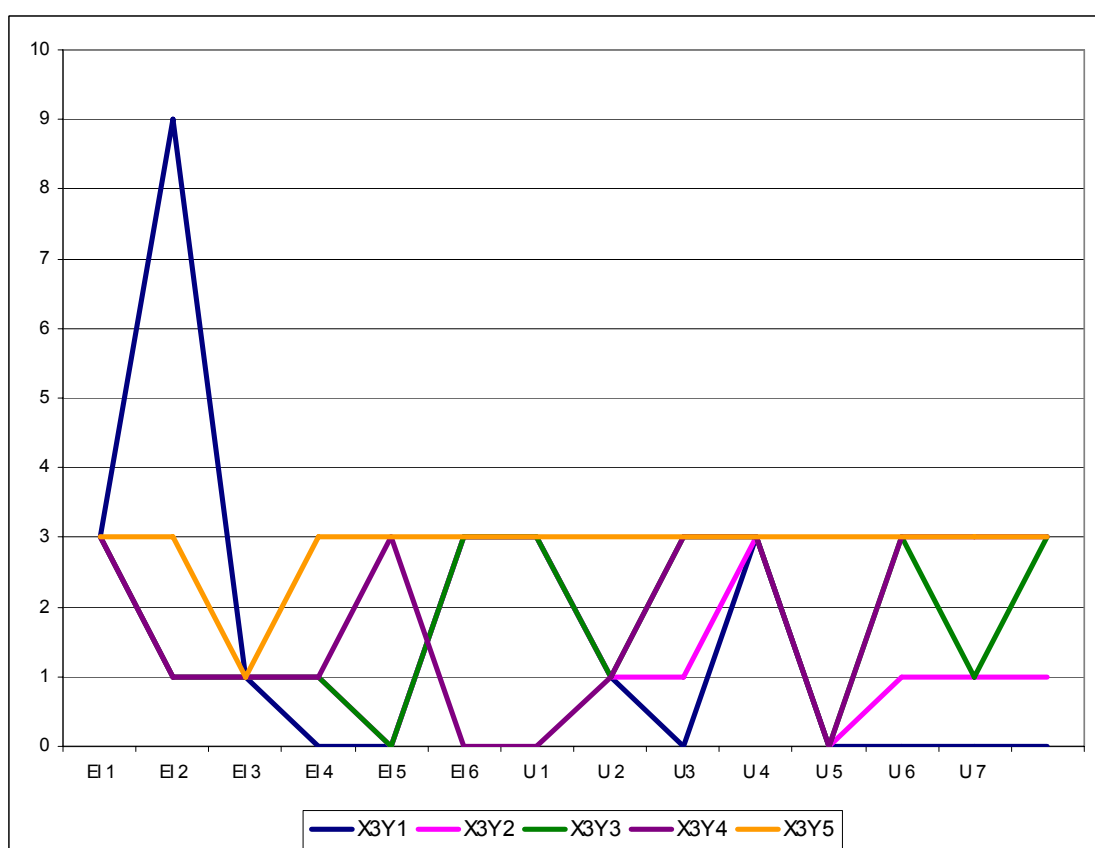
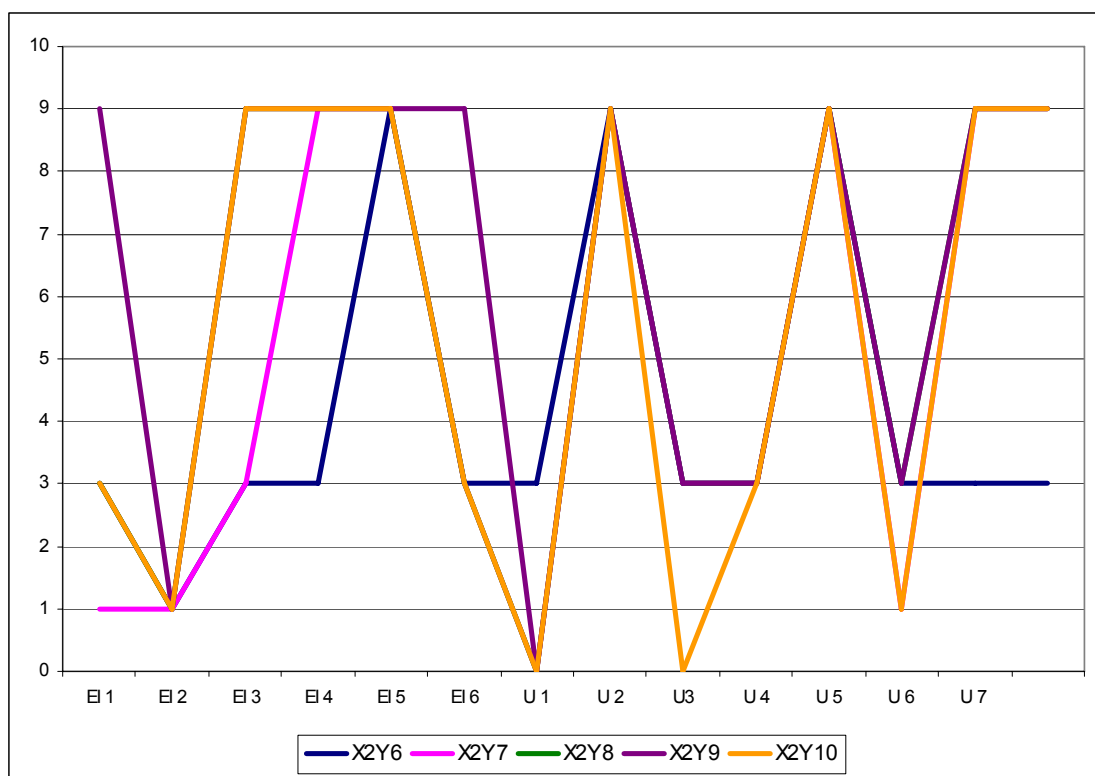


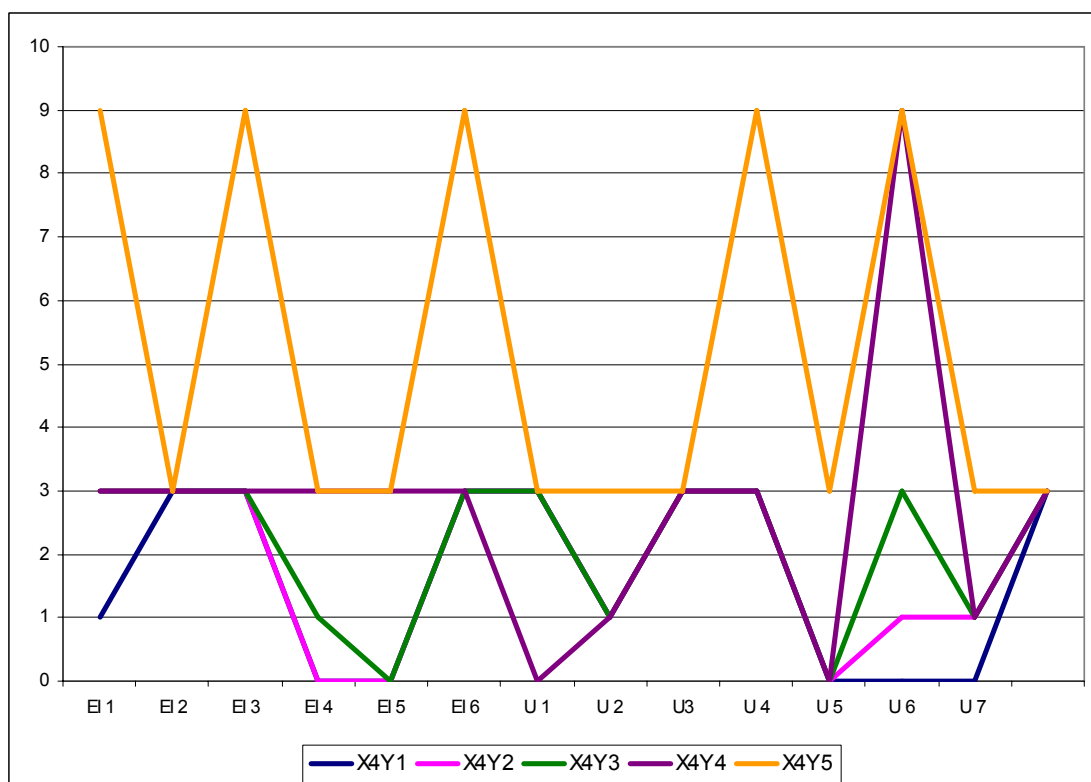
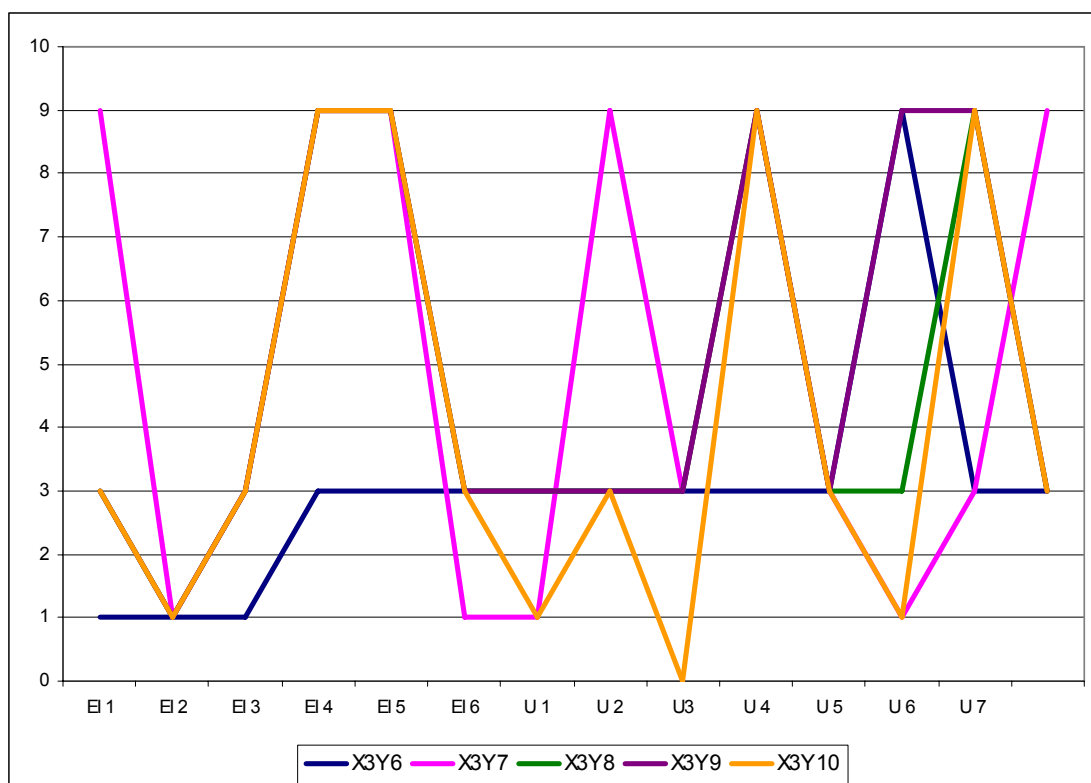


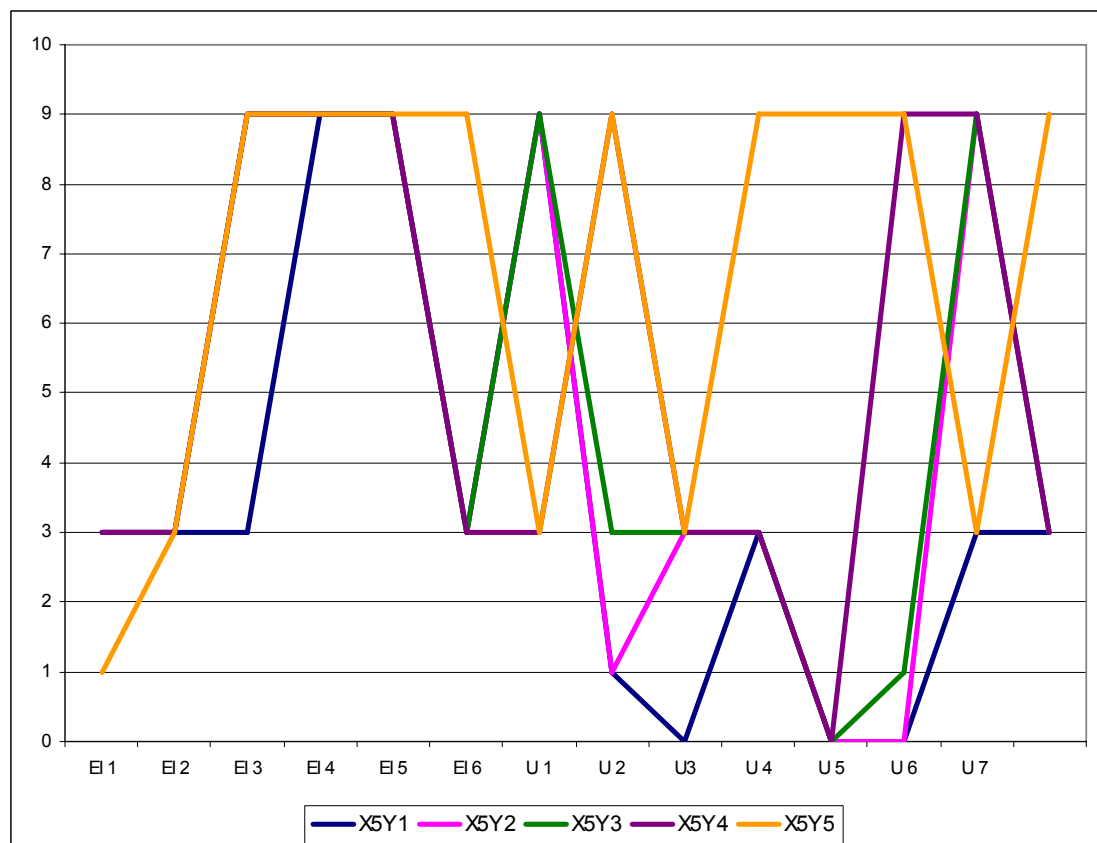
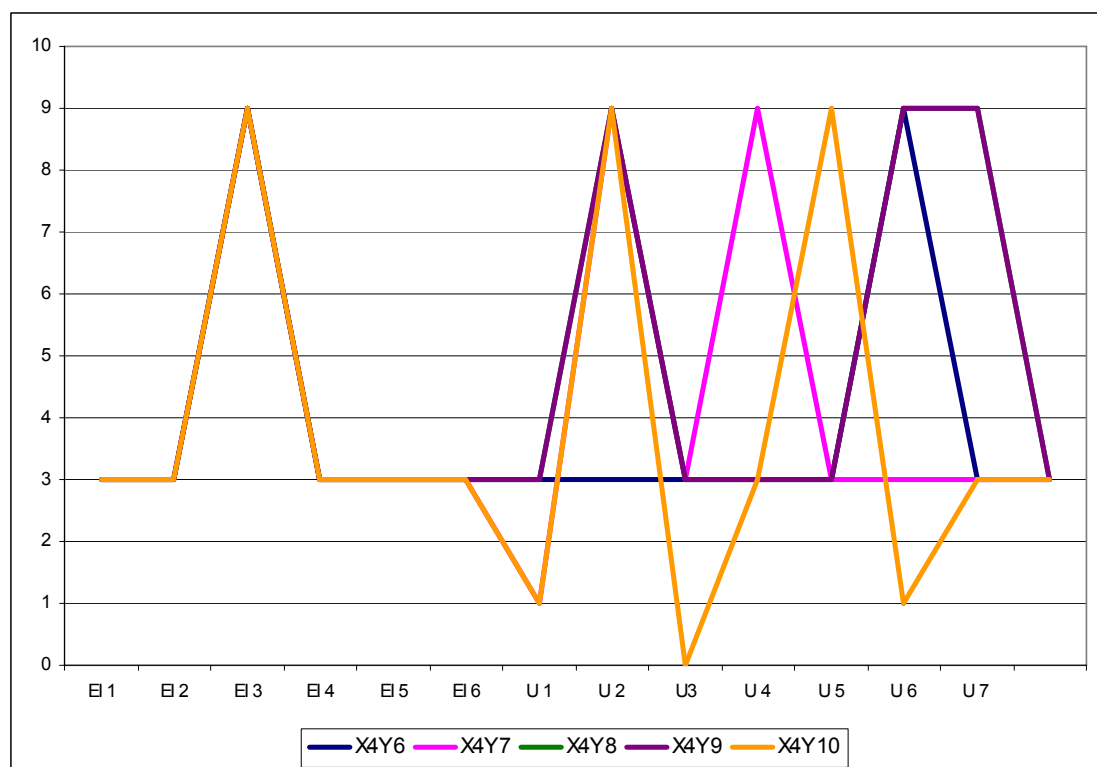


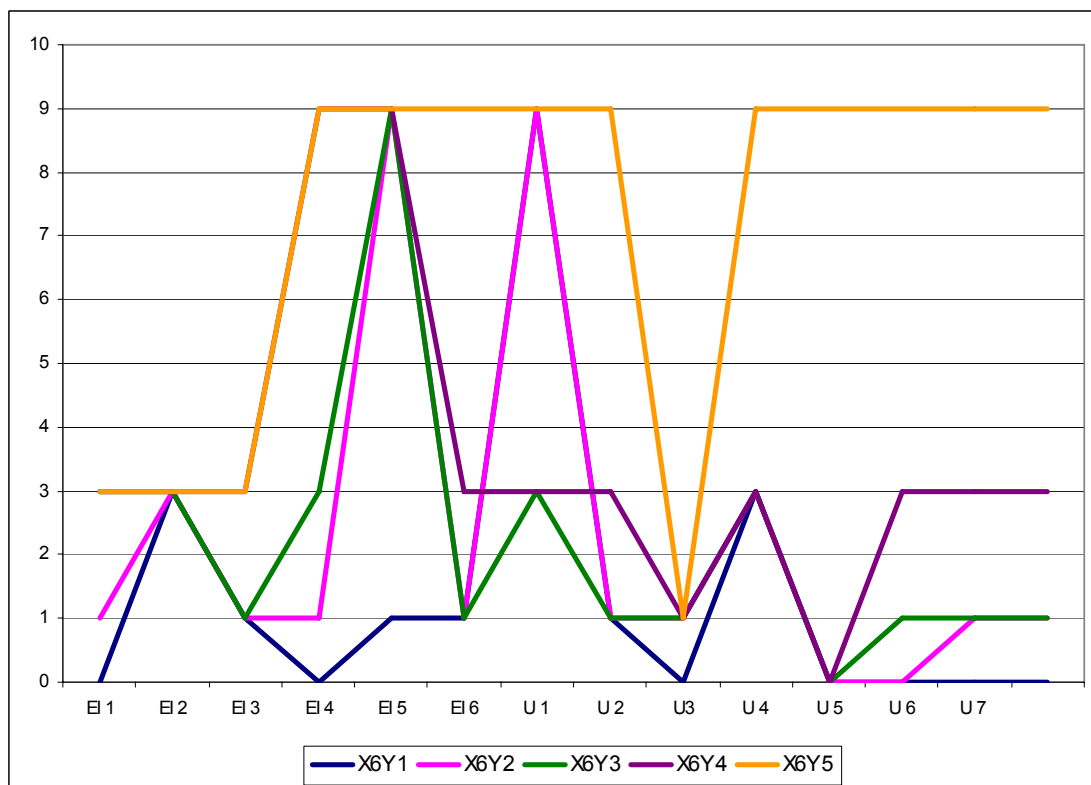
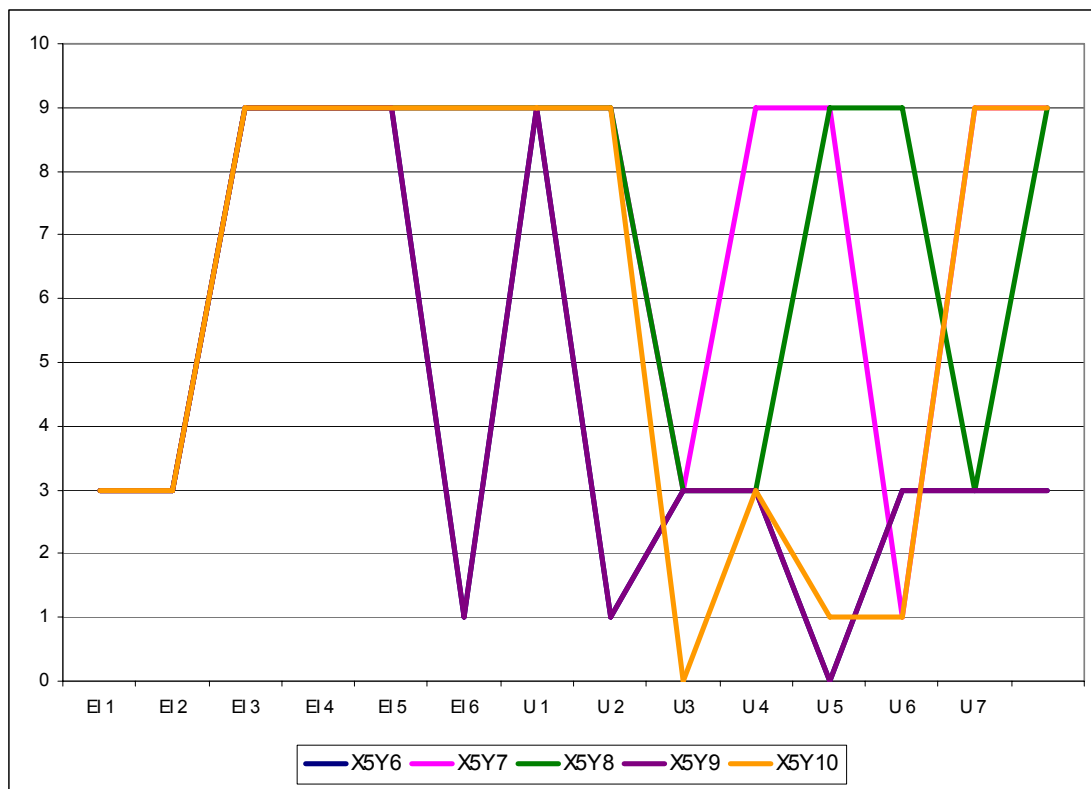
**Correlaciones de la Matriz 5**

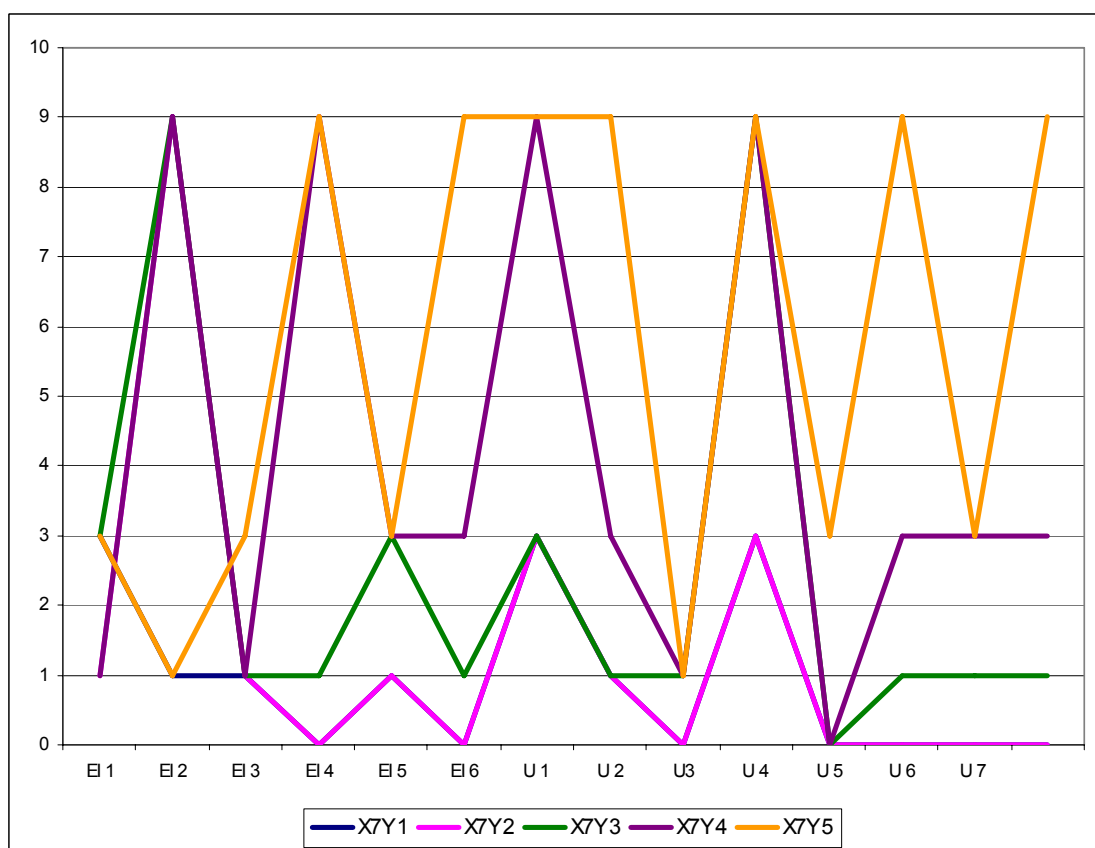
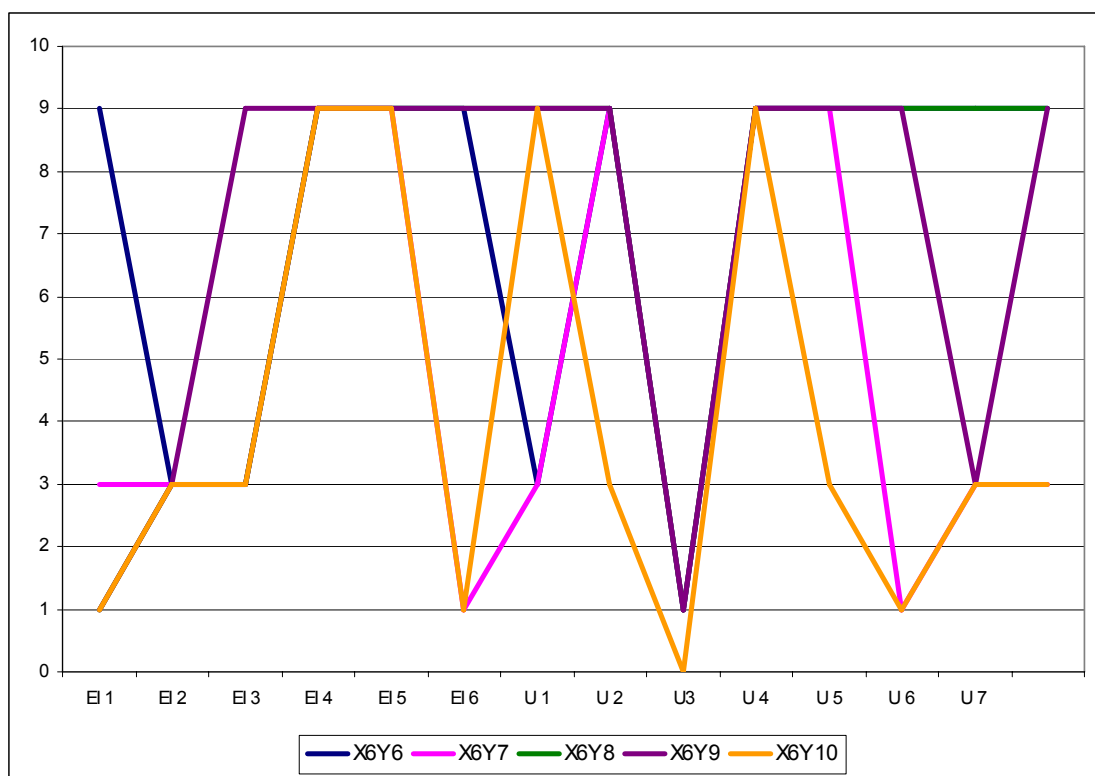




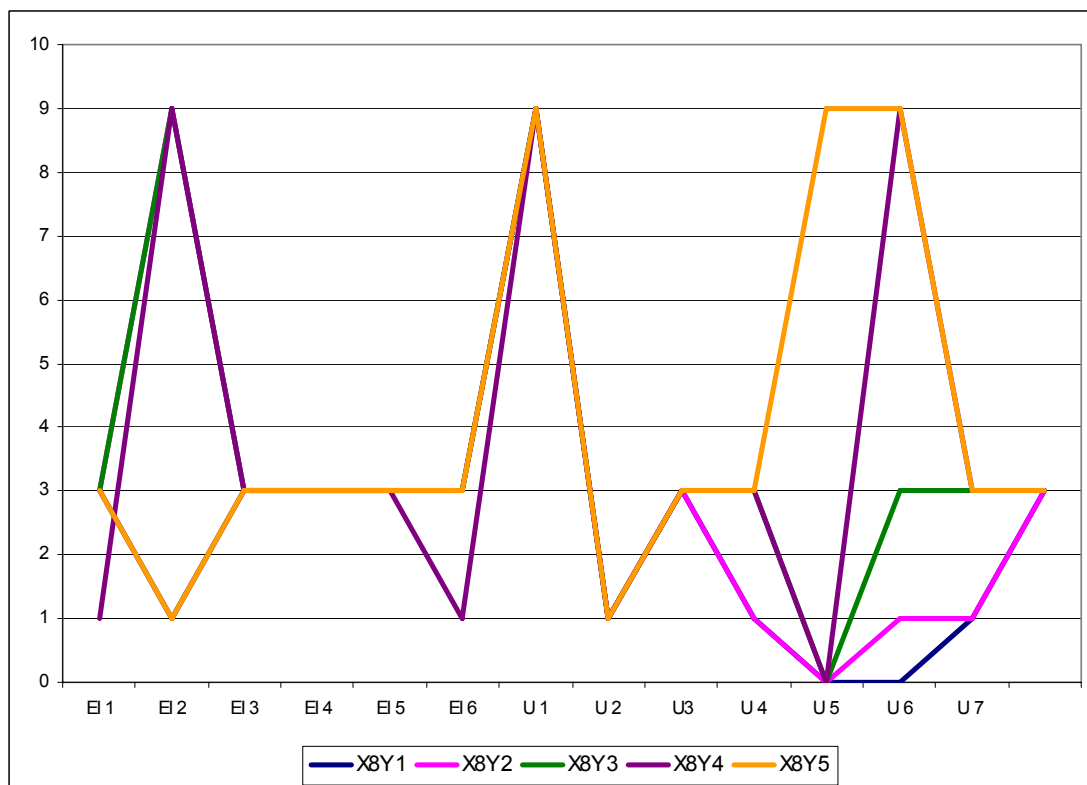
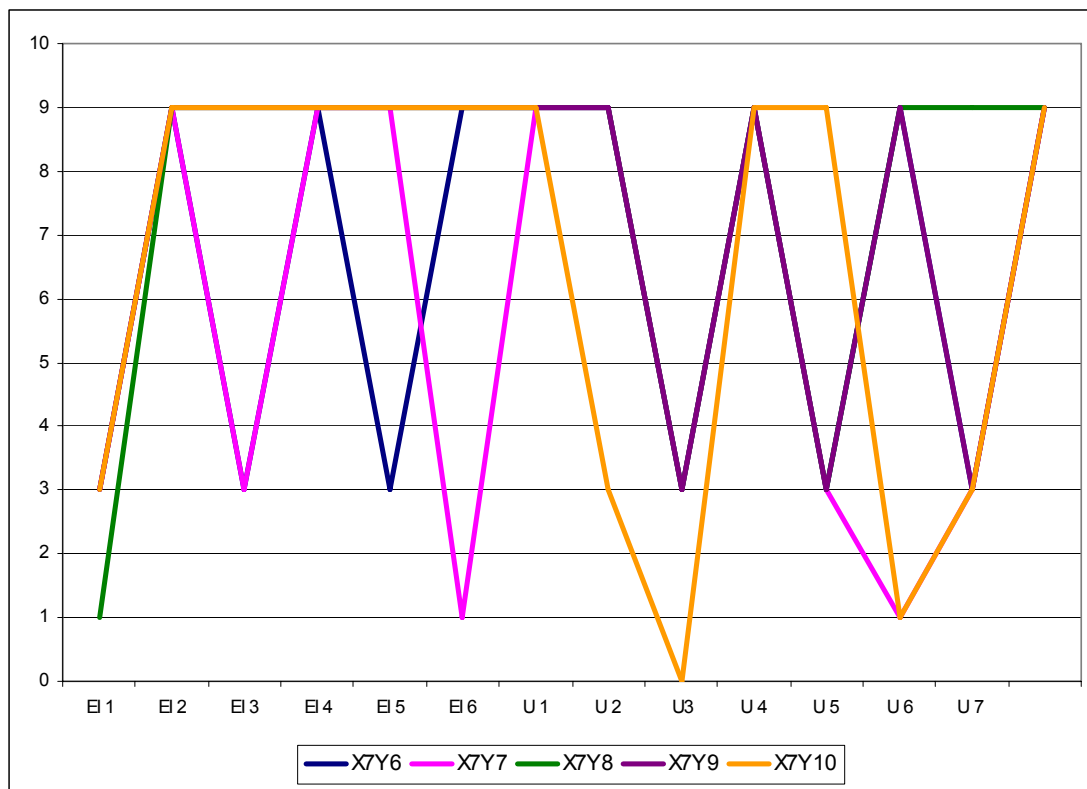


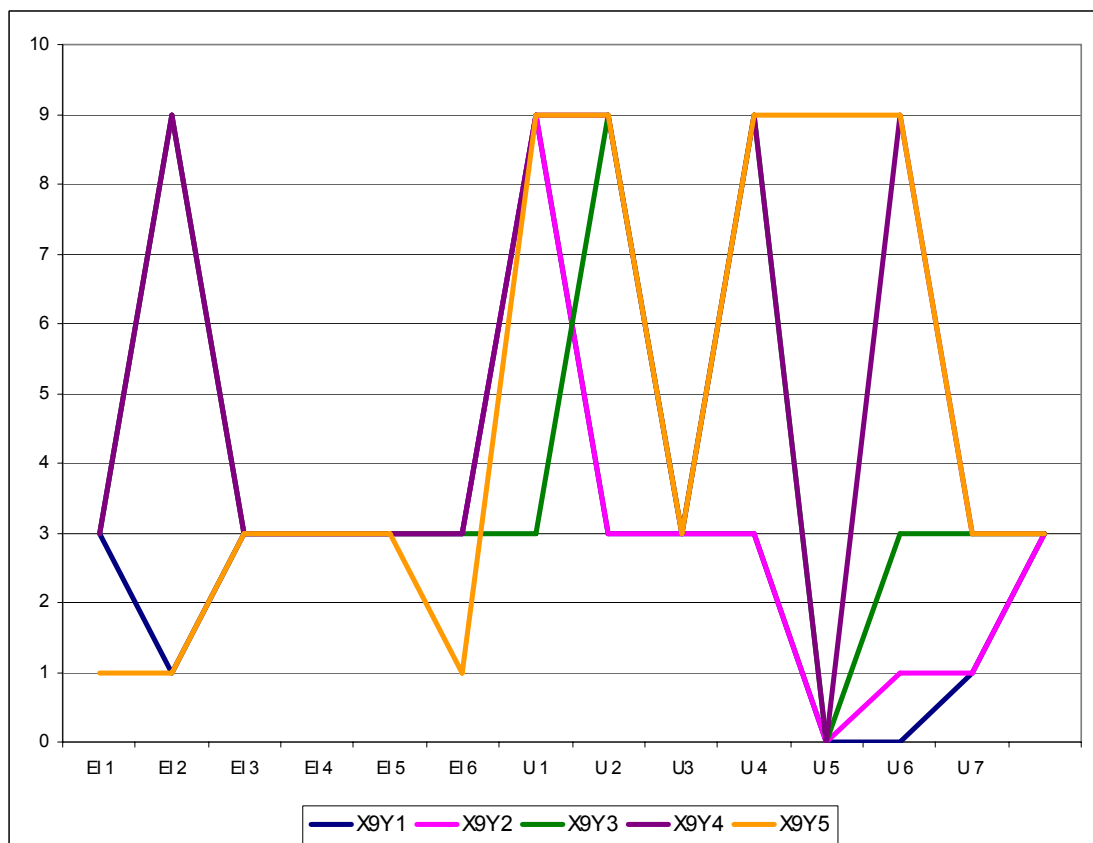
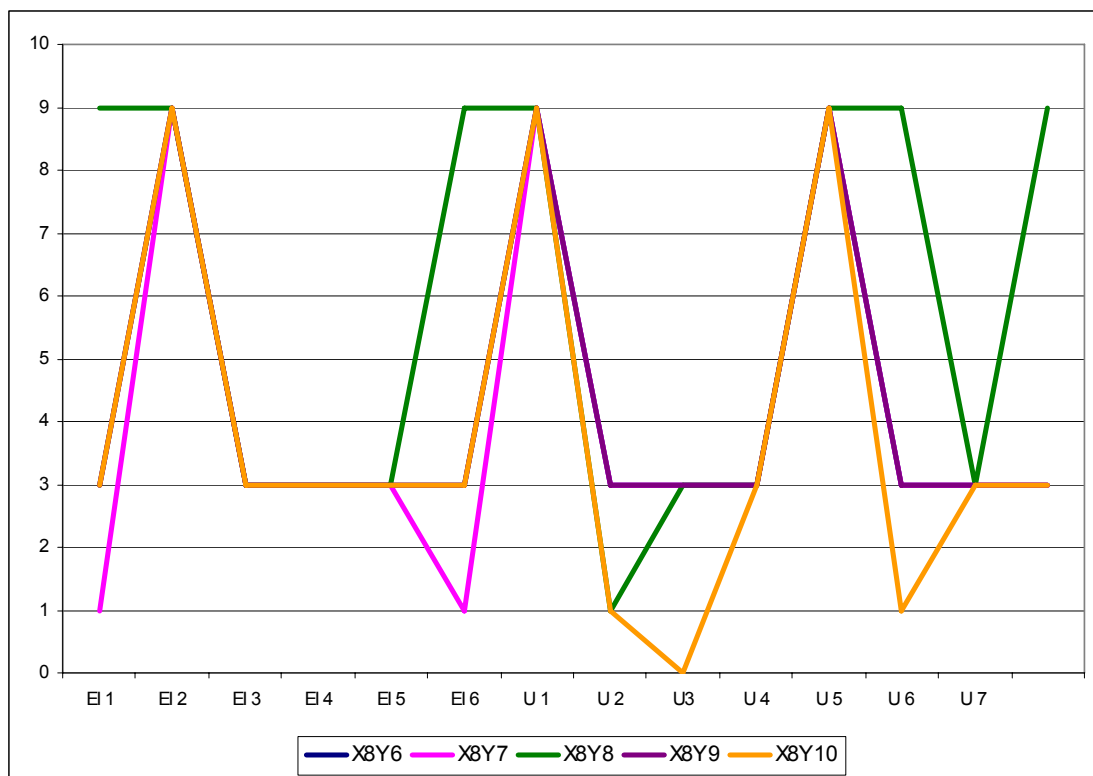


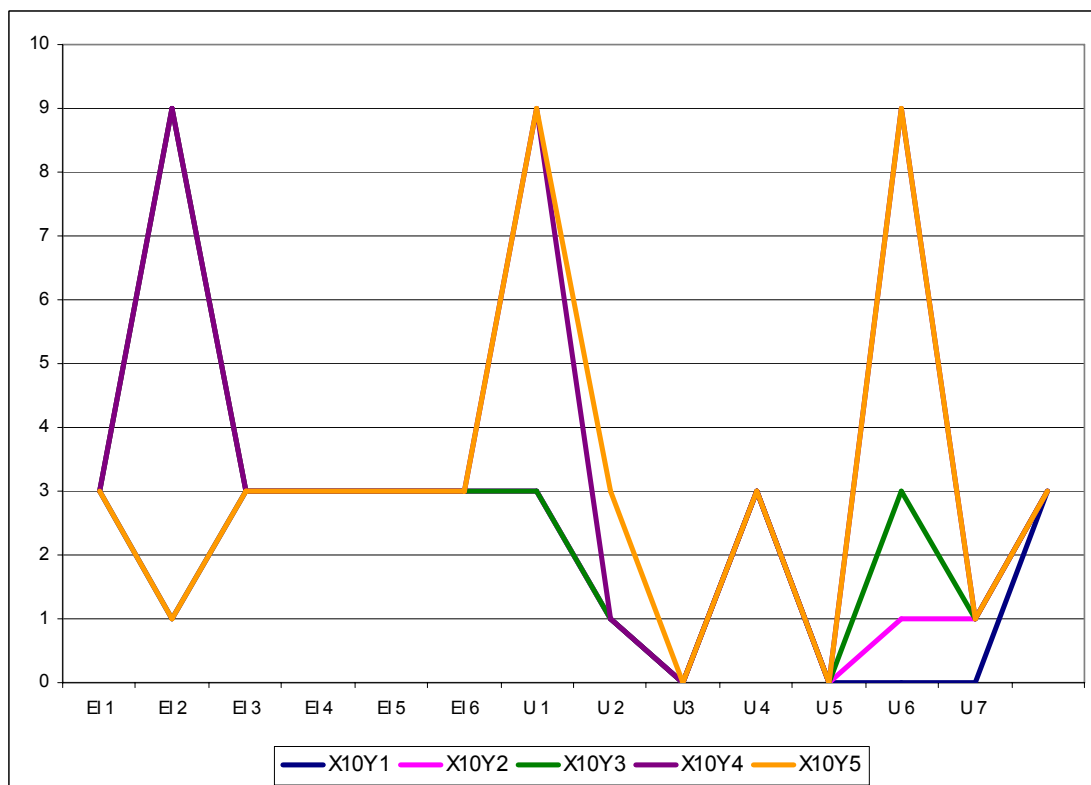
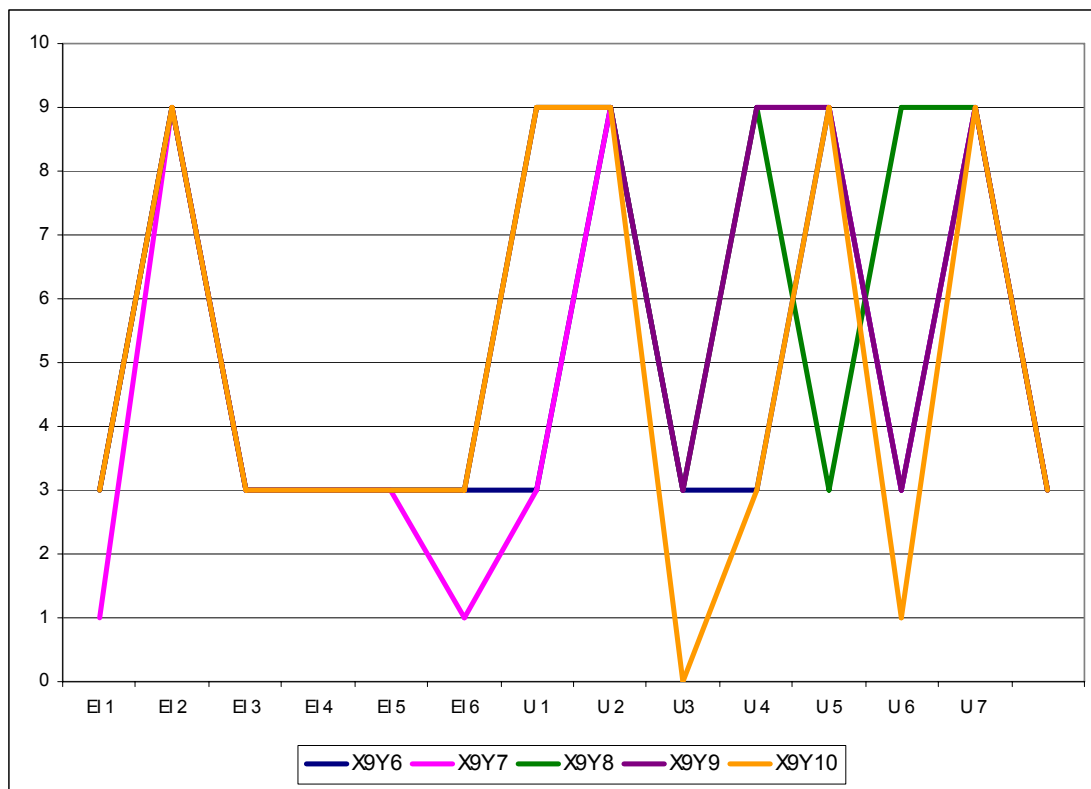


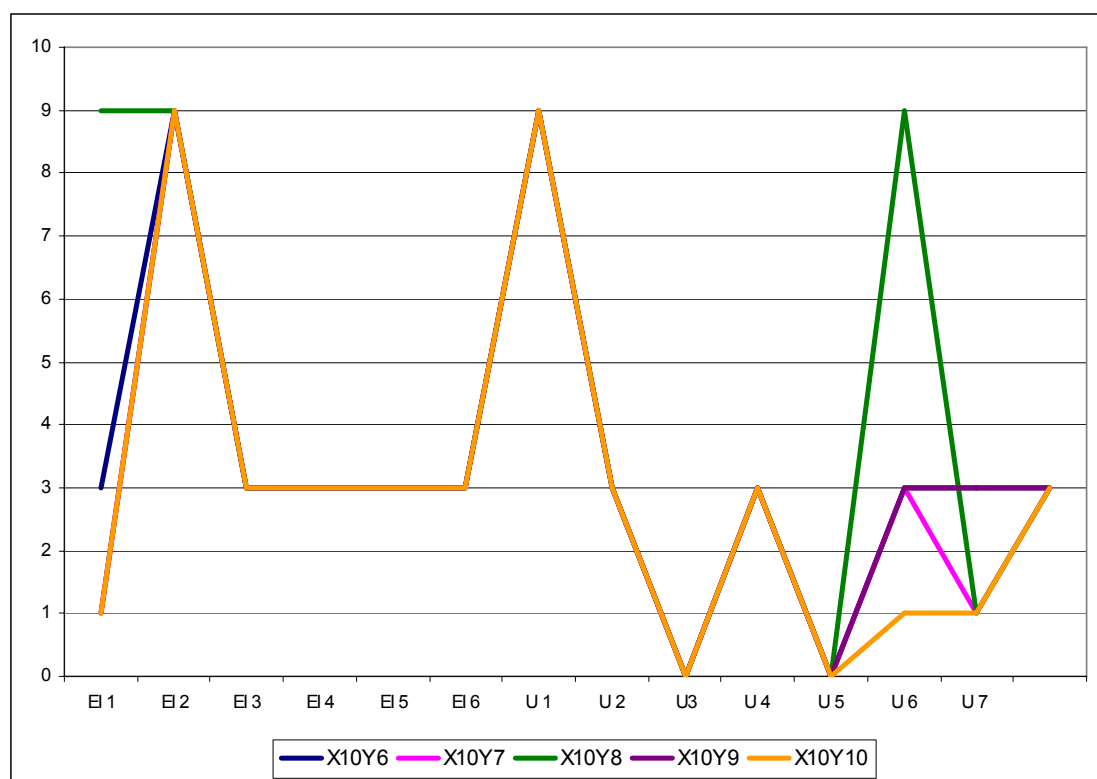




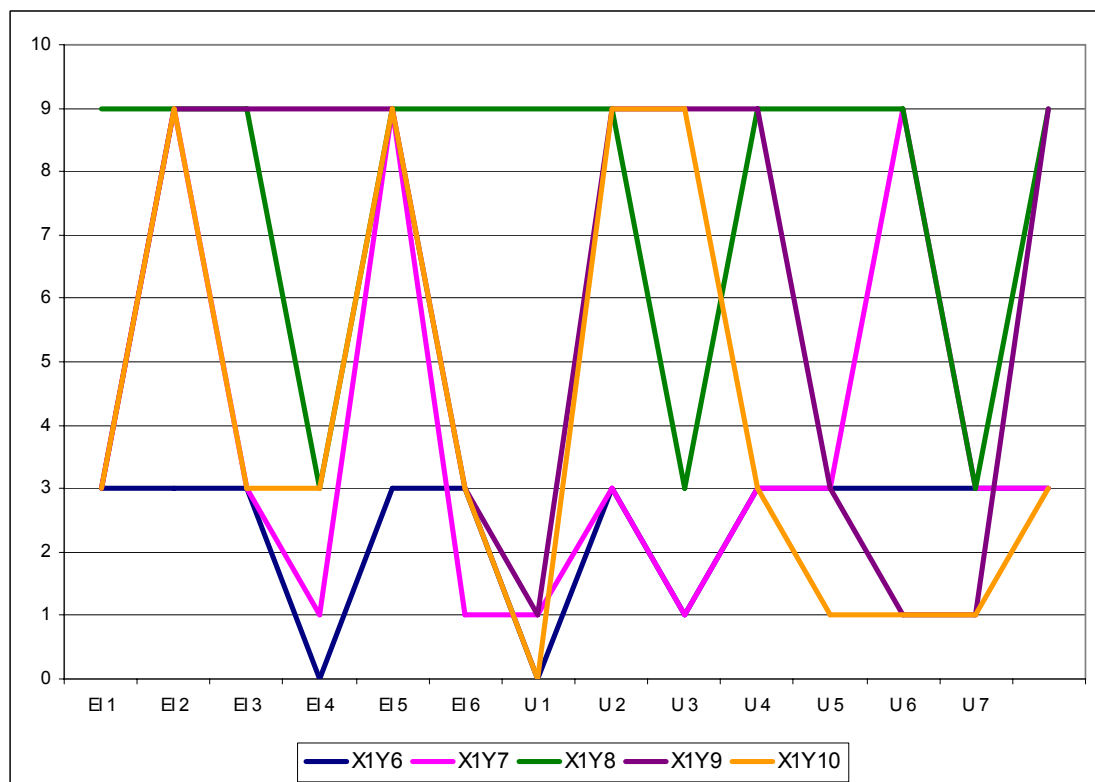


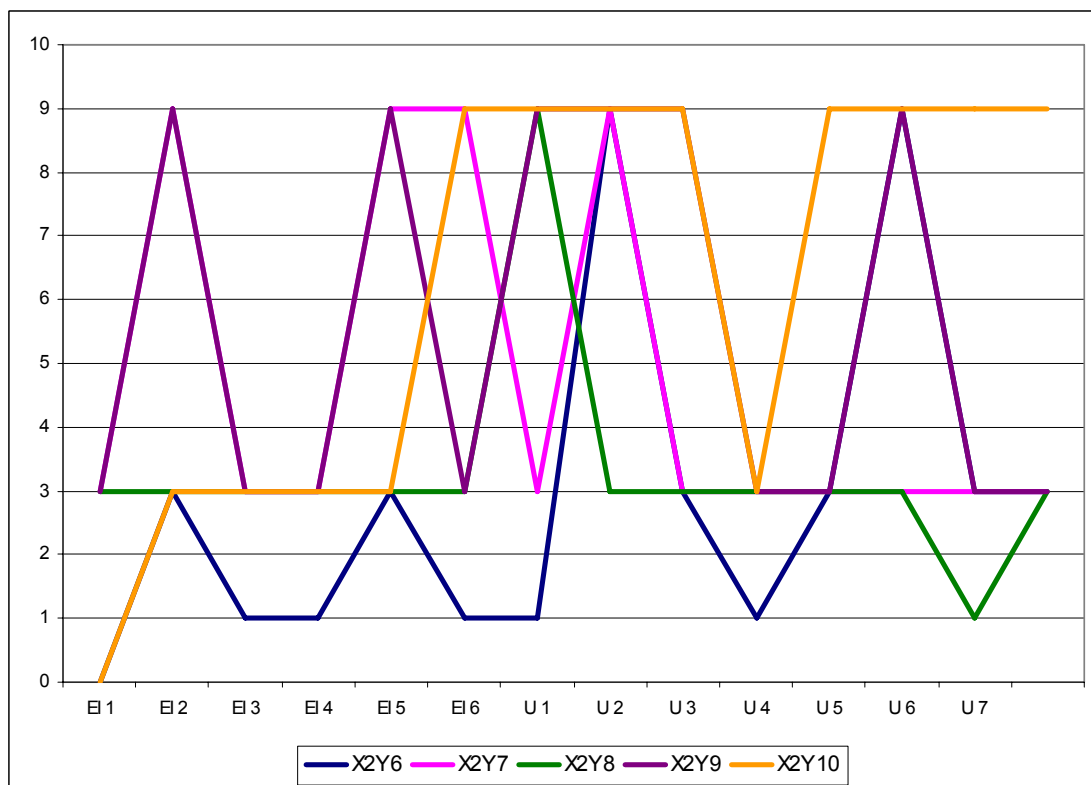
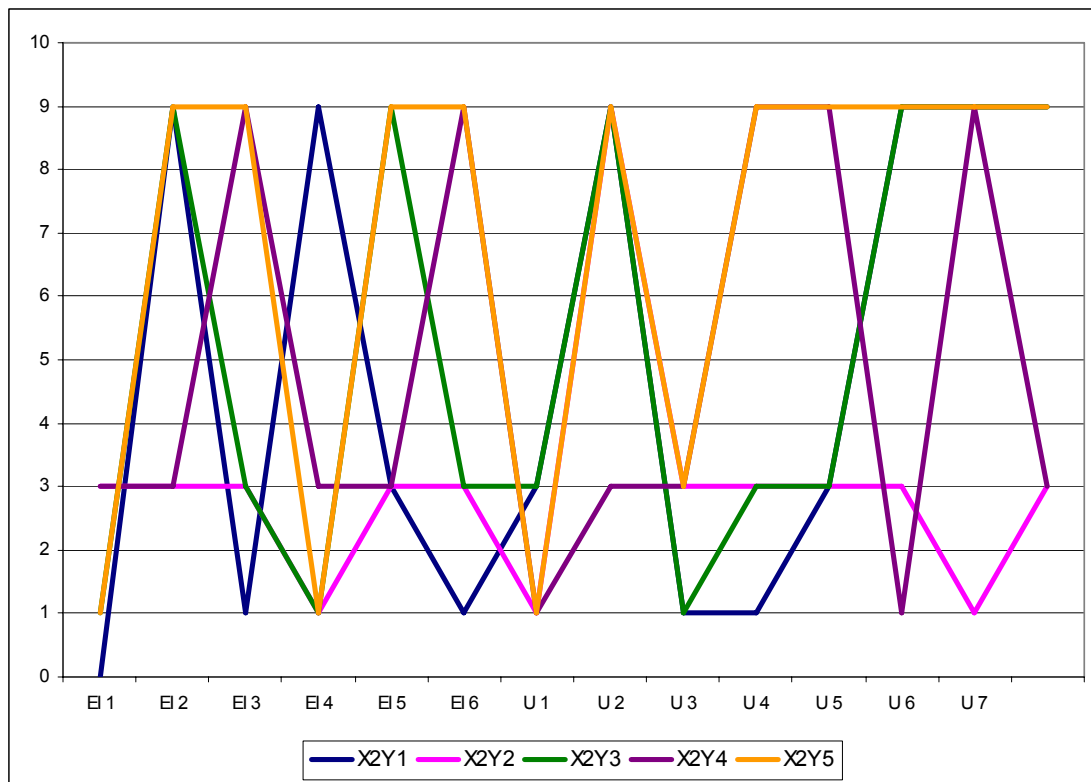


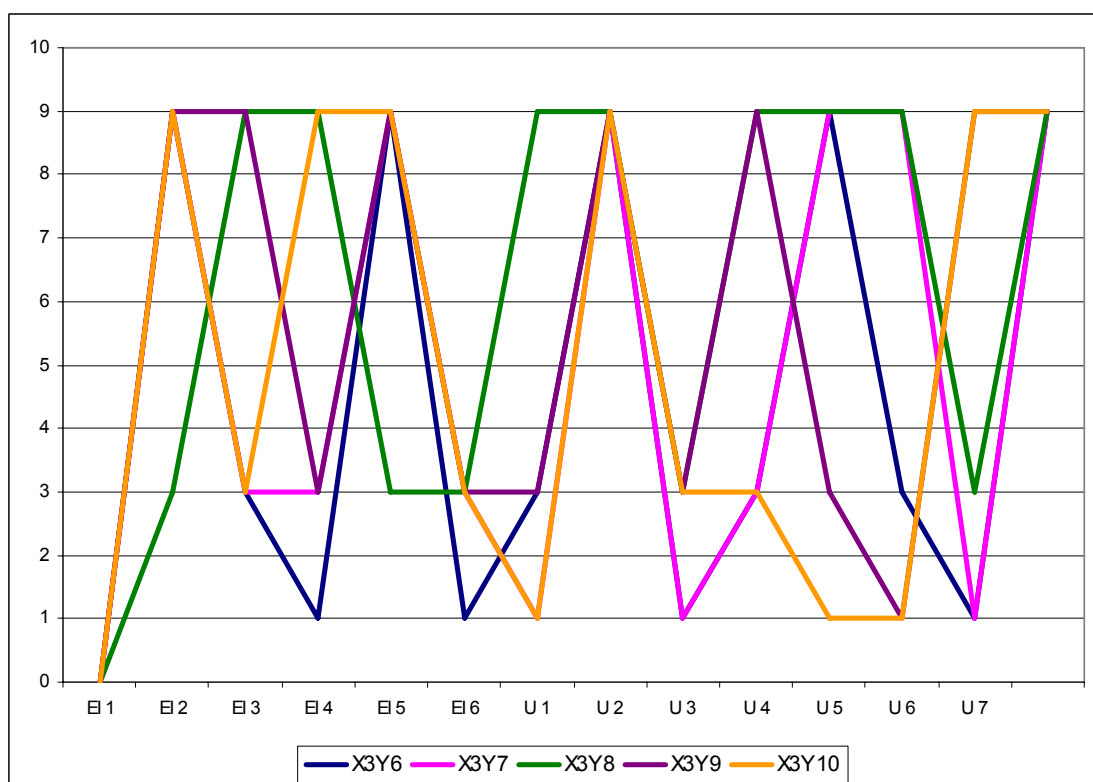
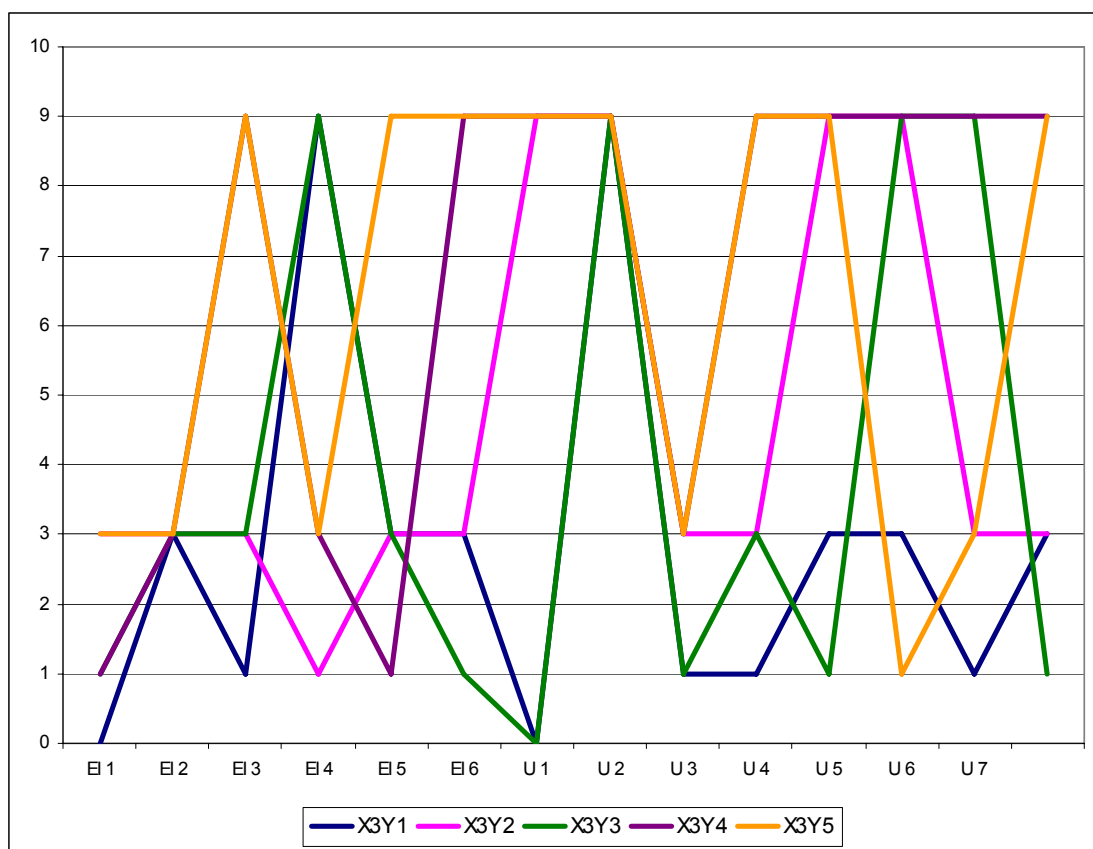


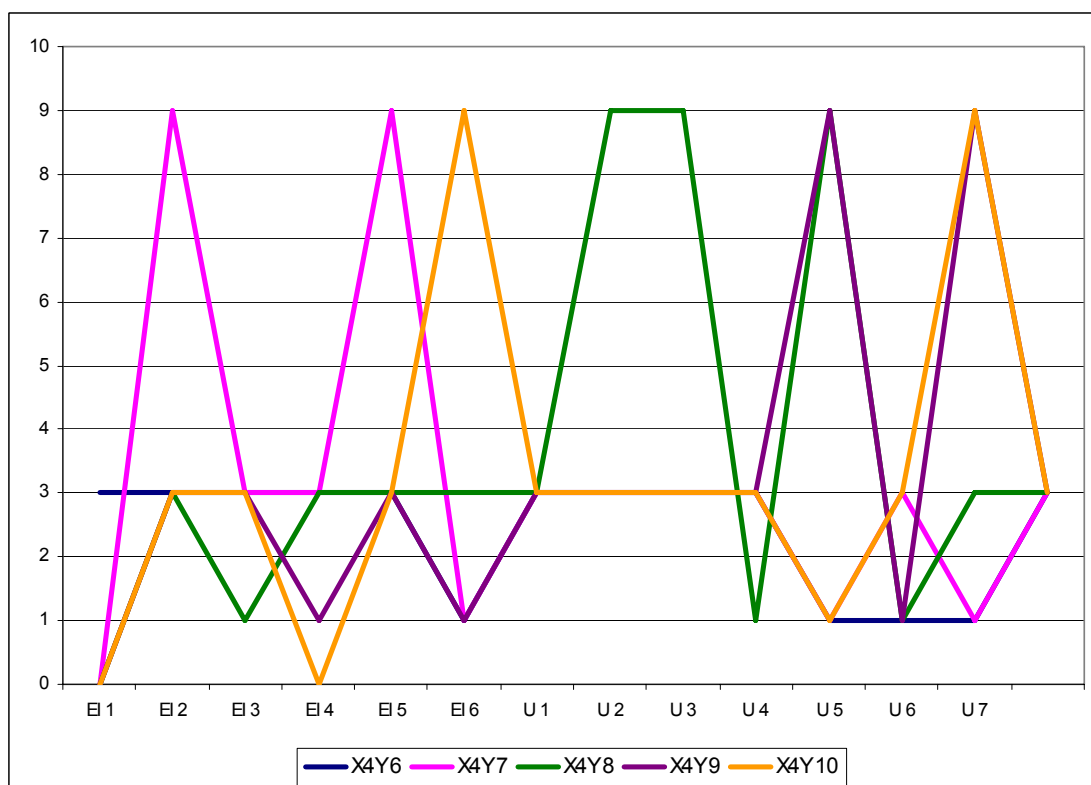
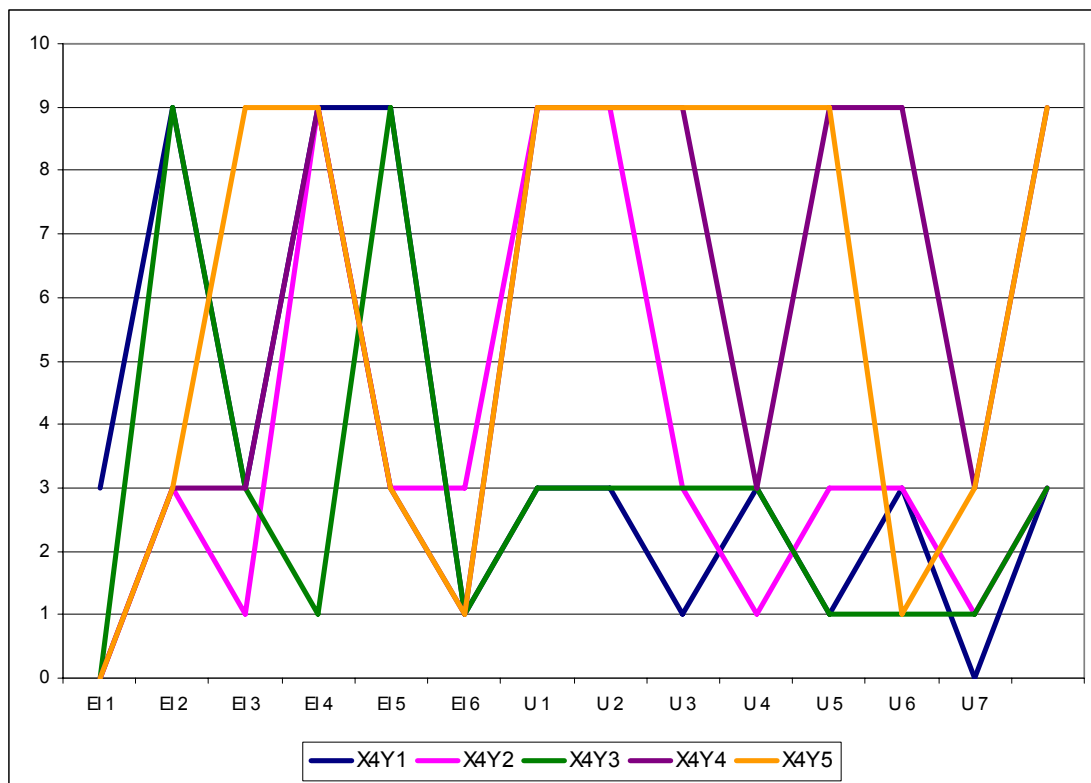


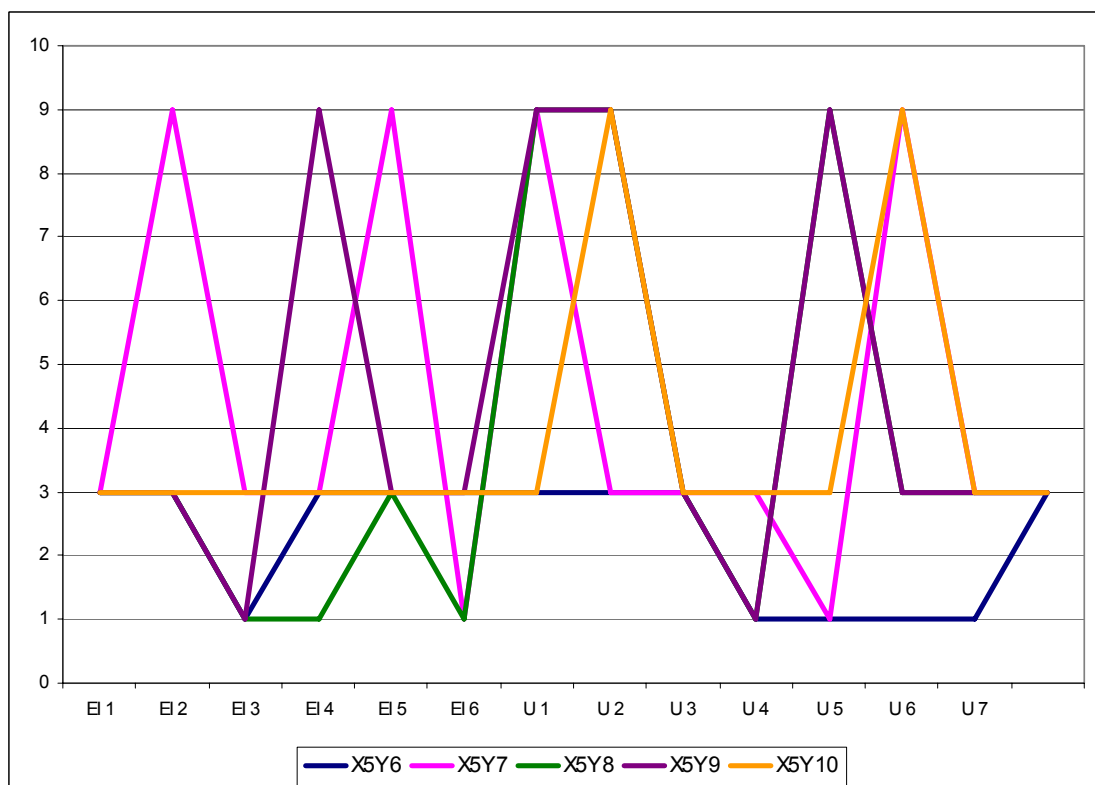
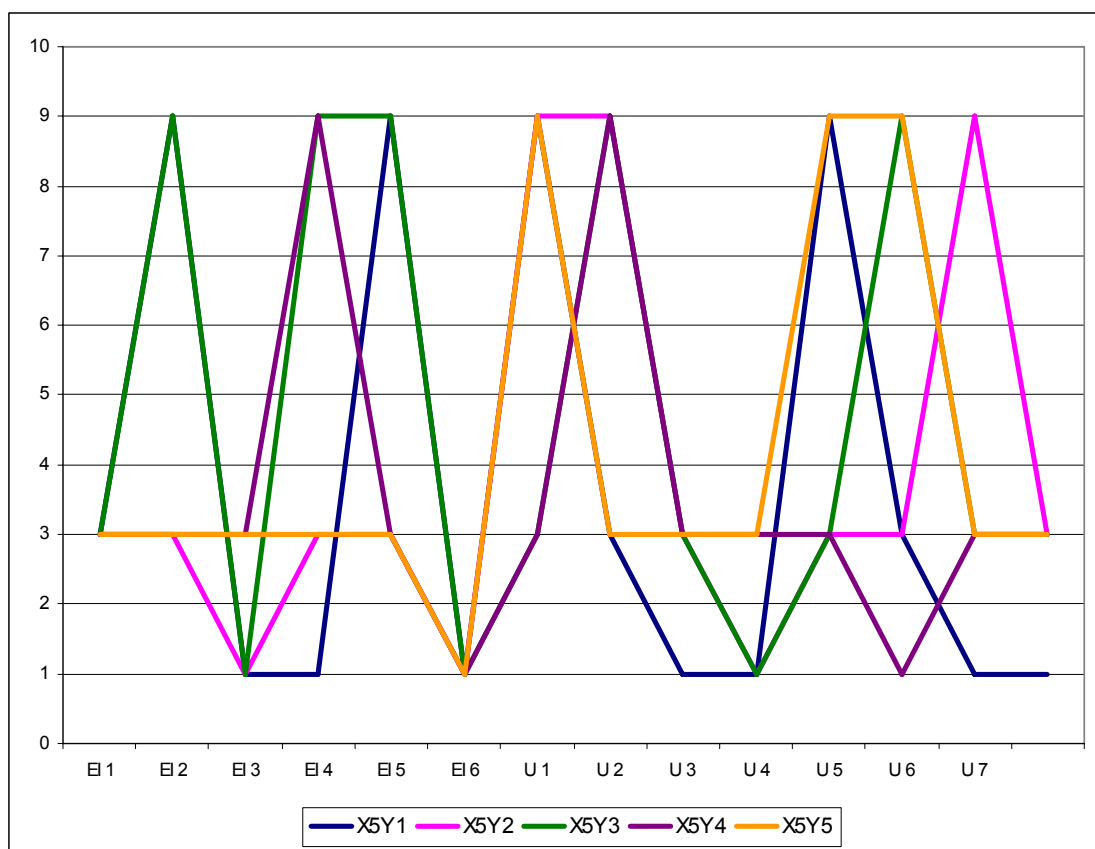
**Correlaciones de la Matriz 6**



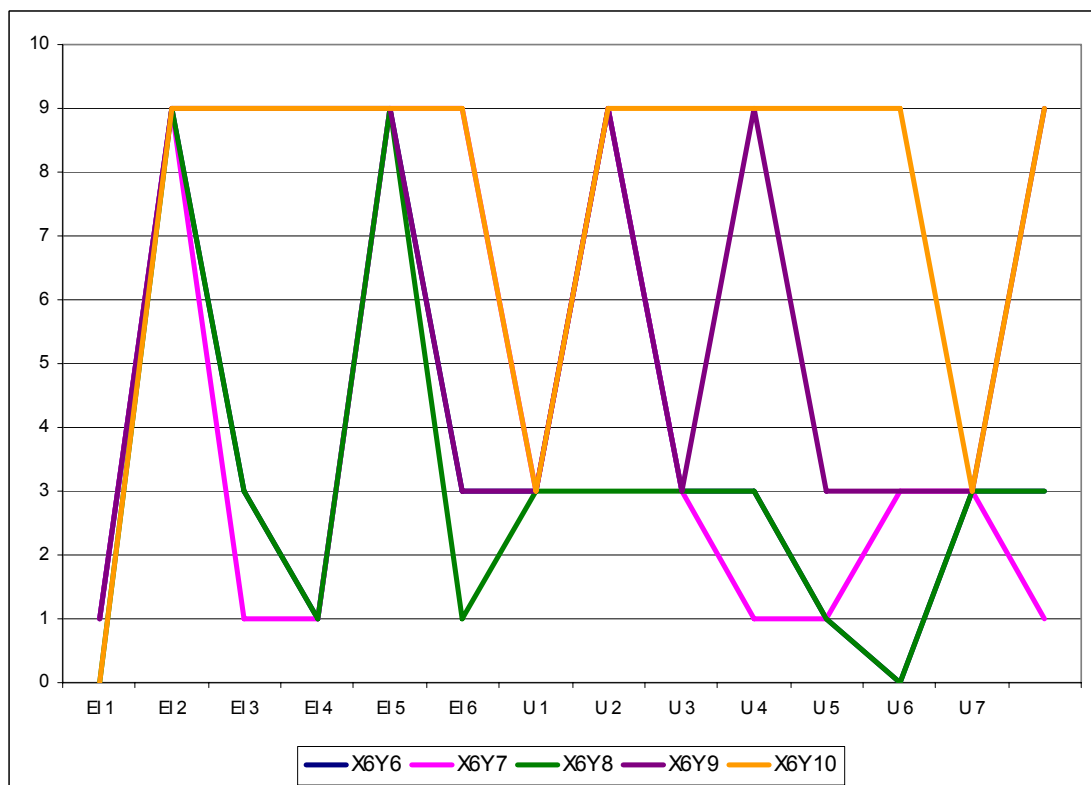
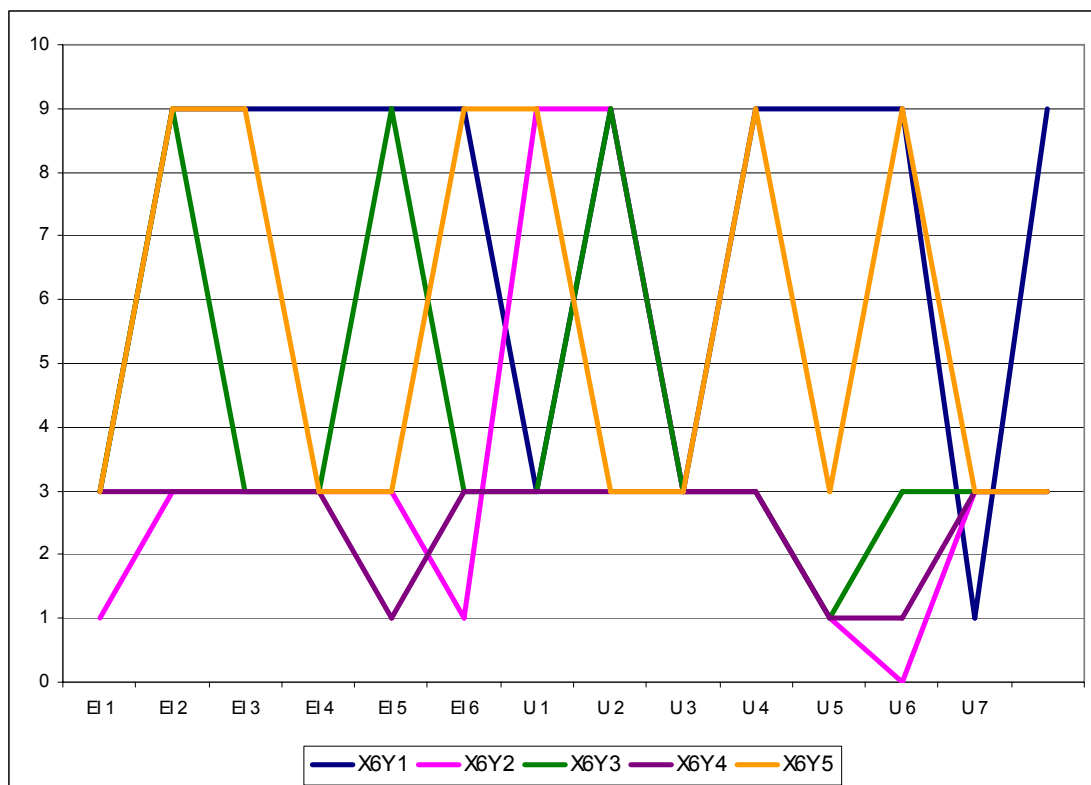


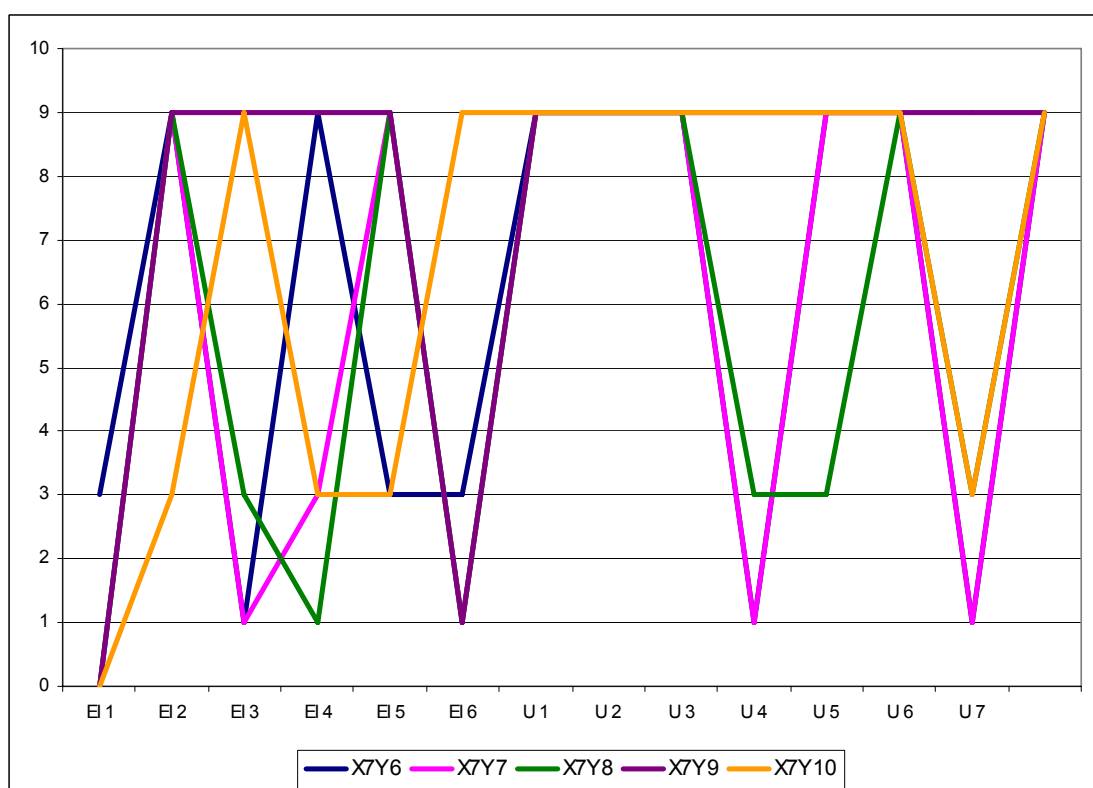
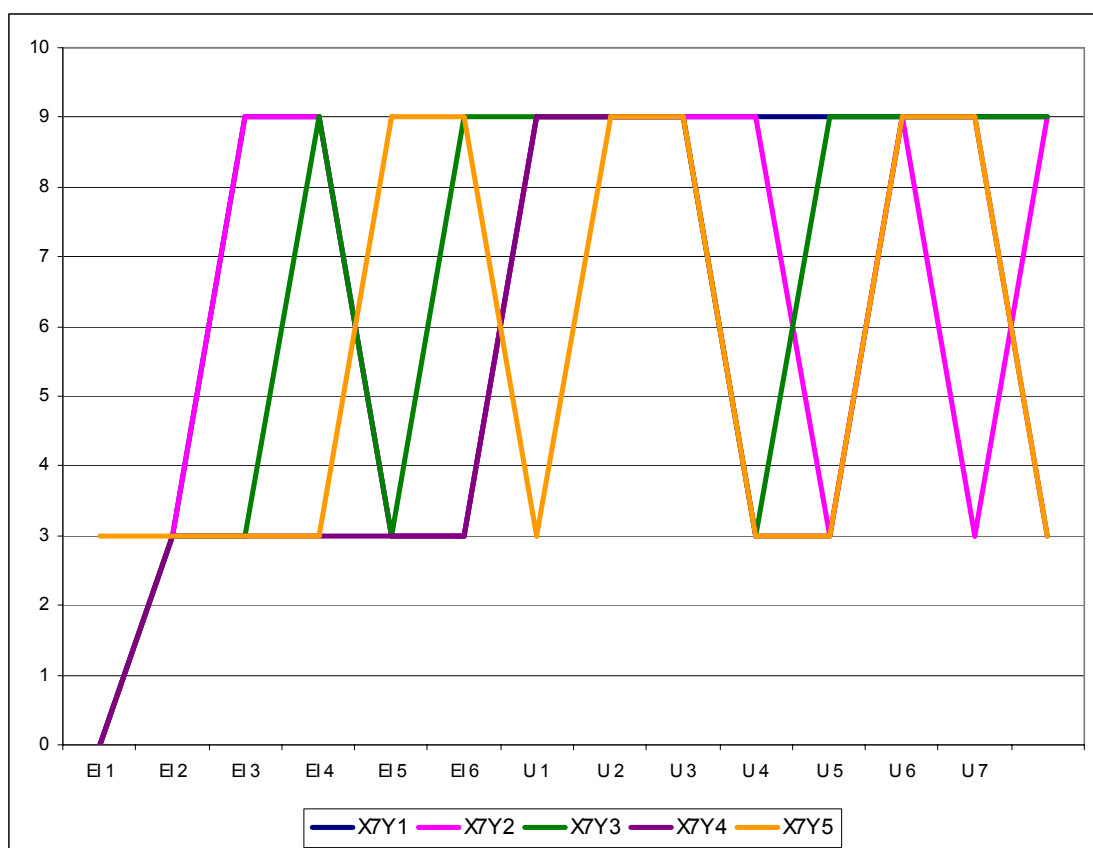


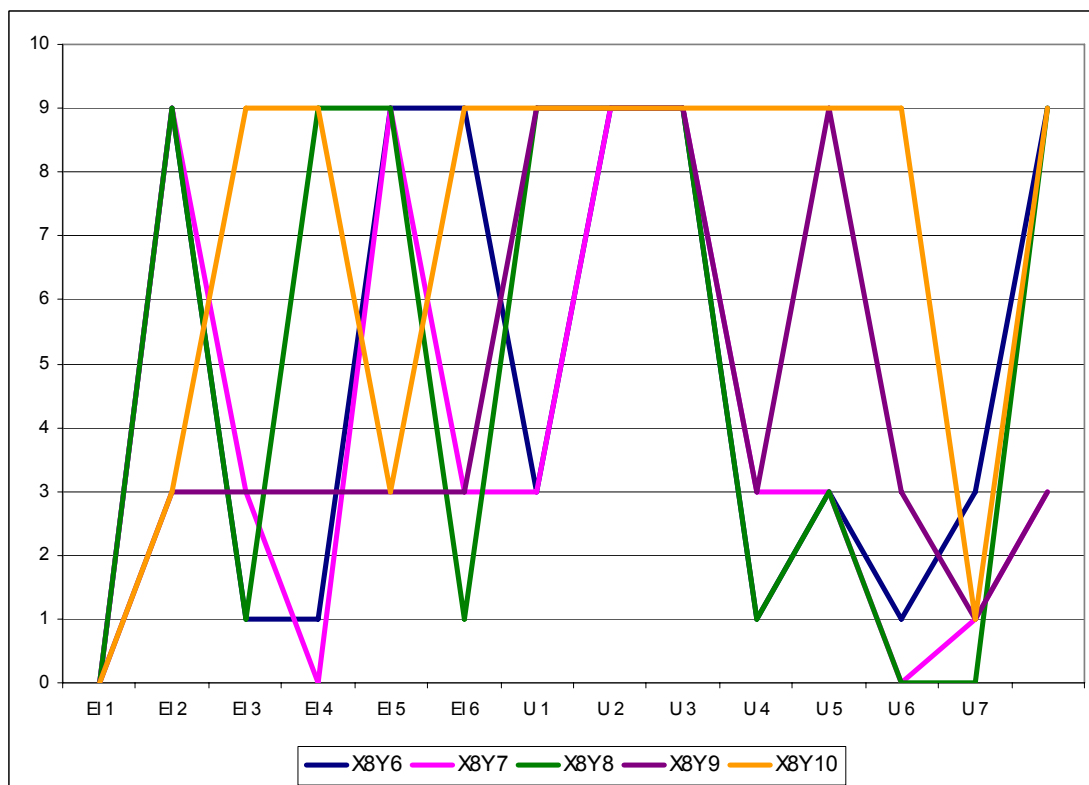
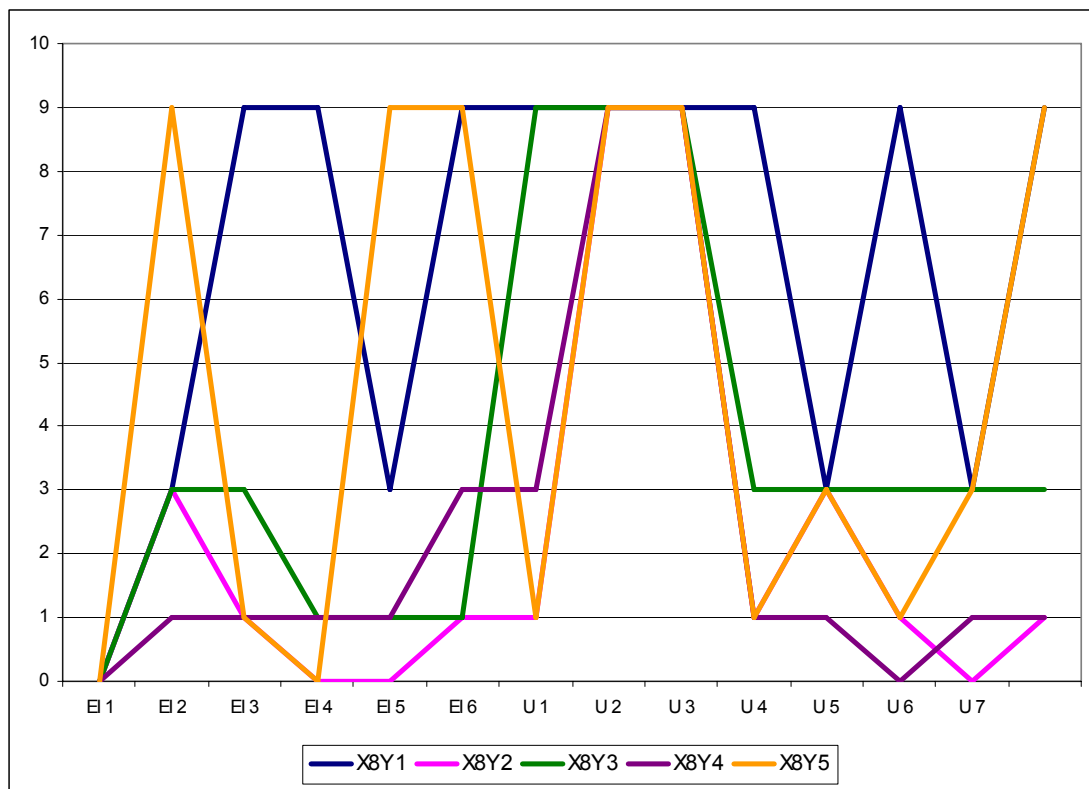


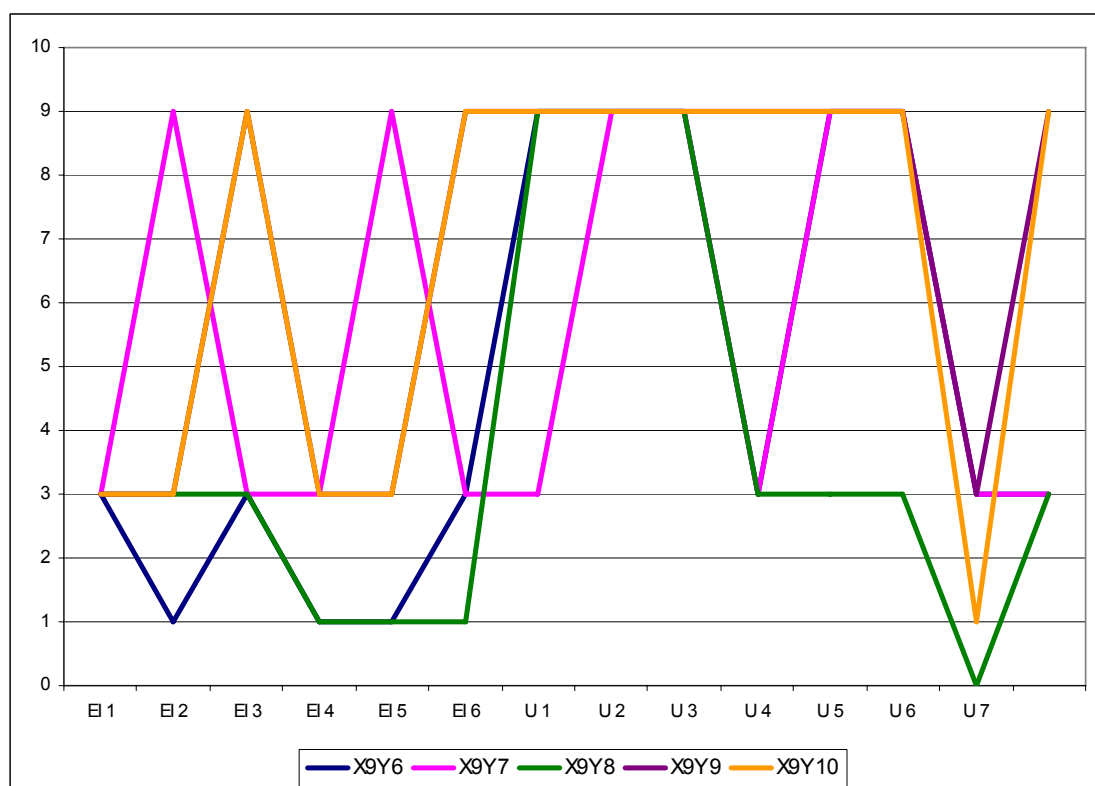
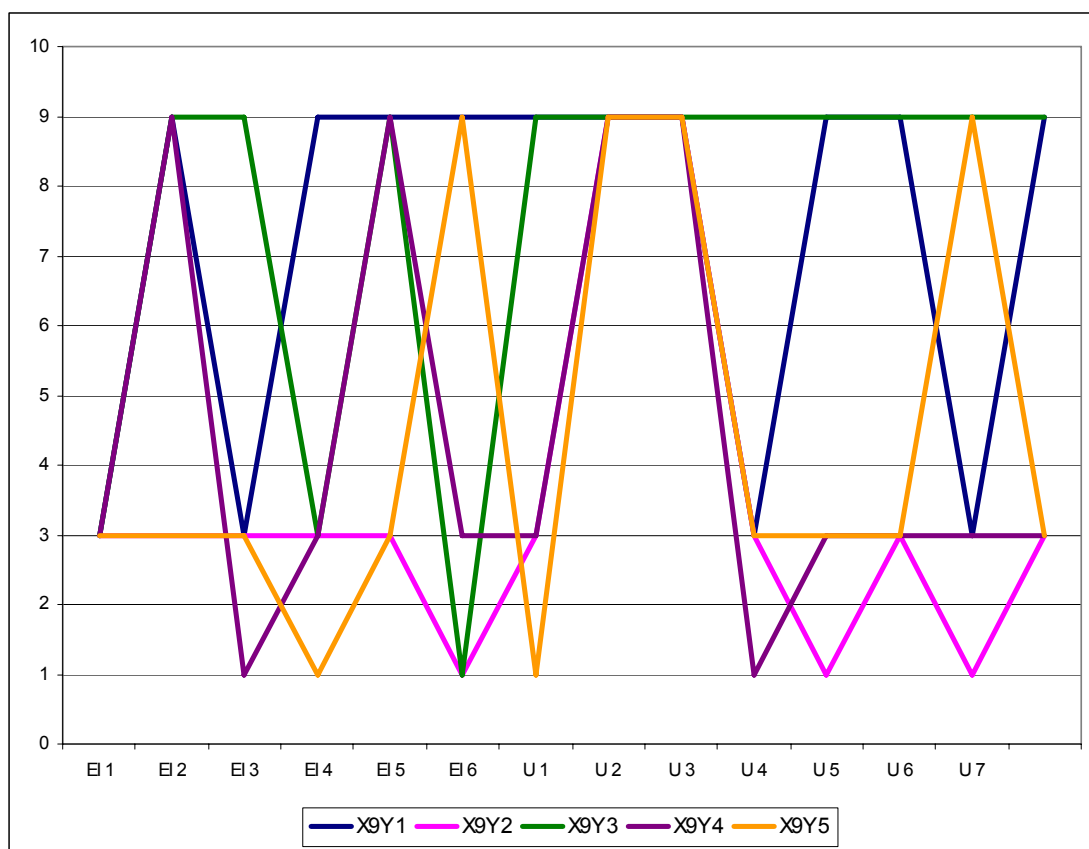


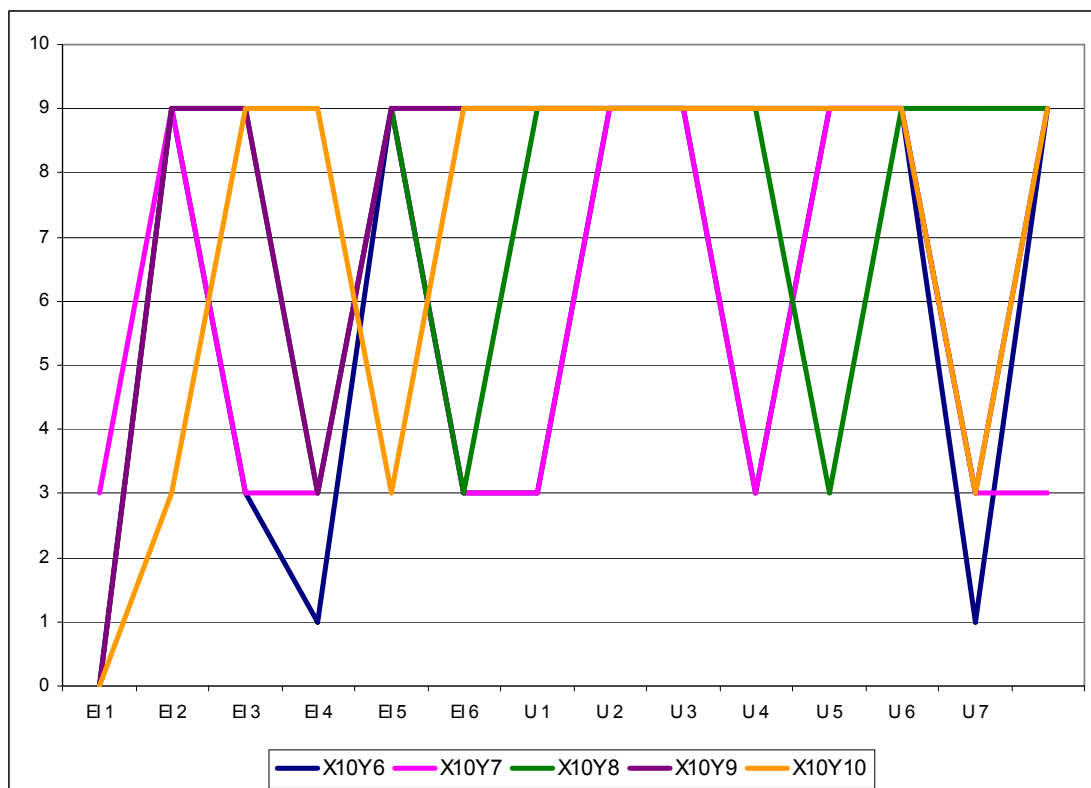
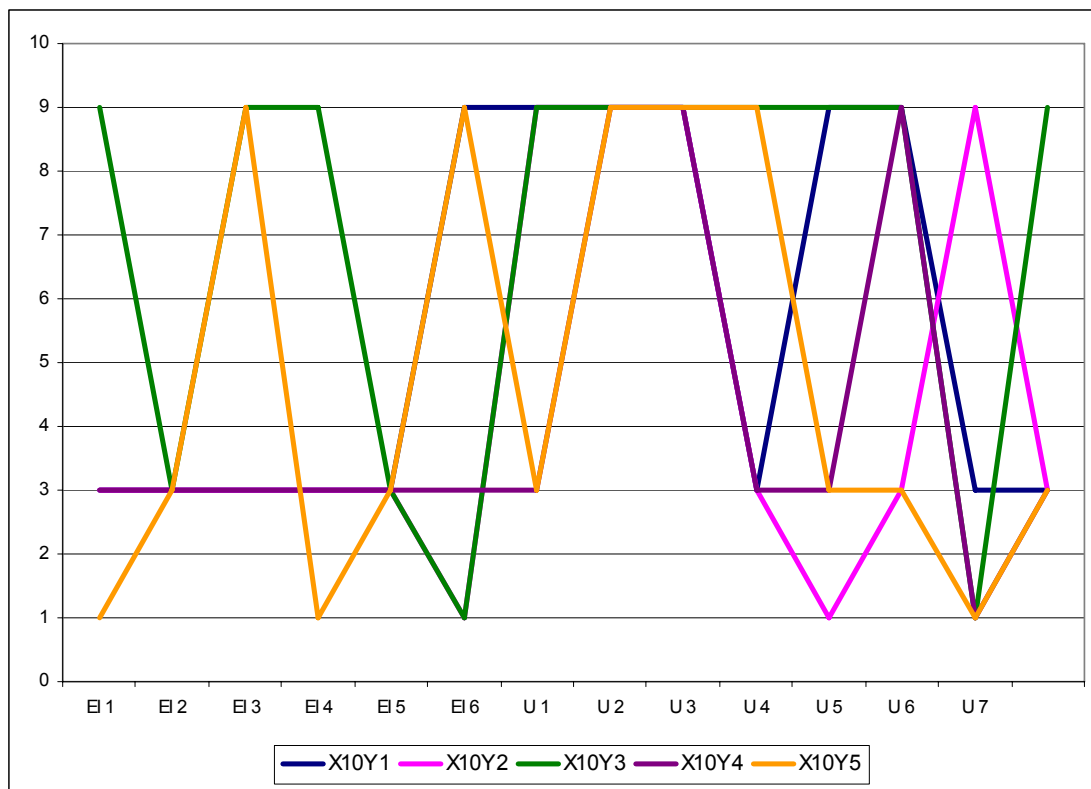












**Correlaciones de la Matriz 7**

