



Universitat de Girona

ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA VALUE STREAM MAPPING EN EL REDISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

Ibon SERRANO LASA

ISBN: 978-84-690-7803-7
Dipòsit legal: GI-I038-2007

**DEPARTAMENT D'ORGANITZACIÓ, GESTIÓ EMPRESARIAL I
DISSENY DE PRODUCTE**



**ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA
VALUE STREAM MAPPING EN EL REDISEÑO DE
SISTEMAS PRODUCTIVOS**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Ibon Serrano Lasa

Directores:

Dr. Don Rodolfo de Castro Vila

Dr. Don Carlos Ochoa Laburu

Abril de 2007

**DEPARTAMENT D'ORGANITZACIÓ, GESTIÓ EMPRESARIAL I
DISSENY DE PRODUCTE**



**ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA
VALUE STREAM MAPPING EN EL REDISEÑO DE
SISTEMAS PRODUCTIVOS**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Ibon Serrano Lasa

Directores:

Dr. Don Rodolfo de Castro Vila

Dr. Don Carlos Ochoa Laburu

Abril de 2007

RESUMEN

El sector industrial manufacturero es uno de los mayores contribuyentes a la actividad económica mundial. Las empresas integradas en el sector deben afrontar las demandas cada vez más cambiantes y exigentes del mercado actual con productos cada vez más competitivos en cuanto a precio, calidad y nivel de servicio. Ante esta situación, los sistemas productivos de las empresas deben estar adaptados para responder con la mayor agilidad, rapidez y el menor coste posible a las exigencias de los clientes.

El *Value Stream Mapping* (VSM) es una técnica desarrollada al amparo del modelo de la Producción Ajustada con el fin de apoyar a las empresas manufactureras en el proceso de rediseño de sus entornos productivos. Si bien su nivel de desarrollo teórico y práctico es alto, no se conoce análisis alguno divulgado en el ámbito científico que explore en profundidad su verdadera aplicabilidad en diferentes entornos de producción seriada. Así, el principal propósito del presente estudio ha sido el análisis de la verdadera aplicabilidad de la técnica VSM.

La metodología de investigación se ha basado en el estudio múltiple de casos. En concreto, se ha llevado a cabo un análisis del proceso de aplicación del VSM en diversas empresas manufactureras de producción seriada.

Las conclusiones del estudio indican que el VSM se muestra como una técnica útil y aplicable, tanto para afrontar diferentes problemáticas logísticas en el ámbito de planta fabril, como adecuada para el rediseño de sistemas productivos en diferentes entornos. No obstante, el análisis también deriva en una necesidad de adaptación y refinamiento de la técnica VSM de cara a la optimización de su desempeño; sobre todo en aspectos tales como: la adopción de conceptos no directamente relacionados con el modelo de la Producción Ajustada, y la integración de recursos y herramientas adicionales para facilitar las aplicaciones prácticas.

AGRADECIMIENTOS-ESKER ONAK

Lerro hauekin doktoretza tesi hau burutzen lagundu nauten guztiei nire esker ona adierazi nahi diet:

Lehenik, tesi zuzendariak izan diren Rudi de Castro eta Carlos Ochoa, bere nahitaezko gidaritza eskaintzeagatik prozesu guzti honetan.

Baita ere *Mondragon Unibertsitateari, Mondragon Goi Eskola Politeknikoari* eta bereziki *Industri Antolakuntza eta Kudeaketa saileko* lankideei, konfidantza eta laguntza handia eman didatelako eguneroko lana aurrera eramaten.

Bestalde, ikerkuntza proiektuak gauzatu ahal izateko bere eskaintza luzatu didaten enpresei nire esker onak: *Astigarraga Kit Line, Hobest, CIE Legazpia, Maier, Geysler Gastech, UEB*, eta benetako izena aipatu gabe utzi behar izan den XYZ enpresari.

Ezin utzi izendatu gabe ikerkuntza taldea osatu duten ingeniariak, beraien ahalegina garrantzitsua izan baita kasu bakoitzaren garapenean, beraz, Itziar, Edurne, Ion, Gorka, Aitor eta Mikeli, eskerrik asko.

Eskerrak baita urte guzti hauetan norberaren tesi proiektua lantzeko elkar laguntzen aritu izan garen Itziar eta Joni, eginiko bilerak benetan balio izan dutelako batak besteari adorea emateko.

Guraso eta anaiei, prozesu guzti honen garrantzia ulertu dutelako eta lehentasunak ezartzen motibatu nautelako.

Azkenik, eta bereziki, Edurneri, bere gidaritza, laguntza eta aholku ezinbestekoetaz gain, nire tesi lanorduen karga batik bat berak sufritu behar izan duelako; ahalegin hori bai zureganako eta baita Miren, gure alabareganako maitasun eta arduraz saritzen saiatuko naiz .

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	19
1.1. MARCO DE INVESTIGACIÓN	21
1.2. PROPÓSITO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	22
1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS	22
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1. INTRODUCCIÓN	27
2.2. EL SECTOR MANUFACTURERO	28
2.3. LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	29
2.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS	32
2.4.1. LA PRODUCCIÓN ARTESANA	33
2.4.2. LA PRODUCCIÓN EN MASA	34
2.4.3. LA PRODUCCIÓN AJUSTADA.....	36
2.4.3.1. DIVULGACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA	39
2.4.3.2. JIT VS. PRODUCCIÓN AJUSTADA	40
2.4.4. OTROS ENFOQUES.....	42
2.4.4.1. TEORÍA DE LAS LIMITACIONES (TOC).....	43
2.4.4.2. MANUFACTURA ÁGIL.....	45
2.4.4.3. PRODUCCIÓN DE RESPUESTA RÁPIDA (QRM)	46
2.4.4.4. OTROS.....	47
2.5. LOS PRINCIPIOS DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA.....	48
2.5.1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA	49
2.5.2. LAS CLAVES DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA: EL PENSAMIENTO AJUSTADO	51
2.5.2.1. ESPECIFICACIÓN DE VALOR.....	52
2.5.2.2. IDENTIFICAR EL FLUJO DE VALOR.....	53
2.5.2.3. HACER QUE EL VALOR FLUYA SIN INTERRUPCIONES	54
2.5.2.4. DEJAR QUE EL CLIENTE TIRE DEL VALOR	54
2.5.2.5. PERSEGUIR LA PERFECCIÓN	55
2.6. RESULTADOS ALCANZADOS POR LA PRODUCCIÓN AJUSTADA.....	55
2.6.1. LA INDUSTRIA DE LA AUTOMOCIÓN.	55
2.6.1.1. ETAPA INICIAL (1960-1990)	56
2.6.1.2. SEGUNDA ETAPA (1990-1995).....	57
2.6.1.3. TERCERA ETAPA (1995-2005).....	57
2.6.2. OTROS SECTORES MANUFACTUREROS	60
2.6.3. NECESIDADES DEL SECTOR EN LA UNIÓN EUROPEA.....	67
2.6.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS	69
2.7. MODELOS PARA EL REDISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	70
2.7.1. EL VALUE STREAM MAPPING.....	71
2.7.1.1. ETAPAS DE APLICACIÓN DEL VSM	74

2.7.1.1.1	ELECCIÓN DE UNA FAMILIA DE PRODUCTO.....	74
2.7.1.1.2	MAPEADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL O INICIAL	76
2.7.1.1.3	MAPEADO DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	78
2.7.1.1.4	DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO.....	79
2.7.1.2.	DIRECTRICES DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA	79
2.7.1.2.1	PRODUCIR RESPECTO AL <i>TAKT TIME</i>	80
2.7.1.2.2	IMPLANTAR FLUJO CONTINUO	81
2.7.1.2.3	EMPLEAR SUPERMERCADOS PARA CONTROLAR LA PRODUCCIÓN .	83
2.7.1.2.4	PROGRAMAR UN ÚNICO PROCESO DE PRODUCCIÓN	88
2.7.1.2.5	NIVELAR EL <i>MIX</i> DE PRODUCCIÓN	95
2.7.1.2.6	NIVELAR EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	96
2.7.1.2.7	MEJORAR LAS EFICIENCIAS DE LOS MEDIOS PRODUCTIVOS	100
2.7.1.3.	APORTACIONES DEL VSM	101
2.7.2.	OTROS MODELOS DE ANÁLISIS Y MEJORA DEL SISTEMA PRODUCTIVO	102
2.7.2.1.	DIAGRAMAS DE FLUJO.....	103
2.7.2.2.	SISTEMAS ESTRUCTURADOS.....	104
2.7.2.3.	SISTEMAS DE ARQUITECTURA.....	106
2.7.2.4.	SOFTWARE DE MODELADO Y DE SIMULACIÓN.....	110
2.7.3.	CONTRASTE DE LOS DIFERENTES MODELOS	111
2.8.	RESUMEN.....	113
3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	115
3.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	117
3.2.	PROPOSITO E HIPÓTESIS DE PARTIDA	118
3.3.	MARCO DE INVESTIGACIÓN	121
3.4.	PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LA INVESTIGACIÓN	122
3.4.1.	MOTIVO DE LA INVESTIGACIÓN	124
3.4.2.	ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	125
3.4.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	128
3.4.4.	MÉTODOS PARA LA RECOGIDA DE DATOS.....	129
3.4.5.	ANÁLISIS DE DATOS	133
3.5.	EL ESTUDIO DE CASOS	134
3.6.	DISEÑO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN	136
3.6.1.	ENMARQUE GENERAL DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN	137
3.6.2.	PLANIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN.....	140
3.7.	RESUMEN.....	142
4.	EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN	143
4.1.	INTRODUCCIÓN	145
4.2.	ETAPA Nº 1. SELECCIÓN DE CASOS	146
4.2.1.	RECOGIDA DE EXPRESIONES DE INTERÉS	147
4.2.2.	SELECCIÓN DEFINITIVA DE CASOS.....	147
4.2.3.	PLANTEAMIENTO DEL VSM.....	151
4.2.4.	CREACIÓN DE EQUIPOS.....	153

4.2.5. FORMACIÓN AL EQUIPO	156
4.3. ETAPA N°2: APLICACIÓN DEL VSM	157
4.3.1. ELECCIÓN DE LA FAMILIA DE PRODUCTOS.....	157
4.3.2. MAPEADO DE LA SITUACIÓN INICIAL	159
4.3.3. MAPEADO DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	160
4.3.4. DEFINICIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	161
4.3.5. IMPLANTACIÓN DE LOS PLANES DE MEJORA.....	162
4.3.6. ETAPA N° 4. EVALUACIÓN DEL VSM.....	162
4.4. RESUMEN	163
5. DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO	165
5.1. INTRODUCCIÓN	167
5.2. PRESENTACIÓN DEL CASO. MAIER Y EL NEGOCIO DE TELEFONÍA	168
5.3. ETAPA N° 1. SELECCIÓN DE CASOS	169
5.4. ETAPA N° 2. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA VSM.....	171
5.4.1. ELECCIÓN DE LA FAMILIA DE PRODUCTO.....	171
5.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.....	171
5.4.1.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	173
5.4.2. MAPEADO DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	174
5.4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.....	174
5.4.2.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	179
5.4.3. MAPEADO DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	181
5.4.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.....	181
5.4.3.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	186
5.4.4. DEFINICIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	187
5.4.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.....	187
5.4.5. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO	190
5.4.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA.....	190
5.4.5.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	192
5.5. ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO MAIER.....	192
5.6. RESUMEN	195
6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	197
6.1. INTRODUCCIÓN	199
6.2. VALIDACIÓN DE CASOS.....	200
6.3. PERFIL DE LOS EQUIPOS FORMADOS	202
6.4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA VSM.....	205
6.4.1. ELECCIÓN DEL FLUJO DE VALOR.....	205
6.4.1.1. CARGA DE TRABAJO.....	206
6.4.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA FAMILIA.....	207
6.4.2. CREACIÓN DEL MAPA INICIAL.....	207
6.4.2.1. CARGA DE TRABAJO.....	207
6.4.2.2. EMPLEO DE FUENTES DE DATOS Y HERRAMIENTAS ADICIONALES	208
6.4.3. CREACIÓN DEL MAPA FUTURO	210

6.4.3.1. CARGA DE TRABAJO	210
6.4.3.2. APLICACIÓN DE CONCEPTOS <i>LEAN</i>	212
6.4.4. DEFINICIÓN DEL PLAN DE TRABAJO	217
6.4.4.1. CARGA DE TRABAJO	217
6.4.4.2. CRITERIOS DE ORDENAMIENTO	218
6.4.5. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	218
6.4.6. RESUMEN DEL PROCESO VSM EN SU CONJUNTO.....	220
6.4.7. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL VSM	222
6.5. RESUMEN.....	225
7. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS	227
7.1. INTRODUCCIÓN	229
7.2. CONCLUSIONES	230
7.2.1. HIPÓTESIS Nº 1. EL VSM SOLUCIONA TODO PROBLEMA DE CARIZ LOGÍSTICO PRODUCTIVO EN SU ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	230
7.2.2. HIPÓTESIS Nº2. EL VSM ES UNA TÉCNICA VALIDA PARA TODO TIPO SISTEMA PRODUCTIVO ENMARCADO EN LA MANUFACTURA EN SERIE DE PIEZAS DISCRETAS	231
7.2.3. HIPÓTESIS Nº3. EL VSM ES SUFICIENTE DE CARA A DEFINIR EL ENFOQUE PRODUCTIVO DEL REDISEÑO	232
7.2.4. HIPÓTESIS Nº4. LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE APLICACIÓN DEL VSM ES INDEPENDIENTE DE LA DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN	233
7.2.5. HIPÓTESIS Nº5. LOS RESULTADOS DEL VSM SON SUFICIENTES PARA JUSTIFICAR EL REDISEÑO.....	234
7.2.6. HIPÓTESIS Nº6. LA APLICACIÓN DEL VSM EXPLOTA TODA LA POTENCIALIDAD DE LOS CONCEPTOS <i>LEAN</i>	235
7.2.7. HIPÓTESIS Nº7. LA APLICACIÓN DEL VSM ES RÁPIDA (INFERIOR A 40 HORAS DE TRABAJO POR PARTICIPANTE).....	236
7.2.8. HIPÓTESIS Nº8. EL VSM ES LA REFERENCIA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL REDISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO	237
7.3. LIMITACIONES.....	237
7.4. LÍNEAS FUTURAS	238
7.5. REFINAMIENTO DE LA TEORÍA.....	238
7.5.1. INTRODUCCIÓN AL REFINAMIENTO	238
7.5.2. ESTUDIO CARGA-CAPACIDAD PARA ASIGNACIÓN	239
7.5.3. INTEGRACIÓN DE LA TOC	242
7.6. CONTRIBUCIÓN	246
7.6.1. PAUTAS DE ACTUACIÓN.	247
7.6.2. TÉCNICAS Y CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS.....	247
7.6.3. NIVEL DE FORMACIÓN.....	248
8. REFERENCIAS	249

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ICONOS, MAPAS Y PLANIFICACIÓN VSM.....	267
ANEXO B. FORMULARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	277
ANEXO C. EXPOSICIÓN DE CASOS	297
C1 ASTIGARRAGA KIT LINE.....	299
C2 GEYSER GASTECH S.A.	315
C3 CIE LEGAZPIA	331
C4 UEB. S.L.	351
C5 COMPAÑIA XYZ.....	367

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Ejemplo de posicionamiento de cuello de botella, pulmones y lanzamiento de cuerda (Goldratt, 1986).	44
Fig. 2. Distribución del inventario en la cadena logística. (Holweg et al., 2004).	59
Fig. 3. Rotaciones anuales de inventario en EEUU por sectores económicos. (Marchwinski, 2004).	61
Fig. 4. Rotaciones anuales por tipo de industria manufacturera. (Marchwinski, 2004).	62
Fig. 5. Matriz de familia de productos. (Rother et al., 1998).	75
Fig. 6. Flujo discontinuo. (Rother et al., 1998).	81
Fig. 7. Flujo continuo. (Rother et al., 1998).	81
Fig. 8. Procesos independientes sin equilibrar (Rother et al., 1998).	82
Fig. 9. Procesos equilibrados respecto al takt time (Rother et al., 1998).	83
Fig. 10. Sistema pull (Rother et al., 1998).	84
Fig. 11. Ejemplo de interfaz Orden/Inventario (Hopp et al., 2002).	87
Fig. 12. Ejemplo de línea FIFO con el proceso regulador situado en el 1º proceso (Rother et al., 1998).	89
Fig. 13. Selección del proceso regulador (Rother et al., 1998).	90
Fig. 14. Sistema pull del supermercado (Marchwinski et al., 2003).	92
Fig. 15. Sistema pull secuencial. (Marchwinski et al., 2003).	93
Fig. 16. Sistema pull mixto (Marchwinski et al., 2003).	93
Fig. 17. Loops de control en sistemas complejos (Hyer et al., 2002).	94
Fig. 18. Nivelación del mix de producción (Marchwinski et al., 2003).	96
Fig. 19. Panel heijunka. (Marchwinski et al., 2003).	98
Fig. 20. Rutas estándares para acarreadores (Duggan, 2002).	99
Fig. 21. Ejemplo de funcionamiento del pitch mediante el panel heijunka (Rother et al., 1998.)	100
Fig. 22. Estudio carga/capacidad. (Rother et al., 1998).	101
Fig. 23. Ejemplo de modelo funcional IDEF0 de sistema empresa (Roboam, 1993).	105
Fig. 24. Ejemplo de rejilla GRAI (Roboam, 1993).	108
Fig. 25. Despliegue de redes GRAI (Roboam, 1993).	109
Fig. 26. Ejemplo de red GRAI (Roboam, 1993).	110
Fig. 27. Ejemplo de modelo realizado con software "Witness" (original en color).	111
Fig. 28. Planificación del programa de investigación.	141
Fig. 29. Mapa inicial Maier: TSM-1(original en color)	175
Fig. 30. Mapa inicial Maier. TSM-7 (original en color)	176
Fig. 31. Mapa futuro Maier. TSM-1(original en color).	182
Fig. 32. Mapa futuro Maier. TSM-7 (original en color)	183
Fig. 33. Plan anual de la cadena de valor Maier.	189
Fig. 34. Revisión del flujo de valor Maier.	191
Fig. 35. Ejemplo. Situación inicial.	240
Fig. 36. Ejemplo. Cálculo carga-capacidad.	240

Fig. 37. Ejemplo. Situación ideal.	241
Fig. 38. Ejemplo. Líneas FIFO.....	241
Fig. 39. Ejemplo. Sistemas pull de supermercado	241
Fig. 40. Sistema contra stock. Proceso regulador situado en cuello de botella.....	244
Fig. 41. Producción contra sock no pura. Proceso regulador determinado por interfaz.....	245
Fig. 42. Mapa de la situación inicial de un ejemplo de empresa (Rother et al., 1998)	272
Fig. 43. Mapa de la situación futura del mismo ejemplo de empresa (Rother et al., 1998).....	273
Fig. 44. Determinación de lazos. (Rother et al., 1998).....	274
Fig. 45. Ejemplo de planificación de proyectos de mejora (Rother et al., 1998).....	275
Fig. 46. Ejemplo de documento para la revisión del proceso (Rother et al., 1998).	276
Fig. 47. Mapa inicial AKL. Estanterías.....	303
Fig. 48. Mapa futuro AKL. Estanterías.	306
Fig. 49. Asignación de líneas a baldas y laterales.	307
Fig. 50. Sistema de reaprovisionamiento del almacén de producto neutro.	309
Fig. 51. Plan anual de la cadena de valor AKL.	311
Fig. 52. Revisión del flujo de valor AKL.....	313
Fig. 53. Lay-out inicial (original en color).....	316
Fig. 54. Mapa inicial GEYSER. Líneas 5L (original en color).....	319
Fig. 55. Mapa futuro GEYSER. Líneas 5L (original en color).	322
Fig. 56. Sistema de células tradicional vs. nagare.	323
Fig. 57. Plan anual de la cadena de valor Geyser.	326
Fig. 58. Revisión del flujo de valor Geyser.	328
Fig. 59. Mapa inicial CIE. Estampa inferior. 1ª operación.	336
Fig. 60. Rutas de componentes CIE. Matricería UP3 (original en color).	337
Fig. 61. Método secuenciación (original en color).....	342
Fig. 62. Mapa futuro CIE .Matricería UP3 (original en color).	344
Fig. 63. Automatización cálculo carga-capacidad.	345
Fig. 64. Plan anual de la cadena de valor CIE.	347
Fig. 65. Procedimiento de planificación de matricería.....	348
Fig. 66. Revisión del flujo de valor CIE.....	349
Fig. 67. Mapa inicial UEB. Línea de detonadores.	354
Fig. 68. Mapa futuro UEB. Línea detonadores.....	358
Fig. 69. Plan anual de la cadena de valor. UEB.....	362
Fig. 70. Revisión del flujo de valor. UEB.	364
Fig. 71. Mapa inicial XYZ Bloque de distribución.	369
Fig. 72. Mapa futuro TOC-XYZ Bloque de distribución.....	372
Fig. 73. Mapa futuro lean-XYZ Bloque de distribución.....	373
Fig. 74. Plan anual de la cadena de valor XYZ.	380
Fig. 75. Revisión del flujo de valor XYZ.....	382

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características de empresas manufactureras y de servicio (Krajewski et al., 1996).</i>	28
<i>Tabla 2. La matriz producto-proceso (Hayes et al., 1979a1979b).</i>	32
<i>Tabla 3. Atributos de diferenciación entre Producción Ajustada y Manufactura Ágil (Christopher et al. 2000).</i>	46
<i>Tabla 4. Ejemplo comparativo entre una planta de Producción en Masa y otra de Producción Ajustada (Womack et al., 1990).</i>	56
<i>Tabla 5. Características de las plantas de montaje en 1989 (Womack et al., 1990).</i>	56
<i>Tabla 6. Desempeño de la industria de la automoción en la década de los 90 (Womack et al., 1996).</i>	57
<i>Tabla 7. Horas de mano de obra por vehículo, 1989, 1994, 2000 (Holweg et al., 2004).</i>	58
<i>Tabla 8. Los 10 “no sólo...” del Pensamiento Ajustado (Holweg, 2000).</i>	64
<i>Tabla 9. Diferentes vías para agrupar productos (Hyer et al., 2002).</i>	76
<i>Tabla 10. Adecuación de los sistemas push y pull a diferentes tipos de producción (Hopp et al., 2002).</i>	86
<i>Tabla 11. Caracterización de modelos.</i>	112
<i>Tabla 12. Clasificación de motivos de la investigación (Robson, 2002).</i>	124
<i>Tabla 13. Sumario de las tres estrategias básicas (Oyarbide, 2003).</i>	126
<i>Tabla 14. Selección de métodos de recolección de datos (Oyarbide, 2003).</i>	129
<i>Tabla 15. Fortalezas y debilidades de técnicas de entrevistas (Oyarbide, 2003).</i>	131
<i>Tabla 16. Proceso de desarrollo del cuestionario (Oyarbide, 2003).</i>	133
<i>Tabla 17. Enmarque de la investigación.</i>	139
<i>Tabla 18. Programa de investigación.</i>	145
<i>Tabla 19. Selección de casos definitivos.</i>	149
<i>Tabla 20. Responsables de empresa.</i>	151
<i>Tabla 21. Cargas de trabajo previstas.</i>	155
<i>Tabla 22. Validación de casos. Entrevista telefónica.</i>	170
<i>Tabla 23. Perfil de equipo Maier. Entrevista definición de equipo.</i>	171
<i>Tabla 24. Elección del flujo de valor. Carga de trabajo. Observación.</i>	173
<i>Tabla 25. Elección del flujo de valor. Identificación de familia. Observación.</i>	174
<i>Tabla 26. Creación del mapa inicial. Carga de trabajo. Observación.</i>	180
<i>Tabla 27. Creación del mapa inicial. Empleo de fuentes de datos y herramientas adicionales. Observación.</i>	180
<i>Tabla 28. Creación del mapa inicial. Entrevista final.</i>	180
<i>Tabla 29. Creación del mapa futuro. Carga de trabajo. Observación.</i>	186
<i>Tabla 30. Creación del mapa futuro. Aplicación de conceptos lean. Observación.</i>	187
<i>Tabla 31. Creación del mapa futuro. Entrevista final.</i>	187
<i>Tabla 32. Definición del plan de trabajo. Carga de trabajo. Observación.</i>	190
<i>Tabla 33. Definición del plan de trabajo. Entrevista final.</i>	190

<i>Tabla 34. Implantación del plan de trabajo. Observación y entrevista final.</i>	192
<i>Tabla 35. Resumen VSM. Carga de trabajo. Observación.</i>	193
<i>Tabla 36. Resumen VSM. Valoración de esfuerzo. Entrevista final.</i>	193
<i>Tabla 37. Calificación VSM. Entrevista final.</i>	194
<i>Tabla 38. Fortalezas VSM. Entrevista final.</i>	194
<i>Tabla 39. Debilidades VSM. Entrevista final.</i>	194
<i>Tabla 40. Observaciones finales. Entrevista final.</i>	195
<i>Tabla 41. Validación de casos. Entrevista telefónica.</i>	201
<i>Tabla 42. Perfil de equipo AKL. Entrevista definición de equipo.</i>	202
<i>Tabla 43. Perfil de equipo Geysler. Entrevista definición de equipo.</i>	202
<i>Tabla 44. Perfil de equipo CIE. Entrevista definición de equipo.</i>	203
<i>Tabla 45. Perfil de equipo Maier. Entrevista definición de equipo.</i>	203
<i>Tabla 46. Perfil de equipo UEB. Entrevista definición de equipo.</i>	203
<i>Tabla 47. Perfil de equipo Compañía XYZ. Entrevista definición de equipo.</i>	204
<i>Tabla 48. Elección del flujo de valor. Carga de trabajo. Observación.</i>	206
<i>Tabla 49. Elección del flujo de valor. Identificación de familia. Observación.</i>	207
<i>Tabla 50. Creación del mapa inicial. Carga de trabajo. Observación.</i>	208
<i>Tabla 51. Creación del mapa inicial. Empleo de fuentes de datos y herramientas adicionales. Observación.</i>	209
<i>Tabla 52. Creación del mapa inicial. Entrevista final.</i>	209
<i>Tabla 53. Creación del mapa futuro. Carga de trabajo. Observación.</i>	211
<i>Tabla 54. Creación del mapa futuro. Aplicación de conceptos lean. Observación.</i>	212
<i>Tabla 55. Creación del mapa futuro. Entrevista final.</i>	215
<i>Tabla 56. Definición del plan de trabajo. Carga de trabajo. Observación.</i>	217
<i>Tabla 57. Definición del plan de trabajo. Entrevista final.</i>	218
<i>Tabla 58. Implantación del plan de trabajo. Observación y entrevista final.</i>	219
<i>Tabla 59. Resumen VSM. Carga de trabajo. Observación.</i>	220
<i>Tabla 60. Resumen VSM. Valoración de esfuerzo. Entrevista final.</i>	222
<i>Tabla 61. Calificación VSM. Entrevista final.</i>	222
<i>Tabla 62. Fortalezas VSM. Entrevista final.</i>	223
<i>Tabla 63. Debilidades VSM. Entrevista final.</i>	224
<i>Tabla 64. Observaciones finales. Entrevista final.</i>	225
<i>Tabla 65. Conclusiones. Rango de problemáticas logísticas.</i>	231
<i>Tabla 66. Conclusiones. Campo de entornos productivos.</i>	232
<i>Tabla 67. Conclusiones. Integración con otros conceptos.</i>	233
<i>Tabla 68. Conclusiones. Necesidad de apoyo de herramientas informáticas.</i>	234
<i>Tabla 69. Conclusiones. Necesidad de demostración de mejoras.</i>	235
<i>Tabla 70. Conclusiones. Aplicación de conceptos lean.</i>	236
<i>Tabla 71. Conclusiones. Tiempo y esfuerzo requerido.</i>	237
<i>Tabla 72. Conclusiones. Validez como referencia.</i>	237
<i>Tabla 73. Iconos de material VSM (Marchwinski et al., 2003).</i>	269
<i>Tabla 74. Iconos de información VSM (Marchwinski et al., 2003).</i>	270

<i>Tabla 75. Iconos generales VSM (Marchwinski et al., 2003)</i>	271
<i>Tabla 76. Experiencias lean</i>	284
<i>Tabla 77. Plantilla de perfil de equipo</i>	285
<i>Tabla 78. Plantilla de carga de trabajo</i>	286
<i>Tabla 79. Diferentes vías para agrupar productos (Hyer et al., 2002)</i>	287
<i>Tabla 80. Plantilla de carga de trabajo</i>	288
<i>Tabla 81. Plantilla de empleo de Sistemas de Información</i>	288
<i>Tabla 82. Plantilla de carga de trabajo</i>	289
<i>Tabla 83. Plantilla de conceptos lean</i>	289
<i>Tabla 84. Plantilla de carga de trabajo</i>	290
<i>Tabla 85. Plantilla de carga de trabajo</i>	291
<i>Tabla 86. Perfil del equipo AKL</i>	300
<i>Tabla 87. Perfil del equipo Geyser</i>	318
<i>Tabla 88. Perfil del equipo CIE</i>	334
<i>Tabla 89. Perfil del equipo UEB</i>	352
<i>Tabla 90. Perfil del equipo XYZ</i>	368
<i>Tabla 91. Ejemplo programación TOC</i>	376

ABREVIACIONES EMPLEADAS

Abreviación	Referencia	Traducción
APICS	<i>American Production and Inventory Control Society</i>	<i>Sociedad Americana para el control de producción e inventarios.</i>
BTO	<i>Build To Order</i>	<i>Producir bajo pedido</i>
CAPV	<i>Comunidad Autónoma del País Vasco</i>	
CONWIP	<i>Constant Work In Process</i>	<i>Trabajo en curso constante</i>
DBR	<i>Drum, Buffer, Rope</i>	<i>Tambor, Pulmón, Cuerda</i>
EPEI	<i>Every Part Every Interval</i>	<i>Periodo de cobertura</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	<i>Planificación de recursos de empresa</i>
ESP	<i>Equalized and Synchronized Production</i>	<i>Producción ecualizada y sincronizada</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>	<i>Primero que entra, primero que sale</i>
GRAI	<i>Graphes à Resultats et Activités Interreliés</i>	<i>Grafos de resultados y actividades interrelacionadas</i>
IDEF0	<i>Icam DEFinition Zero</i>	
JIT	<i>Just In Time</i>	<i>Justo a tiempo</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>	<i>Instituto tecnológico de Massachusetts</i>
MCC	<i>Mondragón Corporación Cooperativa</i>	
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>	<i>Planificación de requerimientos de material</i>
PIB	<i>Producto Interior Bruto</i>	
PIVM	<i>Programa Internacional de Vehículos de motor</i>	
PJP	<i>Planificación Jerárquica de la Producción</i>	
PNB	<i>Producto Nacional Bruto</i>	
POLCA	<i>Paired cells Overlapping Loops of Cards with Authorization</i>	<i>Solapamiento de parejas de células con tarjetas de autorización</i>
PYME	<i>Pequeña Y Mediana Empresa</i>	
QR	<i>Quick Response</i>	<i>Respuesta rápida</i>
QRM	<i>Quick Response Manufacturing</i>	<i>Manufactura de respuesta rápida</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>	<i>Gestión de la cadena de suministros</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>	<i>Cambio de herramienta en menos de 10 minutos</i>
TBC	<i>Time Based Competition</i>	<i>Competitividad basada en tiempo</i>
TOC	<i>Theory Of Constraints</i>	<i>Teoría de las restricciones</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>	<i>Sistema de producción Toyota</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>	<i>Gestión de la calidad total</i>
UE	<i>Unión Europea</i>	
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>Mapeado del Flujo de Valor</i>

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MARCO DE INVESTIGACIÓN

Las empresas manufactureras se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos al objeto de alcanzar la competitividad con la que afrontar los retos de los mercados actuales. Es necesario por tanto, disponer de técnicas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos.

El *Value Stream Mapping* (VSM) o mapeado del flujo de valor, es una herramienta desarrollada en el seno del modelo productivo de la Producción Ajustada (*Lean Production*) y particularmente enfocada a las empresas manufactureras dedicadas a la producción seriada de piezas discretas. Se fundamenta en la aplicación secuenciada de las siguientes etapas por parte de un equipo creado para tal fin:

1. Elección de la familia de productos.
2. Mapeado o cartografiado del estado inicial referente al flujo de materiales y de su información asociada.
3. Mapeado de la situación futura sobre la base de pautas aportadas por la Producción Ajustada.
4. Definición e implantación de un plan de trabajo.

El cumplimiento de las fases citadas habrá de derivar en el rediseño e implantación de un nuevo modelo productivo adaptado en un mayor grado a las exigencias actuales y futuras de coste y nivel de servicio.

1.2. PROPÓSITO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El VSM se percibe como una técnica práctica para el fin que se trata de alcanzar: el diseño y creación de entornos productivos flexibles y eficientes. No obstante, no se conoce ningún análisis científico cruzado que haya sido divulgado en el campo científico que explore en profundidad la verdadera aplicabilidad y potencialidad del VSM en diferentes entornos fabriles de producción seriada de piezas discretas. Es decir, el análisis de aspectos tales como, las fortalezas y debilidades de la herramienta, su contexto práctico de aplicación, el tiempo, esfuerzo y la formación requerida, los recursos necesarios y las posibilidades de combinación y adaptación con otras técnicas y conceptos productivos. En definitiva, el principal propósito del presente estudio científico ha sido la exploración y determinación de la aplicabilidad de la técnica VSM.

La metodología investigadora se ha basado en el estudio múltiple de casos. Tras la identificación de seis empresas manufactureras interesadas en resolver diferentes problemas productivos, se ha llevado a cabo el proceso propuesto por el VSM en cada uno de los casos. Las conclusiones alcanzadas por el análisis se derivan principalmente de la observación exhaustiva de todas y cada una de las etapas del proceso, así como de la triangulación alcanzada mediante entrevistas con los miembros de los equipos responsables de la puesta en práctica.

Sobre la base del programa de investigación desarrollado, la presente tesis contribuye particularmente a, por un lado, profundizar en el entendimiento de la verdadera capacidad del VSM; y por otro lado, a fijar aspectos y proporcionar recursos de refinamiento de la teoría VSM. Todo ello de cara a una mejor adaptación de la técnica a los requerimientos de las empresas y a una facilitación de su empleo por parte de los equipos formados para su aplicación.

1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis se presenta estructurada en cinco secciones principales:

La **sección número 1** referente a la introducción de la presente disertación.

La **sección número 2** (marco de investigación), aporta la revisión de la literatura referida al contexto teórico en el que se enmarca la investigación. Se presentan las diferentes concepciones históricas existentes en cuanto a la configuración base de los sistemas productivos; se muestran los retos y necesidades actuales que han de afrontar las empresas manufactureras; se analiza la Producción Ajustada como un enfoque válido para estructurar y diseñar los sistemas productivos de manufactura seriada; asimismo, se presenta el VSM como una técnica de aplicación posible para tal fin; por último, se desarrolla y analiza la misma técnica con profundidad y se identifican las diferencias existentes respecto a otros modelos diseñados para el mismo fin

La **sección número 3** (metodología de investigación), desarrolla el propósito, los objetivos parciales y el proyecto de la investigación. Asimismo, presenta y justifica la metodología investigadora adoptada para asegurar el cumplimiento de los objetivos determinados.

La **sección número 4** (ejecución del programa de investigación), presenta el planteamiento del desarrollo práctico del programa diseñado en la sección precedente y despliega sus detalles a medida que se avanza en la exposición.

La **sección número 5** (desarrollo de un caso práctico), expone en detalle el programa y el método de investigación aplicado al seguimiento de uno de los casos seleccionados. El resto de los casos son descritos en los anexos del documento.

La **sección número 6** (resultados de la investigación) muestra los resultados obtenidos, que son analizados y discutidos con detalle.

Por último, la **sección número 7** (conclusiones y líneas futuras), concluye la tesis con un análisis de la generalización del estudio, la aportación al conocimiento realizada junto con un refinamiento de la teoría, las limitaciones de la investigación llevada a cabo y las posibles direcciones de investigación futura que pueden partir de la presente disertación.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El propósito de esta primera sección es analizar y describir el marco teórico en el que se va a llevar a cabo la tesis. Para ello, sobre la base de la revisión de la literatura existente en el ámbito en cuestión, se van a desarrollar los siguientes puntos:

- Mostrar la importancia del sector manufacturero en la economía mundial.
- Presentar los sistemas productivos como las plataformas en las que se desarrolla la manufactura de bienes en el ámbito industrial.
- Exponer la evolución histórica y las bases teóricas de las diferentes concepciones o modelos existentes en la forma de interpretar y organizar los sistemas productivos.
- Revelar la Producción Ajustada como un modelo de organización de sistemas productivos adaptado a las cada vez mayores exigencias del mercado global.
- Analizar los resultados reales obtenidos por la aplicación de los conceptos y técnicas propuestas por la Producción Ajustada, así como profundizar en las causas de tales resultados.
- Analizar las necesidades actuales de las empresas manufactureras en cuanto a la mejora y adaptación de los sistemas productivos.
- Exponer la técnica *Value Stream Mapping* (VSM) desarrollada al amparo de la Producción Ajustada como alternativa para la resolución de las necesidades mostradas por las empresas.

2.2. EL SECTOR MANUFACTURERO

La manufactura, o proceso de transformación, está relacionada con las operaciones requeridas para producir bienes, servicios o una combinación de ambas. En el proceso de transformación se emplean recursos para cambiar el estado o condición de objetos para convertirlos en *outputs*. En otras palabras, las operaciones manufactureras parten de unos recursos *inputs*, que se emplean tanto para transformarse a sí mismos como para transformar otros elementos en *outputs* de bienes y/o servicios (Slack et al. , 1998).

Si bien el proceso de transformación puede referirse tanto a productos como a servicios, la presente tesis se limitará al marco los sistemas productivos o manufactureros relacionados principalmente con la producción de bienes. Como se puede observar en la tabla 1, las empresas o compañías dedicadas a la producción de bienes tienen ciertas diferencias respecto a las productoras de servicios (Krajewski et al., 1996); aunque hoy en día muchas firmas ofrecen tanto productos como servicios y estas distinciones no son claras ni se cumplen del todo, sirven para referenciar el contexto del estudio.

Tabla 1. Características de empresas manufactureras y de servicio (Krajewski et al., 1996).

Empresas manufactureras (productos)	Empresas de servicios
<i>Producto físico y duradero</i>	<i>Producto intangible y perecedero</i>
<i>Las salidas pueden ser inventariadas</i>	<i>Las salidas no pueden ser inventariadas</i>
<i>Poco contacto con el cliente</i>	<i>Alto contacto con el cliente</i>
<i>Largo tiempo de respuesta</i>	<i>Tiempo de respuesta corto</i>
<i>Mercados regionales, nacionales o internacionales</i>	<i>Mercados locales</i>
<i>Plantas productivas de relativo tamaño</i>	<i>Plantas de menor tamaño</i>
<i>Grandes inversiones en capital</i>	<i>Grandes inversiones en trabajo</i>
<i>Calidad fácilmente medible</i>	<i>Calidad no tan fácilmente medible</i>

La manufactura se integra dentro del sector secundario o industrial. Dicho sector comprende tres conjuntos diferenciados de actividades: el sector energético, las industrias extractivas y las industrias manufactureras objeto del estudio (Ikei S.A., 2002).

Los sectores manufactureros se pueden clasificar de acuerdo a subsectores: desde industria textil a construcción de maquinaria, desde productos relacionados

con la madera, a cuero y zapatos, desde industria papelera a química, desde electrónica a aeronáutica, desde instrumentos y sistemas de control a vehículos a motor (European Commission, 2004).

A pesar del incremento del sector servicios en virtualmente todas las economías en las recientes décadas, durante la mayor parte de los últimos 50 años la producción manufacturera ha sido el principal conductor de la economía global. Todo esto ha sido especialmente cierto para aquellos países que se han ido integrando progresivamente en la economía global (Dicken, 2003). Así pues, el sector manufacturero es a nivel mundial el mayor contribuyente a la economía global, suponiendo casi tres cuartas partes del comercio mundial (Oyarbide, 2003).

Tan sólo en EEUU aproximadamente la mitad del Producto Interior Bruto (PIB) y del empleo depende del sector manufacturero (Hopp et al., 2000). En cuanto a la Unión Europea (UE) se refiere, existen más de 26 millones de empresas de las que el número de negocios manufactureros es el 10% del total (unos 2,5 millones), de los cuales el 99% son Pequeñas y Medianas Empresas (PYME-s) o aquellas que emplean a menos de 250 trabajadores. La actividad manufacturera representa aproximadamente el 22% del Producto Nacional Bruto (PNB) de la UE. Se estima que el 75% del PIB y el 70% del empleo depende de la manufactura, ya que por cada empleo directo en la industria hay otros dos relacionados pertenecientes al sector servicios. La tendencia muestra que a pesar de que cada vez menos empleos directos dependen de la industria, cada vez hay más indirectos relacionados con el sector servicios conectados con ésta (European Commission, 2004), (Lehendakaritza, 1998).

Por tanto, y tal y como los datos aportados indican, la manufactura, integrada en el sector industrial, es un gran generador de actividad y empleo tanto en el marco global como en el europeo.

2.3. LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

El proceso de transformación o manufactura se realiza sobre la base de los denominados **sistemas productivos** específicamente diseñados para tal fin.

Un sistema productivo o manufacturero es una **red** de **procesos** orientada a un **objetivo** a través de la cual **fluyen entidades**. (Hopp et al., 2000)

- Tiene un **objetivo** principal, que generalmente será el de ganar dinero.
- Contiene **procesos**. Estos pueden ser los procesos físicos de fabricación habituales (corte, taladrado, soldadura...), pero también se incluyen otros procesos que soportan y apoyan a los procesos directos de fabricación o transformación de los productos (gestión de pedidos, expediciones, mantenimiento...).
- Las **entidades** no incluyen solamente las piezas o productos fabricados, sino que también la información que se emplea para controlar el sistema.
- El **flujo** de entidades a través del sistema describe como se procesan los materiales y la información. La gestión de este flujo es la tarea más importante de un responsable de producción.
- Es una **red** de partes que interactúan. La gestión de estas interacciones es tan importante como la gestión de los procesos o entidades individuales.

Los entornos manufactureros o productivos varían de una forma importante dependiendo de la estructura de sus procesos, es decir, de la manera en que los productos fluyen por la planta fabril. Una posible clasificación genérica de los entornos manufactureros se refiere a la distinción de cuatro categorías principales (Hayes et al., 1979a, 1979b), (White et al., 2001)

Talleres funcionales o job-shops

Se fabrican lotes pequeños de productos discretos con una gran variedad de rutas a través de la planta. El flujo a través de la planta es complicado, son comunes las diferentes preparaciones de máquinas, y el entorno se asemeja más a una atmósfera de proyecto que a una producción seriada.

Líneas de flujo desconectadas

Los lotes de productos discretos son fabricados en un número limitado de rutas identificables. Las estaciones individuales entre las líneas no están conectadas por un sistema rítmico de manutención de materiales, por lo que se puede acumular

inventario entre las estaciones. Se puede afirmar que los sistemas productivos dedicados a la manufactura en serie de lotes de piezas discretas responden a esta configuración.

Líneas de flujo conectadas

La línea de montaje hecha famosa por Henry Ford responde a esta configuración. El producto es fabricado y montado a lo largo de una ruta rígida conectada por un sistema de movimiento de materiales rítmico. Hoy en día, estas líneas están muy extendidas en las plantas de montaje de automóviles, pero no son muy comunes entre otros sectores.

Procesos de flujos continuos

Productos continuos (comida, productos químicos, aceites, materiales para la construcción...) fluyen automáticamente a través de una ruta fija para conseguir grandes eficiencias y uniformidad de producto.

La tabla 2 muestra la relación que existe entre el tipo de configuración del sistema productivo y el tipo de producto.

Tabla 2. La matriz producto-proceso (Hayes et al., 1979a1979b).

Etapa ciclo de vida de producto. Estructura de proceso.	<i>I.- Volumen y estandarización baja, una unidad de cada tipo.</i>	<i>II.- Multiplicidad de productos. Bajo volumen.</i>	<i>III.- Pequeño catalogo, volumen más alto.</i>	<i>IV.- Alto volumen y estandarización, productos de consumo.</i>
<i>Taller funcional (job-shop)</i>	<i>Imprenta comercial</i>			<i>No permisible</i>
<i>Línea de flujo desconectada (lotes)</i>		<i>Equipamiento pesado</i>		
<i>Línea de flujo conectada (línea de ensamble)</i>			<i>Montaje de automóviles</i>	
<i>Flujo continuo</i>	<i>No permisible</i>			<i>Refinería de azúcar</i>

La presente tesis se centra en el marco de la mejora de los sistemas productivos en la propia planta y principalmente en el entorno de la producción de partes o piezas discretas en líneas de flujo desconectadas por ser las más habituales en el sector manufacturero.

2.4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Desde el siglo XIX los sistemas productivos empleados en el sector industrial han ido evolucionando. Se podrían definir tres sistemas o modelos que han marcado las características principales de los métodos de producción, objetivos de la compañías, roles de los empleados y los tipos de productos a fabricar. Esto son: el sistema de Producción Artesana, la Producción en Masa y la Producción Ajustada.

Dichos cambios han venido impulsados sobre todo por el nacimiento y desarrollo de la industria de la automoción, “la industria de las industrias” según Peter Drucker, una de las que mayor actividad manufacturera ha generado y genera en el mundo (Womack et al., 1990). Las características definitorias de cada sistema

o filosofía de producción se resumen a continuación en base a la evolución de la industria de construcción de automóviles.

2.4.1. La Producción Artesana

La Producción Artesana es la que inicialmente se aplicó al inicio del desarrollo de la industria automovilística a finales del siglo XIX. Aún hoy en día subsisten unos pocos constructores muy selectos en el mundo con no pocas dificultades para seguir adelante con el sistema.

Las características principales se resumen estructuradas en (Dicken, 2003), (Woll, 2003), (Peaucelle, 2000):

Roles y capacidades de los trabajadores

- Profesionales altamente cualificados.
- Comprensión de los principios mecánicos, de diseño y de materiales con los que trabajan.
- En numerosos casos no existe división de trabajo entre mandos y mano de obra.
- Existencia de la figura del ajustador, quien se dedica a ajustar las piezas entre si.
- Curva de carrera larga desde aprendiz a maestro artesano.

Métodos de producción

- Herramientas y maquinaria flexible y multipropósito.
- Gran variedad de trabajos.
- Disposición fija del producto base en la planta de fabricación y montaje.

Tipo de producto

- Personalizado para cada cliente.
- Chofer y mecánico necesario para el uso.
- Bajo volumen de producción.

- Alto coste.
- Gran cantidad de variantes.
- Notable calidad del producto.

Objetivos

- Hacer exactamente lo que el cliente demanda.
- Lograr las características del producto demandadas y personalización del mismo.

Problemas

- Altos costes de fabricación.
- El coste se incrementa proporcionalmente al volumen de producción.
- Discontinuidad en la producción.
- Ningún sistema estándar de montaje.
- Poca consistencia y fiabilidad del producto.
- Dificultad de adoptar innovaciones tecnológicas.

2.4.2. La Producción en Masa

El gran impulsor de este sistema fue Henry Ford con el lanzamiento al mercado del modelo *Ford T* en 1908. Coche diseñado para la fabricación y de fácil uso y mantenimiento. “La clave de la Producción en Masa no fue la cadena de montaje móvil o continua, como creía y cree mucha gente, sino la total y coherente intercambiabilidad de las partes y la sencillez de su ensamble. Estas fueron las innovaciones que hicieron posible la cadena de montaje” (Womack et al., 2002). La Producción en Masa alcanza su cenit con la firma *General Motors* aproximadamente en 1955.

Las principales particularidades se podrían sintetizar en (Dicken, 2003), (Woll, 2003), (Peaucelle, 2000), (Duguay et al. 1997):

Roles y capacidades de los trabajadores

- Trabajadores muy especializados, profesiones de creación específica (ingenierías industriales, producción, calidad...).
- Mano de obra de calificación baja o media.
- Cada trabajador cumple una única tarea.
- Trabajadores intercambiables.

Métodos de producción

- Herramientas de funcionalidades rígidas.
- Máquinas caras de un solo propósito.
- Trabajo aburrido y poco motivador.
- Intercambiabilidad completa y consistente de componentes y simplicidad de montaje.
- Las piezas y componentes son entregados a cada trabajador.
- Se emplea una cadena de montaje móvil.

Tipo de producto

- Productos estandarizados.
- Cualquier usuario puede conducir y mantener un coche.
- Altos volúmenes de producción.
- Bajo coste por producto. A mayor volumen de producción menor coste.
- Baja variedad del producto.
- Baja calidad.

Objetivos

- Marcar metas limitadas para permitir un número aceptable de defectos, una cantidad máxima de inventario y un estrecho margen de productos estándares.
- Altos costes para la mejora de la metas fijadas.

- Reducción de componentes necesarios para la fabricación del coche.

Problemas

- Trabajo poco motivador, curva de carrera corta para los trabajadores.
- Baja calidad de los productos.
- Se elimina el énfasis de la Producción Artesanal en la calidad y en el orgullo del trabajo.

Hoy en día, el mundo industrial se encuentra en un periodo en el que el modelo de Producción en Masa, a pesar de sus desventajas y su cuestionamiento generalizado, sigue imperando en gran cantidad de industrias a lo largo y ancho del planeta. Si bien muchas de ellas han adoptado nuevas técnicas, experiencias o proyectos de mejora en técnicas de producción, su filosofía sigue basándose en los preceptos de la Producción en Masa (Womack et al., 1990), (Holweg et al., 2004).

2.4.3. La Producción Ajustada

También denominada con *Lean Production* o *Lean Manufacturing*. Surge en Japón tras la segunda guerra mundial y la firma que va adaptando este enfoque es en un inicio *Toyota*. Por aquel entonces la economía japonesa mostraba las siguientes particularidades en cuanto al sector de la automoción (Womack et al., 1990), (Hines et a. 2004):

- Mercado doméstico de pequeño tamaño y demandando una amplia gama de vehículos.
- Buena posición de trabajadores y sindicatos en las negociaciones colectivas y no dispuestos a ser tratados como piezas intercambiables, tal y como ocurría con la Producción en Masa.
- Nula inmigración dispuesta a trabajar en condiciones desfavorables.
- Carencia de capital para proveerse de últimas tecnologías occidentales.
- Prohibición por parte del gobierno japonés de inversiones extranjeras directas.

Toyota, *Nissan* y otras marcas decidieron afrontar esta tesitura en base a producir coches con variedad de modelos nuevos bajo un enfoque diferente al imperante en el mundo occidental. Taiichi Ohno, ingeniero de *Toyota* y uno de los artífices del proyecto, denominó al nuevo enfoque **Sistema de Producción Toyota** (TPS) (Ohno, 1993), (Womack et al., 1990), (Womack et al., 1994), (Holweg et al., 2006).

El TPS se sustenta en dos claves: El Justo a Tiempo o *Just in Time* (JIT) y la “autonomatización”, *Jidoka* en japonés.

- La “autonomatización” significa la automatización con un toque humano; las máquinas han de ser capaces de detectar errores y defectos y actuar automáticamente en consecuencia.
- El JIT se refiere a la producción y entrega de los productos correctos, en la cantidad adecuada y en el preciso momento en el que se necesitan en el punto de consumo. El sustento en el que se basa el JIT es el uso del *kanban* (tarjeta en japonés) como sistema de petición de materiales aguas arriba en el proceso, o sistema de tirón *pull* (Ohno, 1993) junto con la nivelación de la producción (Hopp et al., 2002). El JIT es un término que ha sufrido cierta evolución que se expondrá en el punto 2.4.3.2.

Uno de los factores del éxito de *Toyota* consistió en la mejora en la reducción de los tiempos de preparación de maquinaria; lo que supuso una reducción significativa en los tamaños de lotes de fabricación, una mejora en la calidad de los productos al ser detectadas las piezas defectuosas antes y con menor coste en las partidas más pequeñas, y una adaptación a la demanda del mercado con diferentes modelos. Por otro lado, la reducción de los tiempos de cambio también supuso la simplificación de los mismos cambios y la posibilidad de que el propio operario pudiera efectuarlos involucrándose en la solución de los problemas que pudieran surgir.

Otros de los factores determinantes, fueron el logro del empleo vitalicio y la consecución de un salario gradual basado más en la antigüedad que en las funciones; a cambio de flexibilidad ante los cambios de puestos e implicación en las iniciativas de mejoras. De este modo, los trabajadores se convirtieron en miembros

de la comunidad *Toyota*. Así, al convertir el coste de la mano de obra en coste fijo, adquirió sentido el aumentar la capacitación de los trabajadores.

Los operarios fueron organizados en equipos dirigidos por un líder en vez de un capataz, estos equipos se implicaban en procesos continuos y acumulativos de mejora llamados *kaizen*¹ en japonés. Otra de las mejoras fue otorgar a los trabajadores la posibilidad de parar las líneas de montaje en el momento en que surgiese un problema para involucrarse directamente en la resolución del mismo, lo que trajo consigo grandes mejoras de calidad de los productos fabricados. Hoy en día, *Toyota*, a diferencia de otras marcas, sigue empleando este sistema en sus cadenas de montaje final de automóviles, ya que divide toda la línea en segmentos de 20 estaciones con *buffers* de 5 unidades entre ellas para que los trabajadores puedan parar el segmento sin comprometer a toda la línea (Baudin, 2002).

La implantación plena del TPS derivó en las siguientes mejoras en estos diferentes aspectos (Womack et al., 1990):

La cadena de suministro

Las innovaciones realizadas en la mejora de toda la cadena logística fueron:

- Organización de proveedores en filas funcionales. Se lanzan proyectos de mejora a la fila anterior de la cadena. Los proveedores de dicha fila colaboran entre ellos.
- Los proveedores participan en el lanzamiento y desarrollo de los productos dando soluciones al requerimiento de especificaciones funcionales por parte de *Toyota*. Mientras tanto, los productores en masa se dedican al diseño detallado de las piezas a suministrar.
- Hay participación accionarial y financiera entre las diferentes empresas que participan en la red.
- Se comparte personal entre las compañías.

¹ Conceptos como *kaizen*, *kanban*, *pull*, *takt time*, flujo continuo, producción nivelada, *heijunka*, etc. serán analizados más detalladamente en el apartado 2.7.1. correspondiente al estudio del *Value Stream Mapping*.

- Se crea un nuevo modo de coordinar el flujo diario de las piezas dentro del sistema de suministro.

Ingeniería de producto

La ingeniería de producto abarcará también a la ingeniería de proceso y a la industrial. Se llevará a cabo el trabajo en equipo con recompensas al trabajo duro dentro del equipo más que en un área funcional en concreto.

Demanda del consumidor

El sistema *Toyota* supuso adaptarse a muchos segmentos de productos siendo la alta fiabilidad del mismo el mayor argumento de venta.

Trato con los clientes

Toyota buscó una relación a largo plazo con los clientes tratando de fidelizarlos mediante diferentes gamas de productos de acuerdo a la necesidad concreta de cada cliente; para ello se valió de técnicas de venta agresiva y de bases de datos con información pormenorizada de cada cliente. Otra decisión importante, debida a la flexibilidad lograda en las plantas de producción y en la cadena de suministro, fue el tratar de producir coches bajo pedido en lugar de contra stock.

2.4.3.1. DIVULGACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA

Para inicio de la década de los sesenta *Toyota* ya había puesto en práctica su nuevo sistema. Otras firmas japonesas también adoptaron los mismos preceptos años más tarde, aunque no en el mismo grado.

Lo cierto es que para mediados de los años sesenta, el promedio de las firmas japonesas ya habían obtenido una enorme ventaja sobre las de Producción en Masa en todas partes del mundo y eran capaces de elevar constantemente su cuota de producción mundial de vehículos a motor.

Tal éxito, no fue corroborado en occidente hasta inicios de la década de los ochenta, que es cuando se comienzan a divulgar sus bases bajo los nombres de TPS o JIT mediante la sucesiva publicación de libros tanto por autores estadounidenses y japoneses tales como Hall (1981), Schonberger (1982, 1986), Monden (1983), Shingo (1981,1985), Ohno (1993).

Para finales de la misma década, la fama adquirida comenzó a verse eclipsada por la divulgación de los Sistemas de Información ERP o *Enterprise Resource Planning*; hasta 1990, año en el que es publicado el libro “La máquina que cambió el mundo” (Womack et al., 1990), en el que el TPS es rebautizado por el término de Producción Ajustada. Este libro, resultado del denominado *Programa Internacional de Vehículos de Motor (PIVM)* desarrollado por el *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* desde 1985 a 1990, recoge en un estudio pormenorizado las claves del éxito japonés en el sector de la automoción y asienta las bases teóricas para que los fabricantes de automóviles situados en el paradigma de la Producción en Masa comiencen su transición hacia la Producción Ajustada (Holweg et al., 2004).

Por otro lado, el TPS también derivó en un movimiento paralelo aún mayor si cabe, denominado *Total Quality Management (TQM)* o Gestión Total de la Calidad, que adquirió gran notoriedad al estar muy relacionada con las certificaciones ISO-9000. Un enfoque más moderno del TQM es el sistema *Seis Sigma* basado en el desarrollo de técnicas estadísticas para la mejora de la calidad. Hoy en día también hay cierta tendencia a la confluencia entre la Producción Ajustada y el *Seis Sigma* mediante el desarrollo y divulgación de literatura específica (George, 2002), (Drickhamer, 2006).

Si bien discutida en ciertos ámbitos, tal y como se expone el apartado 2.6., la Producción Ajustada sigue vigente en el marco de la divulgación científica y empresarial en esta primera década del siglo XXI.

2.4.3.2. JIT VS. PRODUCCIÓN AJUSTADA

El término JIT recoge diferentes acepciones que conducen a equívocos y que conviene aclarar mediante un repaso de las definiciones declaradas por autores de

renombre. Asimismo, es necesaria fijar la relación existente entre ambos términos: JIT y Producción Ajustada.

Autores relacionados con la Producción Ajustada, a partir de confirmar que el TPS se sustenta en el JIT y en la “autonomatización”, matizan que el JIT es “un sistema para producir y entregar los productos correctos en el preciso momento y en la cantidad adecuada (...) los elementos clave del JIT son: flujo continuo (lotes de transferencia de pieza unitarios), sistemas de tirón o *pull*, trabajo estandarizado (con inventario en curso estándar) y *takt time* o producción rítmica” (Rother et al., 1998), (Marchwinski et al., 2003)

Norman Gaither y Greg Frazier (2002) recogen la definición del JIT del diccionario de la asociación APICS (*American Production and Inventory Control Society*):

“Una filosofía de producción basada en la planificada eliminación del despilfarro y en la mejora continua de la productividad. Busca la ejecución correcta de todas las actividades de fabricación requeridas para producir un producto final, desde el diseño de ingeniería hasta la entrega, e incluye todos los estados de transformación desde la materia prima en adelante. Los principales elementos del JIT son: el tener sólo el inventario requerido en el momento en el que se precise; mejorar la calidad hasta el cero defectos; reducir los periodos de maduración mediante la reducción de los tiempos de preparación, longitudes de colas, y tamaños de lotes; revisar las operaciones constantemente; y conseguir todo lo citado al mínimo coste. En el sentido más amplio, se puede aplicar a todo tipo de fabricación: talleres funcionales, orientadas al proceso y fabricación seriada, incluso a numerosas empresas de servicios también.”

Dicho diccionario habla de la Producción Ajustada como:

“Una filosofía de producción que enfatiza la minimización de todos los recursos (incluido el tiempo) empleado en varias actividades de la empresa. Incluye la identificación y eliminación actividades que no añaden valor en el diseño, producción, gestión de la cadena de suministro, y la entrega a los clientes. Los productores ajustados emplean equipos interdisciplinados de trabajadores a todos

los niveles de la organización y emplean maquinaria muy flexible y cada vez más automatizada para producir volúmenes de productos con cada vez mayor variedad.”

Gaither y Frazier no encuentran diferencias reseñables entre ambos términos. Por otro lado, autores como Hyer y Wemmerlöv identifican la Producción Ajustada como un nombre más moderno para el JIT, aunque reconocen que la Producción Ajustada está más enraizada en el sector de la automoción y que la literatura relevante hace mayor hincapié en conceptos como la producción rítmica (relacionada con el concepto *takt time*), el empleo de células, y la aplicación del concepto de la cadena o flujo de valor como comienzo para la renovación organizacional (Hyer et al., 2002).

Por otro lado, Hopp y Spearman citan que la Producción Ajustada es un concepto más amplio (2000) y más moderno (2002) que el JIT. Argumento también referido por Huson y Nanda (1995).

Por lo expuesto, la presente tesis coincide con los autores anteriores en reseñar que no hay diferencias significativas entre el sistema JIT y la Producción Ajustada. Por tanto, la presente tesis empleará el término de Producción Ajustada para englobar ambos términos.

2.4.4. Otros enfoques

Durante los últimos años, junto con el desarrollo de la Producción Ajustada, otras tendencias o escuelas han creado y divulgado sus particulares estrategias para la mejora de los sistemas productivos y cadenas de suministro. Algunas de ellas se presentan como herederas de la Producción Ajustada ante las actuales tesituras y condicionantes del mercado y otras se muestran como estrategias alternativas para empresas y/o sectores que en teoría no se adaptan del todo a la posibilidad de implantar la Producción Ajustada de una forma muy purista.

En este apartado 2.4.4. se exponen aquellas teorías que tituladas con su acrónimo correspondiente han logrado mayor resonancia a nivel mundial.

2.4.4.1. TEORÍA DE LAS LIMITACIONES (TOC)

La TOC (*Theory Of Constraints*) es un método para el cambio organizacional desarrollado en los años 80 por Eliyahu Goldratt. Sus principios se basan en la adecuada gestión de la limitación del sistema, *constraint* o cuello de botella. La limitación es aquel factor que impide al sistema la consecución del beneficio (Lean Enterprise Institute, 2004).

Inicialmente diseñada para entornos productivos sobre todo funcionales (*Job-Shops*), al cabo de los años dicha teoría ha ido más allá del entorno productivo (Rahman, 1998), (Watson et al. 2006). No obstante la visión que se refleja en la presente tesis incidirá únicamente en lo referente a los sistemas productivos.

La TOC asemeja los procesos que conforman un entorno productivo a una cadena y afirma que una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil. Por tanto, propugna un sistema basado en 5 etapas para reforzar el eslabón más débil y por ende todo el sistema. Al focalizarlo todo en un solo punto del sistema, se pueden conseguir sustanciales mejoras sin un gran consumo de recursos y en un plazo corto de tiempo (Goldratt, 1986, 1993, 2003), (Rahman, 1998), (Ochoa, 1991), (Ochoa et al., 1996).

Las 5 etapas son las siguientes:

1. Identificar la limitación del sistema. En el caso de entornos productivos, éste estará normalmente fijado en un proceso.
2. Decidir como explotar dicha limitación. Mejorar la eficiencia de la limitación mediante la optimización de la programación de dicho recurso.
3. Subordinar el resto de recursos a la limitación. La programación del resto de recursos estará condicionada por el recurso crítico.
4. Aliviar la limitación. Realizar mejoras de eficiencia en el cuello de botella hasta eliminarlo.
5. Volver a la primera etapa sin dejar que la inercia se convierta en una limitación.

Para trasladar estas 5 etapas a la planificación de la producción a nivel de planta fabril, Goldratt propone el sistema DBR (*Drum, Buffer, Rope*) o tambor, pulmón y cuerda (Crespo, 1993), ver ejemplo de figura 1.

El **tambor** significa que el ritmo productivo del sistema ha de estar marcado por la capacidad del cuello de botella. En el apartado de la presente tesis en el que se analiza el *Value Stream Mapping*, y más en concreto los puntos de programación de referencia propuestos por la Producción Ajustada, se ven diferencias significativas respecto de los cuellos de botella propuestos por la TOC.

El **pulmón** es una protección de stock medido en tiempo o un *buffer* de tiempo llevado a la práctica con piezas o componentes que llegan con antelación al cuello de botella para que lo resguarden de cualquier incidencia que se de en otro proceso anterior. Este pulmón también se pone delante de procesos de montaje en ramales donde no hay un cuello de botella. El propósito de estos *buffers*, es que una vez las piezas se terminan de procesar en el cuello de botella, éstas han de convertirse en facturación lo antes posible (Goldratt, 1986).

La **cuerda** es el sistema de información que une el programa del cuello de botella a los *buffers* de antelación y a los acopios de componentes. Salvo en casos particulares, no hay necesidad de programar el resto de recursos, con la simplificación que esto puede suponer (Goldratt, 2003).

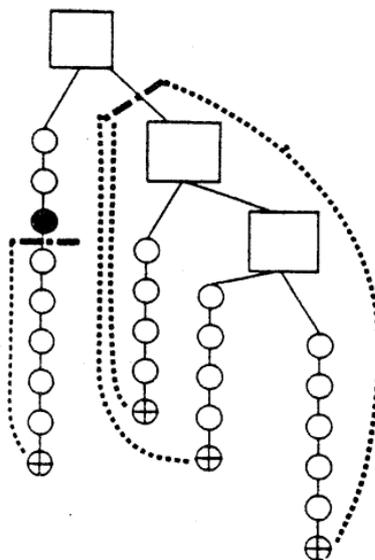


Fig. 1. Ejemplo de posicionamiento de cuello de botella, pulmones y lanzamiento de cuerda (Goldratt, 1986).

A pesar de tener elementos en común, tales como una visión sistémica de la organización y la búsqueda del máximo beneficio (Lean Enterprise Institute, 2004), la TOC tiene un enfoque de focalización en las limitaciones del sistema, mientras que la Producción Ajustada se centra en la eliminación del despilfarro y en la consecución del flujo (Nave, 2002). Por tanto, la presente tesis considera que tiene suficientes elementos diferenciadores como para considerarla perteneciente a otra escuela.

2.4.4.2. MANUFACTURA ÁGIL

La Manufactura Ágil tiene sus orígenes en EEUU, donde el término fue difundido por el *Instituto Iacocca*. Esta expresión fue creada para describir la versión adaptada del TPS en la industria automovilística estadounidense, últimamente el término “ágil” está también siendo suplantado por este otro: *responsiveness*, con el significado de sensibilidad o capacidad de respuesta. La Manufactura Ágil propugna tres conceptos principales para conseguir flexibilidad (Holweg, 2000):

- Introducir pulmones de respuesta.
- Posponer las decisiones en la producción.
- Retrasar la configuración de los productos.

Las dos técnicas básicas son:

- Posponer la configuración final del producto.
- Mantener stock de componentes para responder a ordenes entrantes trabajando bajo el sistema de ensamblar bajo pedido.

La Manufactura Ágil Tiene que ser muy sensible a los cambios del mercado. Por un lado, se ha de reservar capacidad extra para un mercado volátil y por otro, es imperativo tener acceso a los datos reales del mercado. Como se ha podido observar, esta teoría también incide mucho en el propio diseño del producto (Christopher et al. 2000), (Duguay et al. 1997), (Yusuf et al. 2002), (Jin-Hai et al. 2003).

Los divulgadores de esta teoría afirman que este nuevo sistema es más adecuado para las nuevas tendencias del mercado competitivo y global del siglo XXI y lo consideran como la siguiente etapa a la Producción Ajustada. Asimismo, esta teoría, en contraste con la Producción Ajustada, muestra las diferencias que se exponen en la tabla 3:

Tabla 3. Atributos de diferenciación entre Producción Ajustada y Manufactura Ágil (Christopher et al. 2000).

Atributo	Producción Ajustada	Manufactura Ágil
Productos típicos	<i>Productos de consumo</i>	<i>Productos de moda.</i>
Demanda	<i>Predecible</i>	<i>Volátil</i>
Variedad	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>
Ciclo de vida del producto	<i>Largo</i>	<i>Corto</i>
Requerimientos del cliente	<i>Coste</i>	<i>Disponibilidad</i>
Márgenes de beneficios	<i>Bajos</i>	<i>Altos</i>
Costes dominantes	<i>Costes físicos</i>	<i>Costes de lanzamiento</i>
Penalizaciones por roturas stock	<i>Contractuales a largo plazo</i>	<i>Inmediatos y volátiles</i>
Política de compras	<i>Comprar bienes</i>	<i>Asignar capacidad</i>
Información detallada	<i>Altamente deseable</i>	<i>Obligatoria</i>
Mecanismo para previsiones	<i>Algoritmos</i>	<i>Consulta con el mercado</i>

Por otro lado, también hay autores que consideran la Manufactura Ágil acomodable a la Producción Ajustada en el sentido en que esta última actuará mejor en los procesos aguas arriba de la cadena productiva, mientras que la Manufactura Ágil tendrá mayor aplicación en los procesos aguas abajo cercanos al cliente (Ball, 2004), (Bruce et al., 2004).

Por último, Narasinhham et al. (2006), sugieren que la Manufactura Ágil puede ser un estado avanzado de la Lean Production, aunque reconocen lo limitado de su estudio. También citan que las prácticas que se emplean bajo ambos paradigmas pueden llegar a ser los mismos.

2.4.4.3. PRODUCCIÓN DE RESPUESTA RÁPIDA (QRM)

La QRM (*Quick Response Manufacturing*), está orientada a compañías con demanda variable y con gran variedad de productos, o a aquellas que fabrican productos muy personalizados. Por tanto, dirigido a sectores o empresas donde los conceptos principales de la Producción Ajustada (flujo continuo, *takt time* y sistemas *pull*) no trabajan correctamente, “ya que estos están basados en una demanda relativamente estable y en productos de reposición” (Suri, 1998, 2003).

Su principio fundamental es la reducción del periodo de maduración desde pedido hasta entrega de producto y se basa en las siguientes prescripciones:

- Reservar capacidad de recursos para respuesta rápida a ordenes de clientes.
- Realizar mejoras en el sistema físico para reducir los tiempos de ciclo de fabricación.
- Crear células y adoptar sistemas de modelado rápido (CAD-CAM).
- Emplear trabajadores de alta calificación y polivalentes para minimizar tiempos de espera y maximizar la calidad.

Como se puede observar, el QRM tiene conceptos similares a la Manufactura Ágil pero se orienta más al sistema productivo que a la cadena de suministro (Holweg, 2000). Por otro lado Hyer y Wemmerlöv le reconocen un alto nivel de desarrollo (2002).

2.4.4.4. OTROS

Como algunos otros modelos que tienen componentes comunes con los anteriores se pueden citar: Producción Adaptable, Modularización, Estrategia de Plataforma de Producto, Producción Ecuilibrada y Sincronizada (ESP) (Naruse, 2003), Sistema de Producción Bajo Pedido (BTO) y otros más orientados a toda la cadena de suministro como Respuesta Rápida (QR) o Respuesta Eficiente al Cliente (Holweg, 2000).

Otro enfoque muy conocido es el correspondiente a la Reingeniería de Procesos de Negocio o *Business Process Reengineering* (BPR) (Hammer, 1990), (Davenport, 1993), más orientada a entornos de negocio no productivos y muy criticada por los principales impulsores de la Producción Ajustada, quienes responsabilizan al movimiento de la reducción de empleos producida a principios de los años 90 (Womack et al., 1996a 1996b), (Jones et al. 1997). Sin embargo, hay que reseñar la existencia de relevante literatura sobre casos exitosos (Hsin-Pin et al. 2001), (Paper et al. 2001).

Existen otros sistemas como la Personalización en Masa, en el que se busca la mayor personalización posible del producto en entornos de Producción en Masa (Holweg, 2000).

Por último citar la Competitividad Basada en Tiempo (TBC), en lugar de en calidad y coste. Precisamente el citado QRM es una versión adaptada a entornos productivos de empresas manufactureras (Tubino et al. 2000).

2.5. LOS PRINCIPIOS DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA

Muchos de los acercamientos citados son prescriptivos y en numerosos casos se declaran de aplicabilidad global. También es cierto que existen pocas diferencias entre varios de los sistemas citados y algunos tienden ser a demasiados simplistas o se mantienen en descripciones muy cualitativas. No obstante, hay que tener claro que la solución óptima para cada sistema productivo o logístico, provendrá de un análisis detallado de las variables de entrada, los procesos del sistema y de sus parámetros (Hopp et al., 2000).

Analizando ciertas tendencias y bibliografía científica, es cierto que tanto la TOC así como la Manufactura Ágil y el QRM pueden tener elementos diferenciadores respecto a la Producción Ajustada. De todas formas, la presente tesis aboga por dar máxima validez a la Producción Ajustada por las siguientes razones:

- Su entereza en el corpus, su divulgación científica y su nivel de demostración en aplicaciones prácticas en todo tipo de sectores económicos a lo largo de los últimos años. Aspecto que es principalmente subrayado por Holweg et al. (2004), De Toni et al. (2002), y Zhongjun et al. (2005).
- Todos los acercamientos se muestran como alternativa o complemento a la Producción Ajustada, lo cual justifica su divulgación e importancia como referencia.
- En el contexto base del estudio, sistemas de producción seriada de piezas discretas, la Producción Ajustada es reconocida como un sistema válido.

Pero ¿cuáles son las claves o principios para guiar las acciones de la empresa hacia la Producción Ajustada? Antes de analizar dichos pilares, merece la pena describir la evolución (ver siguiente apartado 2.5.1) que ha seguido dicho movimiento hasta dar con las propiedades que lo identifican actualmente.

2.5.1. Evolución de la Producción Ajustada

La filosofía de la Producción Ajustada ha evolucionado y se encuentra evolucionando a lo largo del tiempo (Hines et al., 2004). Este apartado 2.5.1. trata de dar una visión de los principales hitos históricos hasta dar con las propiedades del corpus actual. Dichas características básicas que ha adquirido como filosofía productiva serán descritas en el apartado 2.5.2. dedicado a desgranar el Pensamiento Ajustado o *Lean Thinking*.

La primera fase comprende las fechas de 1980 a 1990 aproximadamente y se podría identificar con el título de “toma de conciencia”. La divulgación literaria de esta etapa se basa en la publicación de prácticas y técnicas a aplicar a nivel de planta productiva (Hall, 1981), (Shingo, 1981, 1985), (Schonberger 1982, 1986), (Monden, 1983), (Ohno, 1993). El enfoque de esta primera fase está centrado en técnicas como el SMED, 5S y Manufactura Celular, siempre buscando la reducción de despilfarros y costes productivos. Dichas técnicas iban dirigidas sobre todo a las plantas de montaje de automóviles u otro tipo de industrias de producción discreta con enfoques similares en términos de volumen, variedad de producto y naturaleza de montaje.

Una segunda fase centrada en el aspecto de la calidad, comienza en 1990 y finaliza aproximadamente a mediados de la misma década. La divulgación bibliográfica se centra en la publicación de mejores prácticas para el desarrollo de *benchmarking* que motive a la emulación (Womack et al., 1990), (Hammer, 1990), (Stalk et al., 1990), (Harrison, 1992), (Sakakibara et al., 1993), (Flynn et al., 1997). El enfoque se ajusta no sólo a la reducción del coste, sino que también a los siguientes aspectos: formación y promoción de trabajadores, Gestión de la Calidad Total (TQM), Reingeniería de Procesos Productivos (BPR) y Gestión de Materiales. El sector industrial se amplía en una mayor medida a los proveedores de automoción.

La tercera fase está concentrada no solamente en el aspecto de la calidad, sino que también en coste y entrega; se desarrolla desde mediados de la década de los 90 hasta el año 2000 aproximadamente. La bibliografía se abre a temas como el flujo o la cadena de valor, las características de la empresa ajustada y a la colaboración de toda la cadena de suministro (Womack et al., 1994, 1996a, 1996b, 1997), (Rother et al., 1998), (Mac Beth et al., 1994), (Lamming, 1993). El enfoque de esta etapa se centra en aspectos de reducción de coste pero con una perspectiva de proceso para el logro de flujos ajustados. El proceso tratado de forma más importante es el de la cumplimentación de pedido. El sector industrial al que se dirige es el manufacturero en general pero frecuentemente centrado en producción repetitiva.

Por último, a partir del año 2000, la evolución del *lean* se encuentra en la fase que se puede denominar Sistema de Valor. La literatura se centra en aspectos como la capacidad de las organizaciones a nivel de sistema. (Hines et al., 2000), (Holweg et al., 2001). El enfoque de esta fase se despliega en aspectos como el valor y coste desde perspectivas tácticas a estratégicas, en la que se buscan potenciar las integraciones de cadenas de suministros como de procesos, tales como el de cumplimentación de pedido y el de desarrollo de nuevos productos. Los sectores de actividad económica se amplían a subsectores industriales como el de la producción de bajo volumen y al sector servicios.

Como se ha podido observar, la evolución de la Producción Ajustada parte de un enfoque más centrado a problemática de planta de producción seriada hasta llegar a convertirse en una filosofía más global de organización y cadena de suministro con unos pilares claros que serán expuestos en el siguiente apartado 2.5.2. Una de las razones de dicha evolución ha sido la respuesta necesaria a dar a las críticas recibidas a lo largo de su historia hasta llegar a convertirse en un modelo reconocido (Hines et al., 2004) y con amplia literatura en el área de conocimiento de la Dirección de Operaciones (Pilkington et al., 2006). En el apartado 2.6. dedicado a describir los resultados alcanzados por la Producción Ajustada se dará una muestra de dichas críticas y de la respuesta dada por el movimiento *lean*.

2.5.2. Las claves de la Producción Ajustada: El Pensamiento Ajustado

El **Pensamiento Ajustado** (*Lean Thinking*) es un pivote o proceso de pensamiento que da sentido a todos los métodos y técnicas específicas, de cara a guiar a la dirección en la consecución de la Producción Ajustada avanzando más allá de la Producción en Masa (Womack et al., 1994, 1996a 1996b, 1997). (Hines et al., 2000). El Pensamiento Ajustado puede ser estructurado en cinco etapas:

1. Especificar el valor para cada producto determinado.
2. Identificar el flujo² de valor para cada producto.
3. Hacer que el valor fluya sin interrupciones.
4. Dejar que el cliente tire del valor.
5. Perseguir la perfección.

Mediante la comprensión de estos principios y la creación de una interconexión entre ellos, la Dirección puede hacer un uso completo de las técnicas *lean* y mantener un desarrollo de proyectos estable.

Los principales autores afirman que pasar de un sistemas de lotes y colas a uno de flujo continuo con un tirón efectivo desde el cliente puede, con inversiones modestas o nulas (Womack et al., 1994, 1996a 1996b, 1997). (Hines et al., 2000):

- Doblar la productividad laboral.
- Reducir los periodos de maduración en un 90%.
- Reducir los inventarios en un 90%.
- Reducir los defectos a la mitad.
- Reducir los accidentes laborales a la mitad.
- Reducir el periodo de lanzamiento a la mitad.
- Ampliar las gamas de productos dentro de una misma familia con apenas incrementos de costes.

² Flujo: como traducción de *stream*.

Estas mejoras serán el fruto inicial de un realineamiento radical del flujo de valor (proceso denominado *kaikaku* en japonés). Si se continua con un proceso de mejora continua (*kaizen*) en camino de la perfección, aún se puede:

- Doblar la productividad con mejoras incrementales en 2 o 3 años.
- Reducir a la mitad de nuevo los inventarios, los errores y el periodo de maduración en el mismo periodo.

En el apartado 2.6. se analizarán los resultados reales obtenidos por la implantación de la Producción Ajustada.

2.5.2.1. ESPECIFICACIÓN DE VALOR

Se entiende como **valor** a un producto específico (bien o servicio) que satisface las necesidades del cliente a un precio y en un tiempo determinado (Womack et al., 1994, 1996a 1996b, 1997). (Hines et al., 2000).

El concepto de valor sólo puede ser definido por el cliente final y el productor es el que debe crear tal valor. “La definición de valor es frecuentemente distorsionada por el poder de las organizaciones, tecnologías y/o activos depreciados, junto con pensamientos trasnochados sobre economías de escala” (Rother et al., 1998).

Especificar el valor exactamente, es el primer paso crítico del Pensamiento Ajustado. Este proceso debe comenzar con un intento consciente de definir el valor preciso en términos de productos específicos, con funcionalidades específicas, ofertados a precios específicos a través del diálogo con los clientes específicos.

El camino para lograrlo es ignorar los activos y tecnologías existentes y repensar las organizaciones en base a líneas de producto con equipos fuertes dedicados a ellos. También requiere redefinir el rol de los expertos técnicos de la empresa (crítica a cultura empresarial alemana) y repensar en que lugar del mundo fabricarlos (crítica a cultura empresarial japonesa) (Womack et al., 1994, 1996a 1996b, 1997). (Hines et al., 2000).

2.5.2.2. IDENTIFICAR EL FLUJO DE VALOR

El flujo de valor está formado por la serie de acciones específicas que se requieren para convertir un producto y/o servicio desde: concepto a lanzamiento (flujo de resolución de problemas) o desde pedido a entrega (flujo de información), o desde materia prima a producto terminado (flujo físico). Identificar cada acción del flujo de valor para cada producto o familia de productos es el siguiente paso del Pensamiento Ajustado. Esta etapa mostrará que:

- Algunas pocas acciones o actividades que se hayan identificado son las que verdaderamente sirven para crear valor en el producto y/o servicio.
- Otras actividades no añaden valor pero hoy por hoy pueden ser necesarias con las tecnologías y activos de producción existentes.
- El resto de las actividades son claramente evitables

Los dos últimos tipos de actividades pueden ser consideradas como **muda**, que significa despilfarro o ineficiencia, es decir, toda actividad que consume recursos pero no genera valor. Según Taiichi Ohno (1993), los despilfarros en los que se puede incurrir en toda actividad productiva pueden ser siete:

1. Errores que requieren rectificación.
2. Sobreproducción.
3. Etapas del proceso que no son necesarias.
4. Movimiento de empleados.
5. Transporte de bienes.
6. Esperas.
7. Bienes que no cubren las necesidades del cliente.

Womack et al. (1996) añaden un octavo despilfarro que se define como “servicios que no cubren las necesidades del cliente”.

La técnica del mapeado del flujo de valor o *Value Stream Mapping* (VSM) es un recurso valioso en esta etapa de identificación del flujo de valor. Aunque Womack y Jones no lo citen en su libro “*Lean Thinking*”, ya que a fecha de la primera publicación el VSM no había sido diseñado, sí se cita la consideración de la

importancia de mapear el proceso. En las reseñas que hace a las herramientas posibles o necesarias, se remite a siete herramientas de mapeado diferentes al VSM objeto de estudio (Hines et al. 1997). En publicaciones posteriores dichos autores sí citan al VSM como herramienta disponible para tal fin (Womack, 2002b), (Womack et al., 2002).

2.5.2.3. HACER QUE EL VALOR FLUYA SIN INTERRUPCIONES

Una vez identificado el flujo de valor es necesario hacerlo fluir. A pesar de que el ser humano tenga una tendencia natural hacia la división del trabajo por funciones y a la agrupación de los trabajos en lotes, hay que afrontar el reto de conseguir flujos continuos con lotes de producción pequeños con referencias de bajo volumen de producción. Esto será posible en la medida en que se reduzcan los tiempos de preparación y se miniaturice la maquinaria (Womack et al., 1996a). Existen experiencias en las que esta etapa ha constatado la posibilidad de doblar la productividad y de conseguir reducciones importantes en errores y defectos.

2.5.2.4. DEJAR QUE EL CLIENTE TIRE DEL VALOR

El primer efecto visible de convertir departamentos y lotes en equipos de productos y flujo respectivamente, es la reducción importante de los periodos de maduración. Esto significa que se pueden dejar las previsiones de venta de lado y producir y diseñar lo que el cliente desea en ese mismo periodo. Se puede hacer que el cliente tire del producto en vez de que el productor empuje el producto hacia el cliente, cosa que quizás no quiera. Más aún, las demandas se vuelven más estables cuando el cliente sabe que tiene garantizado el servicio y cuando se cesa de realizar descuentos para la venta de productos no deseados (Womack et al., 1996).

Como se puede observar, Womack y Jones identifican los sistemas *pull* a un nivel muy global y estratégico que puede conducir a equívocos, como pasar de una producción contra stock a una bajo pedido. En el apartado dedicado al análisis del VSM se profundizará en mayor grado de detalle en los sistemas *pull*.

2.5.2.5. PERSEGUIR LA PERFECCIÓN

Una vez alcanzados los cuatro pasos anteriores, surge la idea de que no hay final en el proceso de reducir esfuerzo, tiempo, espacio, costes y averías ofreciendo un producto que cada vez se acerca más a lo que el cliente quiere. Las cuatro etapas anteriores hacen que la empresa se introduzca en un círculo virtuoso y la búsqueda de la perfección obtenga sentido. La transparencia en la información y comunicación tienen una gran importancia en este aspecto.

2.6. RESULTADOS ALCANZADOS POR LA PRODUCCIÓN AJUSTADA

A continuación se exponen los resultados obtenidos por la Producción Ajustada en el ámbito de la mejora de la organización de las plantas productivas, consecuencia del diseño o rediseño del sistema productivo (*manufacturing system design*). Por tanto, se dejan de lado aspectos como la coordinación de la cadena de suministro, la relación con los clientes, la gestión de la empresa ajustada y el diseño del producto. Si bien este último aspecto tiene una implicación vital en el diseño y funcionamiento del sistema productivo (Oyarbide, 2003), la presente tesis no se va a centrar en el diseño del producto por considerarlo separado del proceso productivo relacionado con el flujo de materiales (Hopp et al., 2000).

Este estudio se presenta estructurado en dos grandes grupos. Por un lado, los resultados alcanzados a nivel mundial en el sector de la automoción, industria originaria de la Producción Ajustada y tractora de estos conceptos (ver apartado 2.6.1.). Por otro lado, los resultados alcanzados por la Producción Ajustada en el resto de sectores manufactureros (ver apartado 2.6.2.).

2.6.1. La industria de la automoción.

De cara a una mejor explicación de la evolución del grado de implantación de la Producción Ajustada, se pueden definir tres etapas históricas claramente diferenciadas.

2.6.1.1. ETAPA INICIAL (1960-1990)

A pesar de los resultados demostrados por *Toyota* desde los años 60, la divulgación inicial del sistema TPS o JIT en la década de los 80 tuvo desiguales resultados de aplicación en la industria occidental, (Hopp et al., 2002). Como botón de muestra obsérvense las dos siguientes tablas 4 y 5. Los resultados de los indicadores denotan que las empresas japonesas, lideradas por *Toyota*, seguían siendo las más avanzadas en el ámbito en cuestión.

Tabla 4. Ejemplo comparativo entre una planta de Producción en Masa y otra de Producción Ajustada (Womack et al., 1990).

Planta de montaje de Framingham de General Motors vs. planta de Takaoka de Toyota. 1986.		
	Framingham	Takaoka
Horas de montaje bruto por coche.	40,7	18
Horas de montaje ajustado por coche.	31	16
Defectos de montaje por cada 100 coches.	130	45
Espacio de montaje por coche (pies cuadrados por vehículo y año).	8,1	4,8
Existencia de piezas principales (promedio).	2 semanas	2 horas

Tabla 5. Características de las plantas de montaje en 1989 (Womack et al., 1990).

Resumen de las características de la planta de montaje grandes fabricantes. 1989 (promedio por plantas en cada una de las regiones).				
	Japonesa en Japón.	Japonesa en Norteamérica.	Americana en Norteamérica.	Toda Europa
Rendimiento.				
Productividad (horas/vehículo).	16,8	21,2	25,1	36,2
Calidad (defectos de montaje/100 vehículos).	60	65	82,3	97
Inversión.				
Espacio (pies cuadrados / vehículo y año)	5,7	9,1	7,8	7,8
Tamaño del área de reparaciones (en % del espacio de montaje).	4,1	4,9	12,9	2
Existencias (días para 8 piezas tomadas como muestra).	2	1,6	2,9	2
Mano de obra.				
% de mano de obra en equipos.	69,3	71,3	17,3	0,6
Rotación en el empleo (0= nada, 4= frecuente)	3	2,7	0,9	1,9
Sugerencias por empleado.	61,6	1,4	0,4	0,4
Número de clases laborales.	11,9	8,7	67,1	14,8
Formación de nuevos trabajadores de producción (horas).	380,3	370	46,4	173,3
Absentismo.	5	4,8	11,7	12,1
Automatización.				
Soldadura (% de pasos directos).	86,2	85	76,2	76,6
Pintura (idem).	54,6	40,7	33,6	38,2
Montaje (idem).	1,7	1,1	1,2	3,1

2.6.1.2. SEGUNDA ETAPA (1990-1995)

La década de los 90, gracias al nuevo empuje dado por el estudio del PIVM dirigido por el MIT y la publicación resultante de “*La máquina que cambió el mundo*” (ver punto 2.4.3.1.), sirvió para dar grandes pasos en ir introduciendo sus diferentes elementos en las industrias occidentales (Holweg et al., 2004), (Hopp et al., 2000). El sector de la automoción ha sido el motor en este sentido (Dicken, 2003), seguido de muchísimas empresas de diferentes sectores (Marchwinski, 2004).

La tabla 6 muestra que para los años 90, las empresas de automoción occidentales mejoraban sus indicadores de desempeño respecto a la década anterior pero sin alcanzar a los productores ajustados representados sobre todo por *Toyota*. Asimismo se observa que las diferencias son más significativas aguas arriba en la cadena de suministro.

Tabla 6. Desempeño de la industria de la automoción en la década de los 90 (Womack et al., 1996).

Desempeño medio de las plantas de montaje y fabricantes de componentes de automoción. 1993-94.				
	Toyota (Japón)	Japón (media)	EEUU (media)	Europa (media)
Productividad. (Toyota=100)				
Montaje	100	83	65	54
Proveedores 1ª línea (Tier 1).	100	85	71	62
Calidad (defectos entregados).				
Montaje (por cada 100 coches)	30	55	61	61
Proveedores Tier 1 (ppm).	5	193	263	1373
Proveedores Tier 2 (ppm).	400	900	6100	4723
Entregas (% de retrasos).				
Proveedores Tier 1 (ppm).	0,04	0,2	0,6	1,9
Proveedores Tier 2 (ppm).	0,5	2,6	13,4	5,4
Stocks (Proveedores Tier 1).				
Horas		37	135	138
Rotaciones anuales de stocks.	248	81	69	45

2.6.1.3. TERCERA ETAPA (1995-2005)

Para el año 2000, los fabricantes de automóviles occidentales habían mejorado sus desempeños productivos en la planta y reducido sus diferencias respecto a Japón como consecuencia de la implantación de los conceptos de la Producción Ajustada; fuese cual fuese su acepción en cada firma (Waurzyniak,

2005). A pesar de los avances, el posicionamiento en el ranking seguía siendo el mismo (ver tabla 7) (Holweg et al., 2004).

Tabla 7. Horas de mano de obra por vehículo, 1989, 1994, 2000 (Holweg et al., 2004).

Horas de mano de obra por vehículo.			
	1989	1994	2000
<i>Americana en Norteamérica</i>	24,9	21,9	16,8
<i>Japonesa en Japón</i>	16,8	16,5	12,3
<i>Europea</i>	35,5	25,3	20,1
<i>Nuevos países</i>	41	29,7	28,0

Aunque pueda llevar a equívocos, esta reducción significativa no se debe a un posible aumento de la automatización de las labores humanas, ya que la mayor cantidad de horas de trabajo se da en los procesos de montaje final, donde la automatización sigue teniendo una presencia limitada (Holweg et al., 2004).

Por otro lado, y como un indicador fiable, se constata que en EEUU los stocks de las firmas automovilísticas han aumentado sus rotaciones de 15 a 20 desde 1992 hasta el año 2003 (Marchwinski, 2004). En el siguiente punto se explica con mayor detenimiento la importancia de este indicador global.

De todas formas, Holweg y Pil (2004) reseñan que el enfoque de mejoras llevadas a cabo en el sector de automoción han conseguido grandes resultados, pero solamente a nivel de las plantas de montaje, o a lo sumo en proveedores de primera línea, con lo que se han creado islas de excelencia con poco impacto global en toda la cadena de suministro de la producción y distribución de automóviles. Sirva de ejemplo la figura 2.

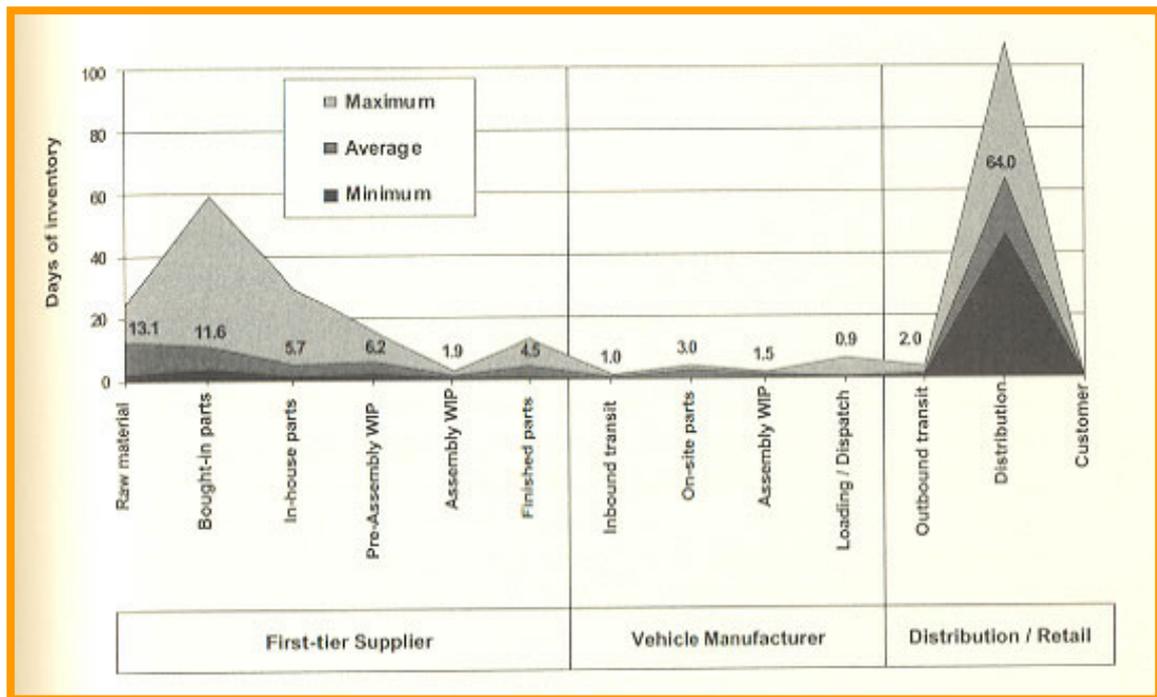


Fig. 2. Distribución del inventario en la cadena logística. (Holweg et al., 2004).

Precisamente, dichos autores argumentan que a pesar de que ha habido mejoras considerables a nivel de planta en la industria de la automoción, aun hay inventarios de vehículos terminados durante semanas en los concesionarios y centros de distribución de todo el mundo. Los flujos de valor de la industria aun están enraizados en la Producción en Masa y habría que dar el siguiente paso de extender el *lean* más allá de la factoría: hay que conectar al cliente a la cadena de valor. Las firmas automovilísticas triunfadoras serán aquellas que logren construir automóviles al gusto del cliente a través de estrategias innovadoras cercanas a la producción bajo pedido.

Por tanto y a modo de conclusión, se pueden resumir los logros alcanzados en las plantas de automoción en los siguientes puntos:

- Las plantas de occidente, sobre todo a partir del inicio de los 90, han ido mejorando sus desempeños mediante el empleo e implantación de conceptos y herramientas referidas a la Producción Ajustada. No obstante, las plantas japonesas lideradas por *Toyota* siguen siendo las más competitivas en cuanto a indicadores relacionados con el desempeño de sus sistemas productivos.

- A pesar de los logros alcanzados a nivel de planta o sistema productivo, estos no han podido extenderse ni aguas arriba ni aguas abajo en la cadena de suministro. Incluso se ha comprobado en muchos casos, que los problemas de la planta de montaje ha sido trasladados aguas arriba a los proveedores por simple relación de poder (Holweg et al., 2004).

2.6.2. Otros sectores manufactureros

¿Y qué ha ocurrido en la implantación de estas medidas en otros sectores industriales y económicos? ¿Ha obtenido éxito la Producción Ajustada? ¿Cuáles son las necesidades y los retos actuales?

Para analizarlo, en primer lugar se propone el análisis de la evolución de las **rotaciones de stock** en la economía estadounidense durante los últimos años. Las rotaciones de stock muestran claramente la velocidad del producto a través del negocio. Por otro lado, todos los negocios necesitan medir sus inventarios periódicamente. Las rotaciones anuales se contabilizan mediante el cociente entre el coste de las ventas y el stock medio durante el año o en un determinado momento (qué año a año habrá de ser el mismo) (Marchwinski, 2004), (Marchwinski et al., 2003)

Si se analizan la figuras 3 y 4, se observa que las rotaciones han aumentado durante los últimos años, pero la tendencia no ha sido la que auguraban los propios impulsores de la Producción Ajustada. Diversos autores reconocen la importancia de la Producción Ajustada en la mejora del indicador en los diferentes sectores económicos (Huson et al., 1995), (Stermán, 2000), (Hopp et al., 2000), (Chen et al. 2005), pero incluso los principales impulsores reconocen que el éxito ha sido relativo (Womack, 2002a). Stermán añade que una de las razones ha sido el traslado del stock a proveedores (Stermán, 2000), similar razonamiento al argumentado anteriormente por Holweg et al. para el sector de la automoción (2004). Sakakibara et al. (1997). añaden y demuestran que la aplicación de las técnicas de la Producción Ajustada o JIT por si solas, sin construir un modelo o infraestructura previa, no tienen una incidencia clara en la mejora de los indicadores de desempeño logístico,(a pesar de que Shah et al. (2003) argumentan lo contrario). Por otro lado,

Hayes et al. (2005) aseguran que la aplicación de dicha filosofía tampoco garantiza crear una ventaja competitiva a lo largo del tiempo.

US Industry Inventory Turnover

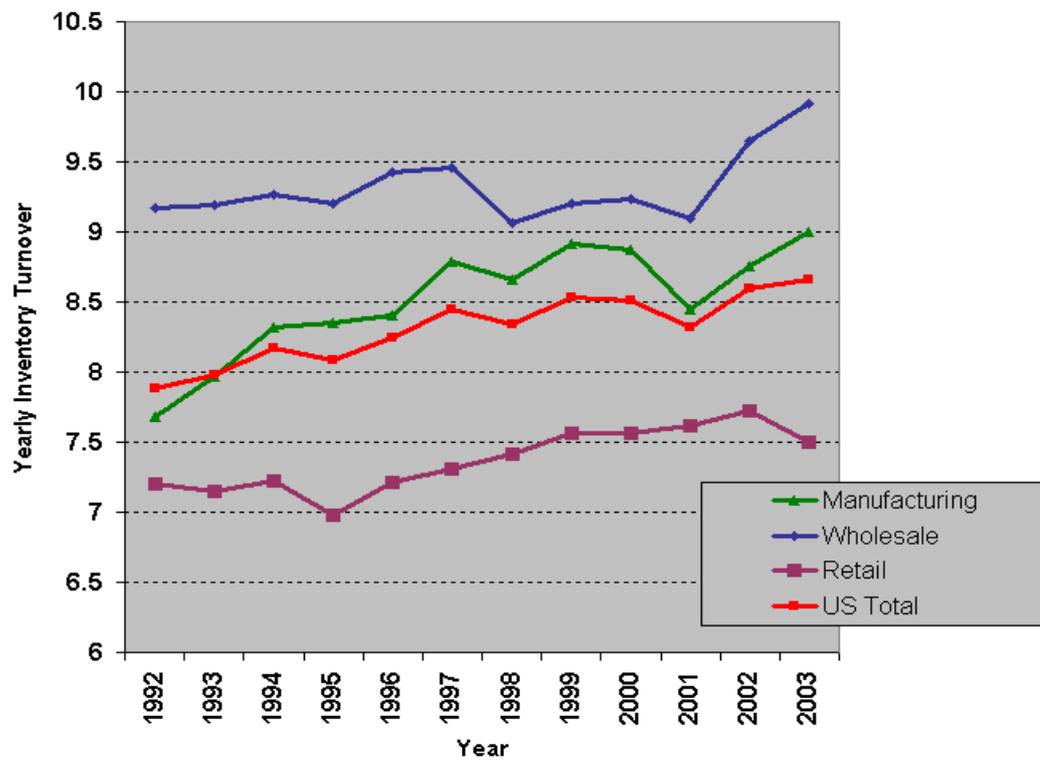


Fig. 3. Rotaciones anuales de inventario en EEUU por sectores económicos. (Marchwinski, 2004).

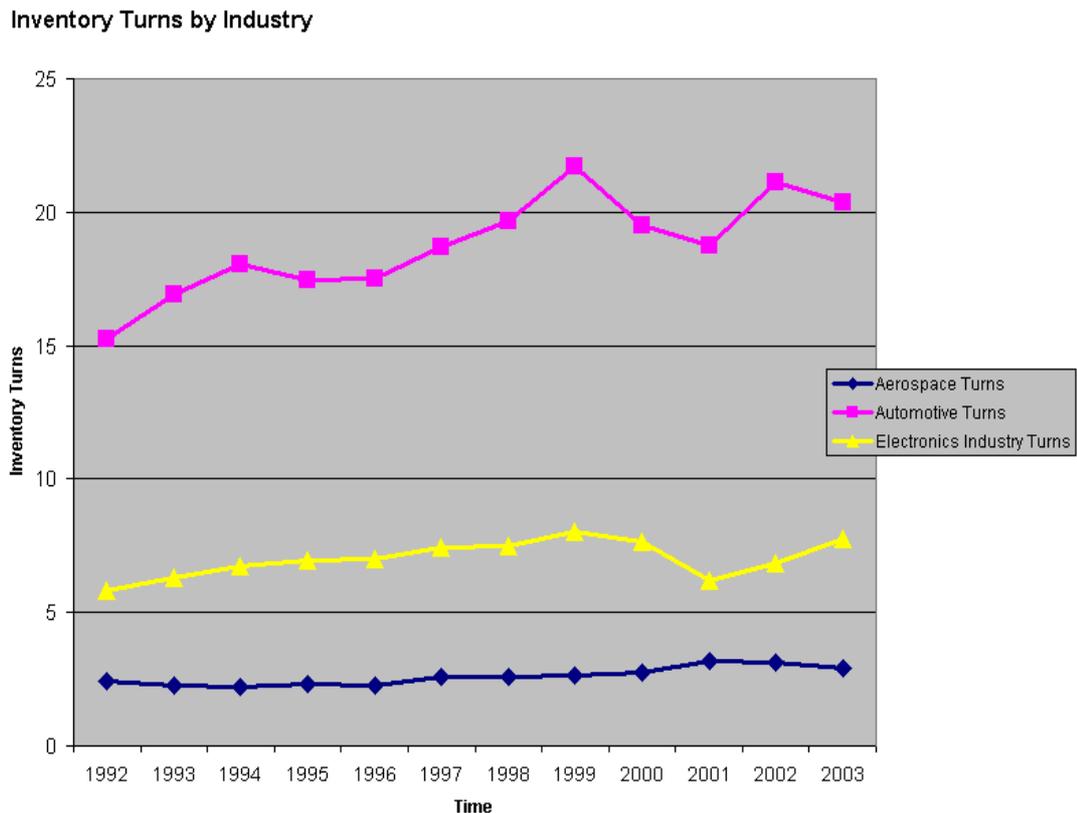


Fig. 4. Rotaciones anuales por tipo de industria manufacturera. (Marchwinski, 2004).

La figura 4 muestra claramente que la mejor tendencia la refleja el sector de la automoción frente a sectores como la electrónica o industria aeroespacial. Lo cual conduce a otra pregunta: ¿Cuáles son las verdaderas razones de este éxito relativo en sectores no relacionados con la automoción?

Algunos autores afirman que la Producción Ajustada no responde adecuadamente a las particularidades de otros sectores, inclusive a propios proveedores de automoción. Realmente, la Producción Ajustada se ajusta a características de producto y mercado similares a la del sector de la automoción, como demanda relativamente estable, producción seriada o repetitiva, o incluso productos para reposición de complejidad baja o media (Huang et al., 1983), (Brown et al., 1993), (Suri, 1998), (Naruse, 2003), (White et al. 2001), (Duguay et al. 1997), (Cooney, 2002).

Otros autores citan la dificultad de aplicar los conceptos y herramientas *lean* de una forma sistemática y purista. Es decir, la Producción Ajustada se muestra como una disciplina demasiado exigente para su aplicación correcta por las

empresas manufactureras (Safayeni et al., 1991), (Hopp et al., 2000). En este sentido, también se ha publicado diversa literatura sobre las posibles vías con las que se podrían implantar dichas herramientas (Ahlström, 1998), (Hancock et al. 1998).

Ante estas críticas, autores de renombre relacionados con la Producción Ajustada afirman que la Producción Ajustada, o llámese sistema JIT, es perfectamente aplicable en todo tipo de sectores industriales, e incluso no industriales (Shingo, 1981), (Sohal et al, 1988, 1993), (Sakakibara et al., 1993), (Womack et al., 1996), (James-Moore et al., 1997), (Ward et al., 2006). Para demostrarlo, por un lado se reseñan las numerosas aplicaciones prácticas exitosas logradas en diferentes ámbitos y por otro lado, refutan una a una cada crítica a la que es sometida la Producción Ajustada, como puede observarse en la tabla 8.

Tabla 8. Los 10 “no sólo...” del Pensamiento Ajustado (Holweg, 2000).

Los 10 “no sólo...” del Pensamiento Ajustado		
1	No sólo para fabricación de componentes	La gestión del flujo de valor puede ser aplicada igualmente a un amplio espectro de empresas manufactureras y de servicios, aunque las herramientas de implantación puedan variar.
2	No sólo una serie de herramientas	La gestión del flujo de valor no comienza con una serie de herramientas a aplicar sino que mediante una necesidad de negocio. Para ello se empleará una serie diferente de herramientas...y no se utiliza siempre el kanban.
3	No sólo para innovaciones a nivel de planta.	No se aplica exclusivamente al taller y además con un enfoque grandilocuente; El lean se puede aplicar a todos los procesos empleando una serie de aproximaciones de Mejora Continua e Innovación.
4	No sólo para operarios directos.	Si se quiere aplicar la Producción Ajustada, es necesario que en los equipos participen equipos multifuncionales de personal directo e indirecto.
5	No sólo para cumplimiento de ordenes	Aunque el 90% del esfuerzo se dedique al proceso de pedido a entrega, este es sólo uno de los procesos en los que se puede aplicar.
6	No sólo para bienes predecibles de movimiento rápido.	Un fallo común (o un malentendido por parte de la escuela Anti-lean) es que sólo se puede aplicar en industrias de demanda estable como la de automoción. Esto es incorrecto, la industria de la automoción está lejos de ser estable, así la aproximación lean trata de reducir la amplificación de la demanda, pero aunque ésta no se pueda lograr, la Producción Ajustada se puede conseguir eligiendo adecuadamente las herramientas a aplicar.
7	No sólo enfocado a nivel interno.	Aunque mucha literatura esté centrada en la propia planta productiva, la Producción Ajustada debe y puede extenderse a toda la cadena de suministro.
8	No sólo una formula estándar.	Aunque muchas firmas consultoras vendan el lean como una formula y una serie de herramientas estándar, no es así, en cada caso hace falta una aproximación diferente.
9	No sólo de implantación rápida.	Puede requerir de un plan a largo plazo de tres años como mínimo.
10	No sólo sobre procesos.	Se puede enfocar a procesos, equipos, personal, productos y competencias.

Por tanto, al no darse una razón clara y consensuada sobre las razones de los resultados en base a las rotaciones de stocks, se ve necesario ahondar en mayor medida en el análisis de los resultados obtenidos centrandolo en las opiniones derivadas de las propias empresas.

Para ello, es importante resaltar la información proveniente de un estudio realizado por la *Lean Enterprise Institute* mediante una encuesta distribuida por vía electrónica a las empresas industriales pertenecientes a la *Lean Community* en Enero de 2004 y obtenida a partir de las 999 respuestas recibidas (Marchwinski, 2004).

Del tratamiento de varias respuestas se pueden obtener conclusiones interesantes para el presente estudio.

Ante la pregunta de cuál es el nivel de implantación de la Producción Ajustada en cada empresa, se obtienen las siguientes respuestas:

- El 18% contesta que se encuentra en etapa de planificación sin ninguna implantación todavía.
- El 46% contesta que se encuentran en etapas primeras de implantación de algún proyecto piloto con algún resultado positivo.
- El 28% caracteriza su esfuerzo de expansión de técnicas *lean* a otras áreas y reportan progresos sólidos.
- Sólo un 4% afirma que sus implantaciones se encuentran en un estadio avanzado.
- El resto no responde.

De estos resultados se pueden obtener varias conclusiones importantes, siempre teniendo en cuenta que las empresas pertenecientes a la comunidad muestran cierto interés mínimo por la Producción Ajustada. Es decir, entre estos miembros existirá probablemente más predisposición hacia la aplicación de las técnicas *lean* que en empresas no relacionadas con dicha comunidad de *Internet* creada por James Womack.

Una de las conclusiones es que entre estas empresas dispuestas aún hay un 18% sin ninguna implantación realizada y un 46% en sus etapas iniciales; por lo que se puede afirmar que la Producción Ajustada todavía tiene mucho camino por recorrer tanto entre estas empresas interesadas como entre las no pertenecientes a estos grupos.

La segunda conclusión es que, las que han aplicado alguna técnica relativa a la Producción Ajustada se muestran satisfechas con los resultados obtenidos, siendo empresas de todo un abanico de sectores.

Ante la pregunta dirigida a resolver la cuestión de porqué fracasan las experiencias *lean* lanzadas, las empresas se acogen a diferentes razones:

- Tendencia hacia los sistemas tradicionales de trabajo: 36%.
- Falta de conocimiento para la implantación: 25%.
- Falta de crisis para crear una sensación de urgencia: 24%.
- El sistema de contabilidad de costes tradicional no reconoce el valor financiero de los las mejoras a nivel de planta: 22%.
- Resistencia de los mandos intermedios: 21%.
- La Producción Ajustada se ve como una moda: 19%.
- Fracaso al intentar desplazar responsables de poner frenos al cambio: 18%.
- Resistencia de los trabajadores: 11%.
- Resistencia de los supervisores: 10%
- Fracaso de anteriores proyectos relacionados con la Producción Ajustada: 6%.

Aunque no haya una razón muy destacada por encima de las demás, si debería reseñarse de cara al presente estudio la segunda razón más votada: **falta de conocimiento para la implantación**. De donde se deduce una necesidad de formación en conceptos y técnicas *lean* por parte de las firmas respondientes. Este argumento es asimismo defendido en el campo académico por Hancock et al. (1998) que aducen una gran necesidad de formación en este ámbito.

La tercera pregunta de interés corresponde a que las empresas muestren sus necesidades en lo referente a herramientas que las ayuden a mejorar las siguientes diferentes áreas de actuación; las respuestas se muestran a continuación:

- Diseño del sistema productivo: 51%.
- Liderazgo del cambio: 43%.
- Indicadores de desempeño: 42%.

- Logística: 34%.
- Desarrollo de producto: 29%.
- Almacenamiento: 21%.
- Desarrollo de políticas: 19%.
- Mantenimiento: 16%.
- Otros: 13%.
- Recursos Humanos: 11%.

De las respuestas se deduce la importancia del primer aspecto. Es decir el 51% de las empresas que han respondido necesitan herramientas *lean* que apoyen al **diseño o rediseño del sistema productivo**.

2.6.3. Necesidades del sector en la Unión Europea

Así como en el apartado anterior se han numerado las necesidades del mundo empresarial y académico, un estudio de la situación del sector manufacturero en Europa puede reforzar la necesidad de tener que abordar proyectos de mejora en los sistemas productivos. Sirva como reseña la situación del sector en la Unión Europea (UE) y las vías de desarrollo propugnadas por la Comisión Europea (European Comisión, 2004).

La industria manufacturera europea está sufriendo una gran competencia por parte de países tanto desarrollados como por aquellos en vías de desarrollo, lo cual está trayendo consigo los fenómenos conocidos como la desindustrialización y la deslocalización. Es decir, pérdida de puestos de trabajo relacionados con el sector en el seno de la UE; tanto directos, como indirectos del sector servicios relacionados con la manufactura. Por tanto, según el mismo estudio, para asegurar el empleo es importante garantizar la competitividad del sector manufacturero mediante nuevos modelos de negocios en los que:

- Exista una coordinación estrecha entre clientes y proveedores.
- Se de una innovación continua de tecnologías y procesos en paralelo al desarrollo de nuevos productos de cara a reducir los periodos de maduración de lanzamiento al mercado.

- Se invierta en tecnologías que aumenten el nivel de automatización y productividad que superen la desventaja del coste laboral.
- Se comparta el conocimiento dentro y entre compañías.
- Las cadenas de suministro adquieran la forma de colaboraciones flexibles, redes de Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) y empresas virtuales.
- Se empleen procedimientos y especificaciones bien definidos para maximizar eficiencias.
- Las consideraciones sociales, medioambientales y económicas tengan igual peso en las tomas de decisiones.
- La provisión de servicios más que la de bienes facilite la transición hacia la sostenibilidad.

En lo que concierne a las mejoras en los sistemas productivos, la investigación debe centrarse en una radical transformación de los procesos de fabricación para que se conviertan en sistemas adaptativos. Es decir, deben ser capaces de responder automáticamente a cambios del entorno operativo. Deben integrar procesos innovadores, superar las limitaciones existentes en procesos mediante combinaciones inteligentes y gestionar la transferencia de *know-how* en nuevos métodos relacionados con la manufactura.

Ya no tiene sentido invertir en grandes y monolíticas plantas basadas en la Producción en Masa que buscan hacer beneficio con economías de escala. La manufactura basada en el conocimiento necesita de empresas flexibles que empleen redes paralelas de proveedores y que recluten las competencias necesarias para entregar productos personalizados en una base de tiempo para afrontar la demanda cambiante.

Aunque la transformación radical de la industria debe ser un objetivo a largo plazo, mientras tanto se tiene que asegurar que Europa siga siendo competitiva en áreas de manufactura maduras, donde la principal guía de actuación no sean la innovación radical, las nuevas patentes, etc. sino que una mejora continua, una aplicación gradual de nuevas tecnologías y el aseguramiento de la competitividad mediante los preceptos de la Producción Ajustada y otros bien conocidos pero poco utilizados principios (European Commission, 2004), (Navarro et al., 1997).

Estos argumentos recién citados, son reforzados por Hopp et al. (2004), quienes exponen que las empresas manufactureras actuales se encuentran ante el reto de la estructuración del medio productivo para lograr la velocidad y el bajo coste de las líneas de alto volumen mientras se mantiene la flexibilidad y la personalización potencial de un taller funcional de bajo volumen. Lo que implica:

1. Identificar oportunidades para mejorar los sistemas productivos existentes.
2. Diseñar nuevos sistemas productivos efectivos.
3. Alcanzar los compromisos necesarios para coordinar políticas e intereses de diferentes funciones.

2.6.4. Resumen de los resultados alcanzados

Lo analizado hasta ahora indica que el mercado se encuentra en una tesitura muy competitiva, hay más razones que nunca para abordar la reducción del despilfarro en las diferentes compañías y mejorar el desempeño de los sistemas productivos.

La adopción de técnicas relacionadas con la Producción Ajustada puede ser una vía de mejora, ya que en la mayoría de los casos en las que éstas se han aplicado se ha obtenido cierto éxito.

Sin embargo, la Producción Ajustada tiene aun asignaturas pendientes en el sentido en que hay áreas de actuación y divulgación importantes sin explorar, sobre todo en los siguientes aspectos:

- Numerosas empresas, o aun no conocen las bases de la Producción Ajustada, o han lanzado de una manera vaga los diferentes proyectos *lean*.
- Aquellas empresas que conocen y tiene aplicaciones piloto todavía tienen áreas de actuación importantes donde aplicar las diferentes técnicas de la Producción Ajustada.
- Las empresas demandan formación y disposición de herramientas para apoyar el proceso de implantación de la Producción Ajustada, sobre todo en lo referente al rediseño de sistemas productivos.

2.7. MODELOS PARA EL REDISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

El apartado 2.6.3. ha apuntado la necesidad proveniente del mundo empresarial para readaptar sus sistemas productivos de cara a afrontar los retos de mercado actuales. Por tanto, se hace necesaria la disposición de modelos prácticos que apoyen estos procesos de rediseño. La demanda de dichos modelos proviene tanto del mundo empresarial como del académico.

La encuesta realizada por *Lean Enterprise Institute* (Marchwinski, 2004) analizada en el apartado 2.6.2. hace mención a tal petición por el sector empresarial. En lo referente al área académica. Hunt et al. (2004) señalan el requerimiento de un nuevo currículo en el ámbito productivo que incluya medios para diseñar sistemas productivos avanzados eficientemente. Seth et al. (2005) por su parte, subrayan la necesidad de aplicar nuevas técnicas para el diseño de sistemas productivos más eficientes.

La cuestión que surge es: ¿cuáles son las principales características que dichos métodos, metodologías o herramientas deben cumplir para ser eficientes en la práctica?

Tratando de buscar la respuesta, Wu (1996), se centra en los aspectos técnicos, mientras que Singh et al. (2006) subrayan la importancia de que dichos modelos permitan el trabajo en equipo para dar consistencia a las decisiones. Las propiedades propuestas por dichos autores se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Un lenguaje común de comprensión sencilla que permita que las decisiones sean adecuadamente adoptadas por el equipo involucrado en el proceso.
- Eficiencia en su empleo. Los resultados del proceso deben estar justificados por el tiempo y esfuerzo requeridos por el equipo.
- Un interfaz gráfico y estandarizado que facilite el proceso de aplicación.
- Un enfoque de análisis cuantitativo. Las decisiones deben estar fundadas en análisis científicos y objetivos de datos.

- Una vía de subrayar los problemas iniciales y provisión de guías de actuación claras así como conceptos innovadores para mejorar el desempeño operacional del sistema.
- Reflejo de una visión sistémica. El estudio no debe perder la perspectiva global del sistema a analizar y mejorar. La optimización de un punto del proceso debe ser evaluado en base al efecto sobre todo el sistema.
- Un punto de inicio para una planificación de mejora estratégica del sistema productivo.

A continuación se describen los modelos más relevantes reflejados en la literatura existente al respecto. En primer lugar se analiza el *Value Stream Mapping* en el apartado 2.7.1. para posteriormente describir otros modelos en el apartado 2.7.2. subsiguiente.

2.7.1. El *Value Stream Mapping*

Ante la situación mostrada en el punto 2.6.4., el *Value Stream Mapping* (VSM) se presenta como una técnica relacionada con la Producción Ajustada que sirve como pivote y base para el rediseño de los sistemas productivos bajo un enfoque *lean* (Rother et al., 1998), (Sullivan et al. 2002), (Womack et al., 2002), (Pavnashkar et al., 2003).

Se trata de una técnica relativamente reciente que viene a dar respuesta a las necesidades planteadas por las empresas manufactureras de cara a desarrollar cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles con las que afrontar las dificultades de la economía actual.

En concreto, el VSM, basado en el modelo organizacional de la Producción Ajustada para empresas manufactureras, es una técnica gráfica que, mediante el empleo de iconos normalizados integra en una misma figura flujos logísticos de materiales y de información. Ésta, comenzó a emplearse en *Toyota* bajo el epígrafe de “mapeado del flujo de materiales y de información” y fue finalmente desarrollada por Rother y Shook en su libro “*Learning to see*” (1998). No obstante, es importante reseñar que el termino fue inicialmente acuñado por Hines et al. (1997); si bien es

cierto que dentro de esta denominación se integraban otras herramientas para el diagnóstico y mejora de la cadena de suministro no relacionadas directamente con el VSM objeto de estudio.

El propósito de la herramienta es mapear las actividades con y sin valor añadido necesarias para llevar una familia de productos desde materia prima a producto terminado, con el objeto de localizar oportunidades de mejora mediante unas pautas basadas en conceptos de la Producción Ajustada para posteriormente graficar un posible estado futuro y lanzar proyectos de mejora.

Dicho cartografiado o mapeado se enmarca dentro del contexto del Pensamiento Ajustado analizado anteriormente. Concretamente, el mapeado se situaría en la segunda de las siguientes etapas (Womack et al., 1996):

1. Especificar el valor para cada producto determinado.
- 2. Identificar el flujo de valor para cada producto.**
3. Hacer que el valor fluya sin interrupciones.
4. Dejar que el cliente tire del valor desde el productor
5. Perseguir la perfección.

Aunque el marco de desarrollo inicial del VSM se sitúa en el estudio de flujos dentro de la propia planta manufacturera, llámese análisis puerta a puerta, también han sido publicadas y divulgadas aplicaciones exitosas específicas de la herramienta a otros niveles y en otros marcos:

- A nivel de procesos únicos como células de fabricación o ensamblaje (Rother et al., 2001). Las carencias del VSM a dicho nivel han sido identificadas por Michel Baudin (2002), basándose sobre todo en que el grado de detalle necesario para graficar y especificar el flujo en estos contextos es mayor del que puede proveer el VSM.
- A nivel de toda la cadena de suministros (Womack et al., 2002).
- Procesos administrativos no manufactureros (Tapping et al., 2002b).
- En otros sectores, tanto industriales (Abdulmayek et al., 2007), como por ejemplo en el de servicios (Drickhamer, 2006).

Por otro lado, el VSM también ha sido adaptado y evolucionado a situaciones de planta con características más complejas (Duggan, 2002), (Braglia et al. 2006) en las que la demanda es más aleatoria, la cantidad de referencias es muy variada y de difícil agrupación; conjuntamente, hay gran cantidad de procesos, muchos de ellos compartidos con otras familias y por tanto los flujos se vuelven complicados.

Asimismo, es necesario citar la divulgación de bibliografía referida a ampliar la experiencia sobre el propio proceso de desarrollo, tanto del proyecto de mapeado, como del despliegue e implantación de las mejoras aprobadas tras el análisis (Tapping et al., 2002a).

Las etapas principales de un proyecto de mapeado se pueden resumir en los siguientes puntos (Rother et al., 1998):

1. Elección de una familia de productos.
2. Mapeado de la situación inicial o actual.
3. Mapeado de la situación futura.
4. Definición de un plan de trabajo.
5. Implantación del plan de trabajo.

No hay demasiadas referencias escritas que expongan cuanto debe durar la aplicación de las primeras cuatro etapas. Los principales autores reseñan que es una herramienta de sencilla aplicación (Shook, 2002); Keyte, se aventura a exponer que el mapa inicial puede ser realizado en un día y el mapa futuro en otro (2002); Womack por su parte, considera que en unos pocos días los dos mapas pueden estar finalizados (2001). En concreto, establecer una duración aproximada del proceso será uno de los objetivos parciales de la disertación.

Previo al inicio de las etapas, los autores aconsejan la creación de un equipo multifuncional de 3 a 7 miembros en el que la figura del responsable del flujo de valor o *value stream manager* será el encargado de liderar el proceso VSM y el plan de implantación posterior. Éste, ha de ser un conocedor del flujo de valor de la familia de productos a tratar (Rother et al., 1998) y por otro lado ha de poseer los siguientes atributos (Tapping et al., 2002a):

- Un sentido de propiedad de producto.
- Un sentido de compromiso hacia la Producción Ajustada.
- Autoridad para hacer que los cambios se produzcan a través de funciones y departamentos.
- Autoridad para conseguir recursos.

El especialista en Producción Ajustada o *lean specialist* es otra figura perteneciente al equipo que apoyará en la labor de detectar los despilfarros e introducir las prácticas apropiadas para actuar ante las causas de las ineficiencias. Más que en la implantación en si, dichos especialistas actuarán de guías y asesores del equipo (Rother et al., 1998).

2.7.1.1. ETAPAS DE APLICACIÓN DEL VSM

2.7.1.1.1 Elección de una familia de producto

Es necesario focalizar el proceso de mapeado en una única familia de productos, graficar todas las referencias que se producen en la planta resulta complicado y no conduce a desarrollar de manera adecuada las pautas de la Producción Ajustada (Rother et al., 1998).

Como familia de producto se podría definir a un grupo de productos que pasan por similares procesos de operación y equipamiento aguas abajo en los procesos hasta expedirlos al cliente (Marchwinski et al., 2003).

Para casos más complejos, donde existen numerosos productos y una gran cantidad de rutas, Duggan (2002) detalla más la definición con una propuesta abierta de los siguientes criterios:

- El tiempo de operación de cada proceso con cada referencia de la familia de producto puede variar hasta en un 30%.
- Se puede permitir que el 20% de las etapas de la fabricación sean diferentes.

La búsqueda de familias de productos puede no resultar una tarea fácil a simple vista, sobre todo en casos de plantas fabriles funcionales. Se han

desarrollado y se siguen desarrollando algoritmos y métodos para la asignación de familias, dichos métodos han sido desplegados para dirigir el rediseño de las distribuciones en planta funcionales u orientadas al proceso a distribuciones orientadas al flujo de productos. Así pues, existe una gran variedad de dichas técnicas de ayuda para la identificación de posibles familias de productos, pero resultan bastante complicadas de aplicar, y son poco conocidas y empleadas. Por suerte, en los casos prácticos reales, no suele haber necesidad de valerse de técnicas demasiado sofisticadas (Hyer et al., 2002).

La literatura básica referente al VSM expone la denominada matriz de familia de productos (ver figura 5) como herramienta de ayuda para la detección de familias, con la que, en algunos casos a simple vista, o mediante la aplicación de un sencillo algoritmo, se pueden hallar posibles familias de productos (Burbidge, 1971), (Duggan, 2002). Se puede centrar la elaboración de la matriz en los primeros procesos de la cadena de valor, ya que en muchos casos serán aquellos que más fácilmente se plantearán para asignarlos específicamente a la familia de productos definida (Womack, 2002b).

		Assembly Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

A Product Family

Fig. 5. Matriz de familia de productos. (Rother et al., 1998).

Cuando el número de referencias es alto, es aconsejable centrar previamente el estudio en las referencias que mayor volumen de producción supongan; la regla ABC, 80-20 ó de *Pareto* resulta de gran ayuda en estos casos. A este tipo de estudio también se le denomina análisis P-Q (Producto-Cantidad) (Hyer et al., 2002), (Tapping et al., 2002a).

Para producciones bajo pedido donde la diferenciación de producto usualmente se da muy aguas arriba, Womack (2002b) aconseja agrupar los productos en base a la similitud de los procesos que siguen.

Asimismo, los diferentes criterios que señalan Hyer et al. (2002) para determinar el futuro diseño de los sistemas productivos pueden servir como guía para la agrupación (ver tabla 9).

Tabla 9. Diferentes vías para agrupar productos (Hyer et al., 2002).

Criterio para identificar macrofamilias de productos	Ejemplo
1.- Tipo de producto.	Cada familia la conforman productos del mismo tipo o misma función. Motores y generadores
2.- Mercado.	Mercado geográfico o tipo de cliente: distribuidor, final, etc. Europa, Norteamérica
3.- Clientes.	Familia de productos que se venden a uno o varios clientes concretos. Una familia para dos clientes dominantes, el resto de productos conforman una tercera familia.
4.- Grado de contacto con el cliente.	Agrupar productos de acuerdo con el grado de influencia que tiene el cliente sobre el producto final. Todos los productos stockados en una familia, todos los fabricados bajo pedido en otra, etc.
5.- Volumen de venta.	Agrupar productos con similar volumen de ventas. Alto volumen, bajo volumen.
6.- Patrones de pedidos.	Agrupar productos en base a los diferentes patrones de recibir pedidos. Series largas y repetitivas por un lado, series cortas e irregulares por otro.
7.- Base competitiva.	Agrupar productos en base a sus argumentos de venta. Por un lado los de bajo coste y rápida entrega, por otro los productos personalizados.
8.- Tipo de proceso.	Aquellos productos con similares procesos en la misma familia. Todos los que requieren montaje por un lado, todos los que no por otro.
9.- Características de productos.	Productos con similares características físicas o materias primas. Grandes vs. pequeños, ligeros vs. pesados, etc.

2.7.1.1.2 Mapeado de la situación actual o inicial

En base a una colección de iconos normalizados expuestos en las tablas 72, 73 y 74 del anexo A (Marchwinski et al., 2003) y a unas pautas de actuación generales (Rother et al., 1998), se realiza el dibujo de la situación inicial.

Autores como Rother et al. (1998) y Hines et al., (2000) aconsejan:

- Emplear lápiz y una hoja de tamaño DIN A3 y recoger los datos *in situ* en la propia planta.

- Dibujar hacia aguas arriba comenzando con los requerimientos del cliente, la demanda y su patrón.
- Cada punto donde el material fluye se considera un proceso y se dibuja mediante una caja, el proceso termina allá donde una desconexión hace que el flujo de materiales pare y se genere un stock intermedio. Han de registrarse los datos necesarios para cada proceso, que podrían ser:
 - Recurso compartido o específico a la familia.
 - Tiempo de ciclo.
 - Tiempo de cambio.
 - Eficiencia.
 - Periodo de ciclo de fabricación. Tamaño de lote medido en tiempo. *Every Part Every Interval* (EPEI).
 - Número de operarios.
 - Número de variaciones de productos.
 - Tipo y Tamaño de embalaje.
 - Número de relevos.
 - Tiempo de trabajo disponible (descontar descansos).
 - Otros datos que se puedan considerar necesarios.
- Tras la recogida de los datos de los procesos se dibuja el inventario acumulado y se contabiliza en la propia planta.
- Se grafican las entregas a clientes y los acopios de los proveedores más importantes: frecuencia de entregas, tamaño y tipo de embalajes, volúmenes de entregas...
- Una vez dibujado el flujo físico de los materiales, se procede a graficar el flujo de información.
- Por último, se contabiliza el contenido de trabajo en tiempo de la pieza así como su periodo de maduración desde materia prima hasta producto terminado mostrándolo en una línea dibujada dentada en la base del dibujo.

La figura 42 del anexo A muestra el mapa inicial de una planta productiva suministradora de una familia de componentes concreta a una planta de montaje de automóviles. En el mapa se pueden observar los diferentes procesos productivos y sus datos asociados dibujados en cuadros, los puntos de acumulación de inventario

dibujados con triángulos, el principal proveedor y la planta del cliente, las entregas mediante camión, el sistema de información asociado y la línea quebrada que muestra el periodo de maduración y el valor añadido de los productos medido en tiempo.

2.7.1.1.3 Mapeado de la situación futura

Se trata de ir respondiendo a ciertas preguntas clave e ir configurando el mapa futuro (Rother et al., 1998), (Sullivan et al. 2002).

1. ¿Cuál es el *takt time* o ritmo impuesto por el mercado basado en el tiempo de trabajo disponible?
2. ¿Se va a producir para expedir directamente a partir del proceso regulador o se necesita un supermercado de producto terminado?
3. ¿Dónde puede ser empleado el flujo continuo?
4. ¿Es necesario algún sistema *pull* (tirón) para gestionar la producción?
5. ¿Qué único punto de la cadena de producción, denominado proceso regulador será empleado para programar la producción?
6. ¿Cómo puede ser nivelado el *mix* de producción en el proceso regulador?
7. ¿Qué unidad de trabajo será retirada constantemente desde el proceso regulador?
8. ¿Qué mejoras de proceso (mejoras *kaizen*) serán necesarias en el flujo de valor para que fluya como en el diseño del estado futuro?

Dichas cuestiones clave se basan en directrices o pautas de la Producción Ajustada, que tratan de que cada proceso de producción fabrique sólo lo que el siguiente proceso necesite, en el momento en el que lo requiera; para así, buscar la unión de todos los procesos en un flujo con un mínimo de periodo de maduración y coste, así como con un máximo de calidad de producto. Estas directrices serán analizadas con detenimiento en el apartado 2.7.1.2.

La figura 43 del anexo A también muestra un posible estado futuro para el ejemplo analizado. En el mapa se observan menos procesos que en el mapa inicial, un sistema de información más sencillo y una reducción significativa del inventario y del periodo de maduración.

2.7.1.1.4 Definición e implantación de un plan de trabajo

La consecución del mapa futuro aprobado requerirá de una planificación detallada que habrá de liderar el responsable del flujo de valor con el apoyo y seguimiento de la alta dirección de la empresa.

Se aconseja dividir el mapa futuro en lazos (*loops*) o segmentos manejables con los que ir abordando paulatinamente los proyectos de mejora. El lazo inicial podría ser aquel que integra al proceso regulador, o bien aquel proceso que es adecuadamente comprendido por el personal de la empresa y tenga el éxito e impacto garantizado (Rother et al., 1998), (Tapping et al., 2002a).

Así como la planificación es un punto importantísimo, también hay que combinarlo en algunos casos con sistemas prueba/error con los que ir aprendiendo y sacando resultados y conclusiones (Rother et al., 1998).

En la figura 44 del anexo A se expone una estructuración del mapa futuro con los diferentes lazos o segmentos de mejora.

La figura 45 del anexo A muestra la planificación determinada para abordar la mejora del sistema productivo. Se puede observar que el plan está dividido en los lazos anteriormente definidos, y estos a su vez en planes de acción y objetivos cuantificados concretos.

Por último, la figura 46 del anexo A, presenta una posible plantilla a emplear para la revisión periódica del proceso de implantación.

2.7.1.2. DIRECTRICES DE LA PRODUCCIÓN AJUSTADA

Tal y como antes se ha citado en el apartado 2.7.1.1.3., el mapa futuro ha de desarrollarse en base a ciertas pautas base de la Producción Ajustada que se describen a continuación.

1. Producir respecto al *takt time*.
2. Implantar flujo continuo siempre que sea posible.

3. Emplear supermercados para controlar la producción siempre que el flujo continuo no pueda extenderse aguas arriba.
4. Intentar llevar el programa del cliente a un único proceso de producción denominado proceso regulador.
5. Nivelar el *mix* de producción.
6. Nivelar el volumen de producción.
7. Mejorar las eficiencias de los medios productivos para desarrollar la habilidad de EPEI cada día (para después hacerlo cada turno, cada hora, cada *pallet*...).

2.7.1.2.1 Producir respecto al *takt time*

El *takt time* es el tiempo disponible de producción dividido por la demanda del cliente, todo ello en un periodo dado (Marchwinski et al., 2003), (Rother et al., 1998)

Así pues, el *takt time* se puede describir mediante la siguiente fórmula:

Takt time = (tiempo operativo por periodo en segundos.) / (Demanda cliente por periodo en unidades).

El *takt*, “compás” en idioma alemán, se emplea para sincronizar el tiempo de producción con el de ventas, sobre todo en el proceso regulador. Es un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir. Producir al ritmo del *takt* suena sencillo, pero requiere esfuerzo para:

- Dar rápida respuesta (dentro del *takt*) ante problemas.
- Eliminar causas de ineficiencias.
- Eliminar tiempos de cambio en procesos tipos de ensamblaje aguas abajo.

2.7.1.2.2 Implantar flujo continuo

Significa fabricar y mover los productos uno a uno, o a lo sumo en lotes muy pequeños y consistentes a través de los procesos de producción (Marchwinski et al., 2003), (Rother et al., 1998, 2001). El flujo continuo puede conseguirse de diferentes maneras, desde líneas de montaje móviles, hasta células de montaje o fabricación. Las figuras 6 y 7 ilustran la diferencia entre un flujo discontinuo por lotes y uno continuo pieza a pieza.

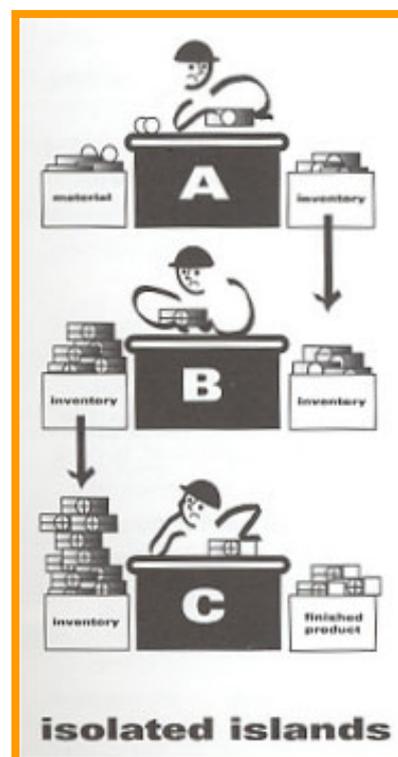


Fig. 6. Flujo discontinuo. (Rother et al., 1998).

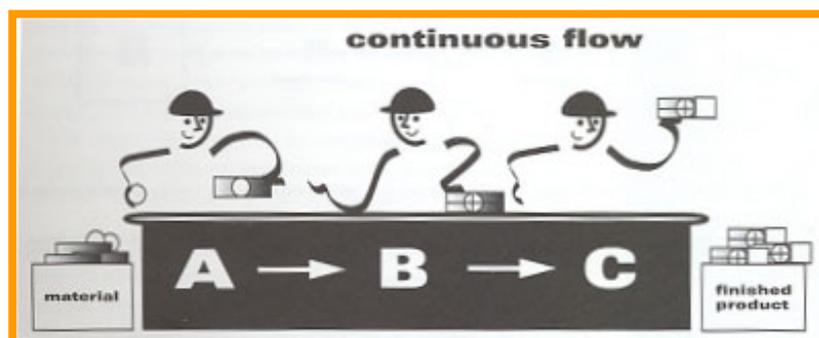


Fig. 7. Flujo continuo. (Rother et al., 1998).

El transferir las piezas una a una, presupone acercar los medios productivos y dedicarlos casi exclusivamente a la familia de productos en cuestión, lo cual en muchos casos no se justifica por las características de los procesos o por falta de saturación de medios productivos caros con una sola familia de productos. Estos medios productivos, también denominados “monumentos”, deberían de ser sustituidos en la medida de lo posible por medios adecuadamente dimensionados a la demanda de la familia de productos a la que irán destinados.

En el caso en el que varias etapas del proceso productivo sean susceptibles de adecuarlas al flujo continuo, otra de las tareas a desarrollar será el correcto balanceo o equilibrado de las operaciones entre los medios y trabajadores necesarios en la nueva configuración. El *takt time* será la referencia base para el correcto equilibrado. Las figuras 8 y 9 muestran un ejemplo del proceso de equilibrado de tiempos respecto al *takt time*.

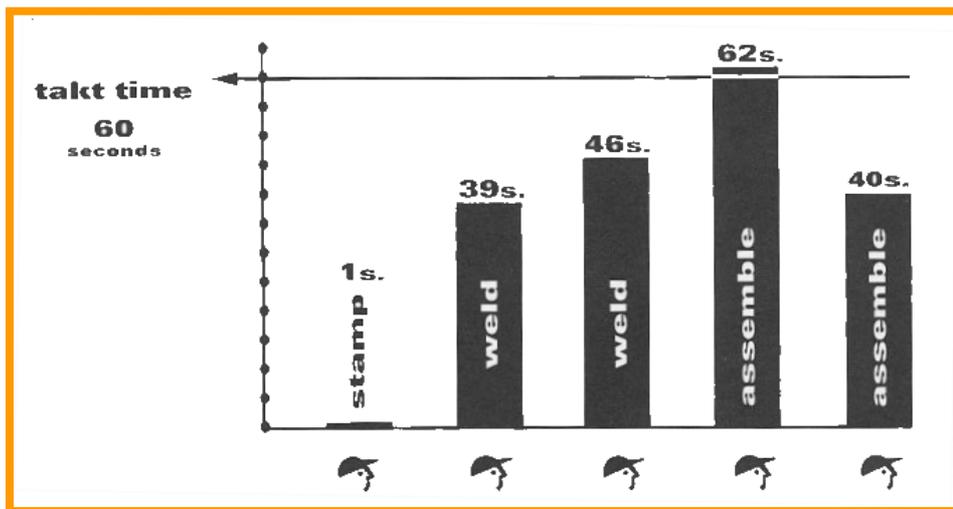


Fig. 8. Procesos independientes sin equilibrar (Rother et al., 1998).

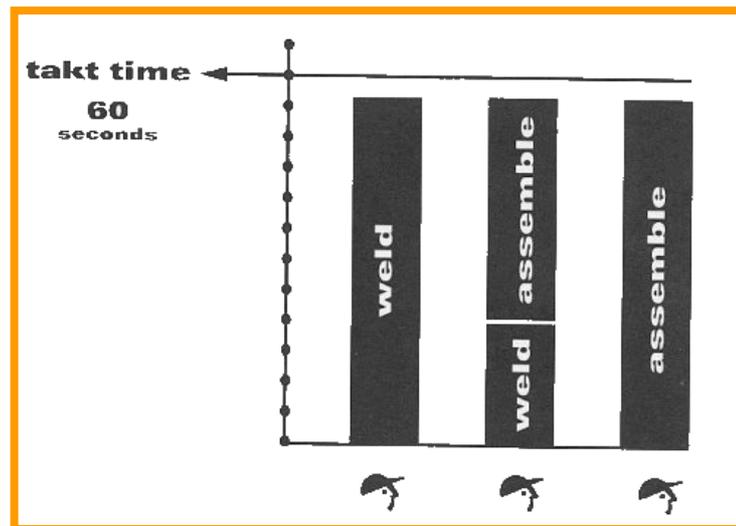


Fig. 9. Procesos equilibrados respecto al takt time (Rother et al., 1998).

2.7.1.2.3 Emplear supermercados para controlar la producción

Tal y como se ha comentado anteriormente, hay puntos en el flujo de valor donde el flujo continuo no es posible y la agrupación de los materiales para su transporte es necesaria (lotes de transferencia no unitarios). Las razones pueden ser las siguientes:

- Algunos procesos están diseñados para operar a ciclos muy rápidos o muy lentos y necesitan cambios para servir a múltiples familias de productos (por ejemplo, prensas de estampación e inyección).
- Otros procesos se encuentran lejos, y mandar y conseguir lotes de transferencia unitarios no es posible por ahora (por ejemplo, proveedores).
- Otros procesos tienen un periodo de maduración demasiado largo o resulta imposible colocarlos directamente en un flujo continuo.

Para estos casos, hay que resistir la tentación de programar estos puntos, ya que la programación es sólo una estimación de lo que el siguiente proceso va a necesitar. La Producción Ajustada aboga por la implantación de sistemas *pull* o de tirón.

El sistema *pull* es un método de control de producción en el que las actividades aguas abajo señalan sus necesidades a las actividades aguas arriba.

Este sistema busca la eliminación de la sobreproducción sin tener que programar dichos puntos (Marchwinski et al., 2003).

Como primera introducción al sistema, se presentará el denominado sistema clásico de realizar el tirón, más adelante, en el punto 2.7.2.4. se analizarán otras variantes.

La actividad aguas abajo provee de información a la operación aguas arriba frecuentemente mediante una tarjeta *kanban*, “señal” en idioma japonés, en la que se especifica el material que se necesita, la cantidad y donde y cuando se requiere. Hasta que la señal *kanban* no llega al proceso proveedor, éste no fabrica nada, al contrario que en un sistema *push*.

La siguiente figura 10 muestra esquemáticamente un proceso de tirón en el que: el cliente va al supermercado y retira lo que necesita cuando lo necesita y el proveedor produce para reaprovisionar lo retirado.

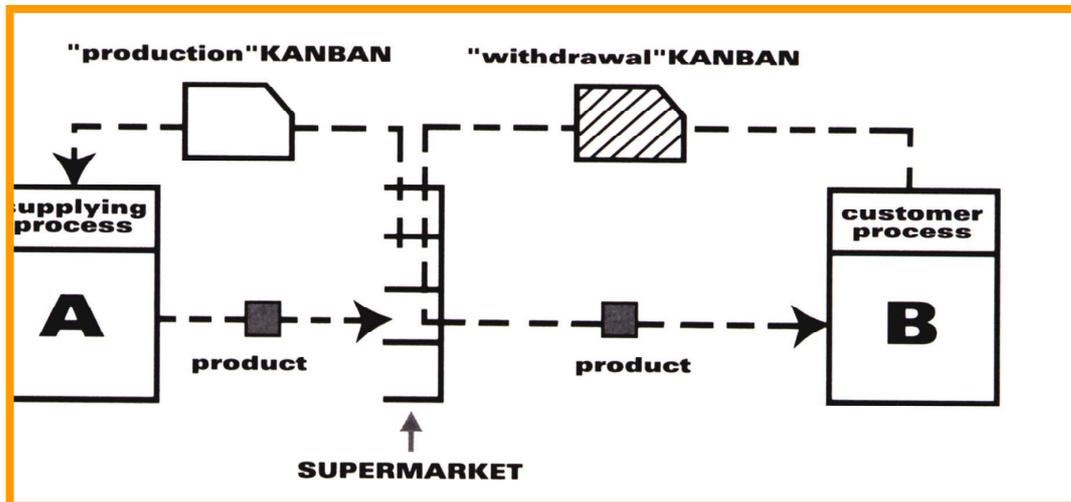


Fig. 10. Sistema pull (Rother et al., 1998).

Dependiendo del caso, el *kanban* puede ser una tarjeta, señal eléctrica, bola coloreada o cualquier otro formato siempre que permita el traslado de la correcta información y prevenga la introducción de información incorrecta.

Cualquiera que sea el formato, los *kanban* cumplen con dos funciones en un sistema productivo, por lo que habitualmente se clasifican en dos tipos:

- Los denominados *kanban* de producción o *production kanban*, ordenan a los procesos aguas arriba la fabricación de piezas.
- Los *kanban* de transporte o *withdrawal kanban*, ordenan a los acarreadores de material mover los productos señalados en la señal.

En cuanto a las diferencias entre los sistemas *pull* y *push* se pueden señalar las siguientes:

En un sistema *pull*, el cliente es el que desencadena la producción y entrega de materiales. La producción *pull* es iniciada por el cliente final y desencadenada aguas arriba por el cliente interno de cada proceso. Sin embargo, en un sistema *push* el material es movido desde aguas arriba hacia aguas abajo tan pronto como está disponible (The Productivity Press development team, 2002).

El sistema *pull* es un método de control de producción en el que las actividades aguas abajo señalan sus necesidades a las actividades aguas arriba. El proceso aguas abajo, en la misma o en otra planta fabril, provee información a la operación aguas arriba, frecuentemente vía una tarjeta *kanban*, sobre que pieza o material se necesita, que material y cuando y donde se necesita. Nada se produce por el proveedor hasta que el proceso cliente aguas abajo señala su necesidad.

En cambio, un sistema *push* es aquel en el que se procesan largos lotes de productos a un ratio máximo basándose en previsiones de demanda, y después moverlo al siguiente proceso aguas abajo o al almacén, sin importar el ritmo actual del trabajo del siguiente proceso. Este sistema hace virtualmente imposible establecer un flujo constante de trabajo desde un proceso al siguiente, base de la *Lean Production* (Marchwinski et al., 2003).

Los sistema *push* **programan** la entrega de trabajo, mientras que los sistemas *pull* **autorizan** la entrega del trabajo en base al estado del sistema. La clave de los sistemas *pull* es que se establece un nivel máximo de stock en curso, lo cual previene la producción de material en curso innecesario. El resultado es que los sistemas *pull* reducen el inventario en curso medio y los periodos de maduración y su variabilidad, así mismo crean presión para mejoras de calidad y se promueve una

detección efectiva de los defectos e incrementa la flexibilidad para el cambio (Hopp et al., 2000).

Hopp et al. (2002) completan su definición tras criticar a los autores de “*Lean Thinking*” por haber confundido el termino *pull* con producción bajo pedido y *push* con producción contra stock. Según la nueva definición, el *pull* es un sistema que explicita los límites de cantidad de trabajo que puede haber en el sistema. Esto implica que un sistema *push* es aquel que no limita la cantidad de obra en curso que puede haber en el sistema productivo. Siguiendo esta vía, Hopp y Sperman llegan incluso a una redefinición del sistema *lean*: “La producción de bienes y servicios acompañada con costes mínimos de *buffers*”.

Por último, para aclarar y dejar por sentado el tema, se describen en la tabla 10 las relaciones de los sistemas *push* y *pull* con los tipos de producción bajo pedido, bajo previsiones y contra stock.

Tabla 10. Adecuación de los sistemas *push* y *pull* a diferentes tipos de producción (Hopp et al., 2002).

	Bajo previsiones	Bajo pedido	Contra stock
PUSH	<i>MRP con previsiones.</i>	<i>MRP en base a pedidos</i>	<i>Punto de pedido desde el almacén de Productos Terminados.</i>
PULL	<i>Kanban con takt time y previsiones</i>	<i>Kanban con takt time y ordenes</i>	<i>Kanban con tirón desde el almacén de producto terminado.</i>

En este punto, cabe resaltar que la diferencia entre los tipos de producción bajo pedido o contra stock no suele estar clara del todo. De hecho, todos los sistemas productivos tienen el interfaz orden/inventario, que determina que parte del sistema trabaja contra stock y que parte bajo pedido (Shingo, 1981), (Hines et al., 1997), (Hoekstra, 1992), (Hopp et al., 2000). Un sistema que tenga este interfaz situado en el almacén de materia prima será un sistema bajo pedido convencional. Si este punto, en cambio, está situado en el almacén de producto terminado, será un sistema típico de producción contra stock o contra almacén. A su vez, si el punto se sitúa en un nivel previo al montaje final del producto, éste podría ser un sistema de producción de ensamble bajo pedido.

La selección de este punto determina que elementos del flujo de valor se convierten en parte del periodo de maduración desde orden de cliente a producto

productivo debe buscar sobre todo productividad; mientras que aguas abajo, flexibilidad y rápida respuesta al cliente. Basados en esta diferenciación de estrategia, algunos autores consideran que aguas arriba el enfoque filosófico productivo debe ser basado en la Producción Ajustada, mientras que aguas abajo el paradigma imperante debe ser el conocido como la Manufactura Ágil (Christopher et al., 2000), (Naylor et al., 1999). No obstante, tal y como se analizado previamente, autores de renombre también argumentan que la Lean Production incluye en su filosofía preceptos como la flexibilidad para una adaptación constante al mercado (Womack et al., 1986).

Asimismo, hay que tener en cuenta que la empresa o cadena de suministro puede establecer diferentes interfaces para cada familia de producto y además puede ir modificando la situación del mismo a lo largo del tiempo, dependiendo de la estrategia a adoptar (Olhager, 2003).

2.7.1.2.4 Programar un único proceso de producción

Empleando sistemas *pull* de supermercado, sólo será necesario programar únicamente un punto en el flujo de valor. Este punto se llama proceso regulador o *pacemaker process*. Es el que marcará el ritmo y dirigirá la producción de la familia de productos tratada (Marchwinski et al., 2003).

Una vez determinado el proceso regulador o punto de programación, aguas abajo los productos deberán fluir en la secuencia en la que llegan a cada uno de los procesos, es decir mediante una sistemática de líneas FIFO (*First In First Out*) (ver figura 12). La producción aguas arriba del proceso regulador en cambio será controlada mediante los sistemas *pull* anteriormente descritos. Los sistemas FIFO a nivel de planta han de ser lo más visuales posibles. Si la línea o espacio definido para el FIFO se llena, el proceso proveedor ha de parar inmediatamente para evitar la sobreproducción (Rother et al., 1998), (Marchwinski et al., 2003).

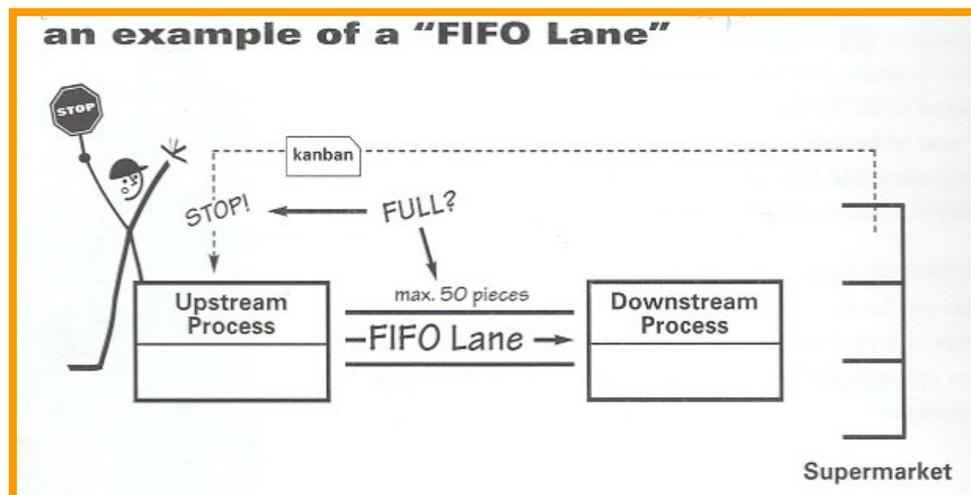


Fig. 12. Ejemplo de línea FIFO con el proceso regulador situado en el 1º proceso (Rother et al., 1998).

Como alternativa a las líneas FIFO, Hopp y Spearman (Hopp et al., 2000) proponen el sistema CONWIP (*Constant Work In Process*). Es un sistema que Rother y Shook (1998) no lo diferencian de las líneas FIFO y que ya existía sin nombre definido en la literatura japonesa (Hyer et al., 2002), su característica principal es que la entrega de un nuevo trabajo en el proceso regulador sólo se lleva a cabo a medida que otro deja la línea de producción, así se mantiene el stock en curso en la línea siempre constante.

Según los preceptos de la Producción Ajustada, este punto no ha de ser confundido con el proceso cuello de botella (Shook, 2002), que es el que ha de comandar la producción según la Teoría de las Limitaciones (TOC) desarrollada por Eliyahu Goldratt (1986, 1993). Conforme al Sistema de Producción *Toyota*, salvo en contadas excepciones como producción bajo pedido, no puede ser el cuello de botella o proceso más problemático el que marque y dirija el ritmo de toda la producción de la planta, tal y como aboga la TOC; esto no es óbice para no tratar de liberar dicho proceso y aumentar su capacidad (Shook, 2002).

La figura 13 muestra dos elecciones diferentes de proceso regulador para el mismo sistema productivo.

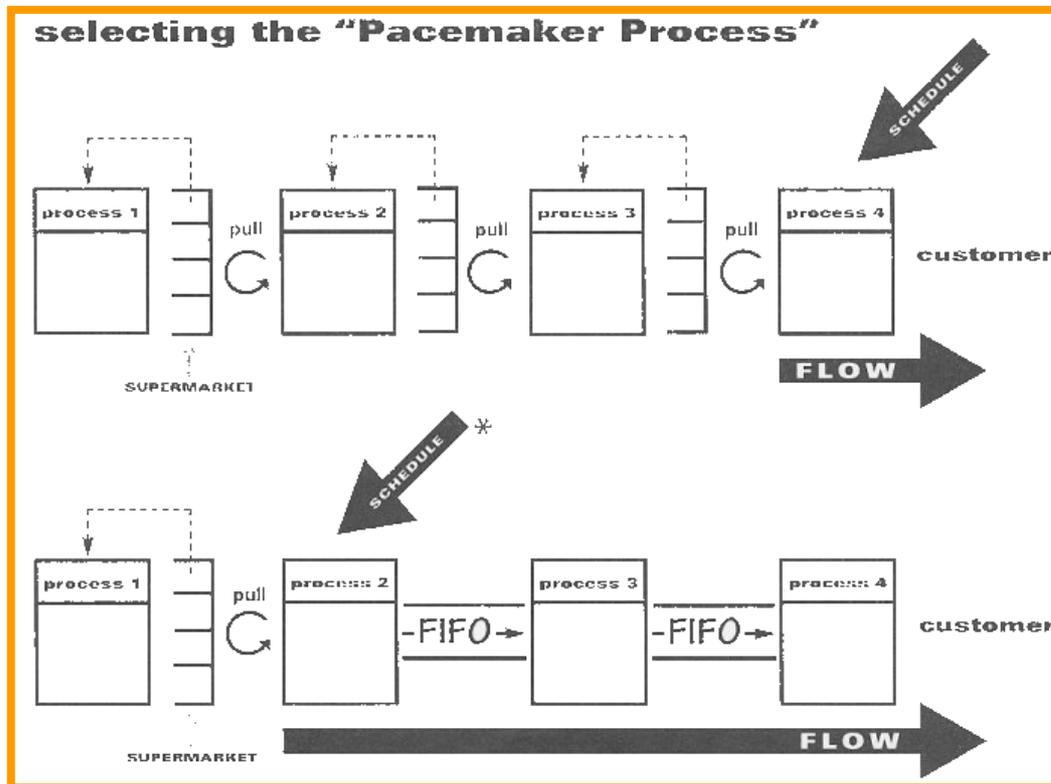


Fig. 13. Selección del proceso regulador (Rother et al., 1998).

Suponiendo de que se trate de un sistema contra stock de producto terminado, en el primer caso de la figura 13 se ha optado por un proceso regulador situado muy aguas abajo; esta elección suele ser preferible con demandas muy estables por producto y con tamaños de lotes y tiempos de proceso similares (Hyer et al., 2002). Por otro lado, también contará con menos inventario de producto terminado que en el segundo. Como desventajas del primer caso, han de citarse la mayor necesidad de stock en curso que en el segundo y una mayor complejidad en la gestión de la producción (Hopp et al., 2000), (Marchwinski et al., 2003).

Si la figura 13 se refiriese a un sistema que no fuera contra stock de producto terminado, la decisión de posicionar el proceso regulador estaría condicionada por una decisión previa de situar el interfaz. De hecho, el primer caso de la figura 13 supone que el interfaz se ha situado entre el 3º y 4º proceso, mientras que el segundo caso implica que éste se encuentre entre el 1º y 2º proceso. Al ser el

proceso regulador el único punto a programar, es necesario que éste sea el inmediatamente situado aguas abajo del interfaz donde se lanzarán las ordenes, de adaptadas directamente de los pedidos del cliente.

Así, con productos personalizados y en talleres funcionales, es lógico que el punto de programación o proceso regulador esté muy aguas arriba, ya que frecuentemente se trata de una producción bajo pedido (Rother et al., 1998). En estos casos particulares de producción bajo pedido se puede aconsejar enviar el programa de producción al proceso más aguas arriba a intervalos regulares teniendo como referencia la capacidad del cuello de botella del sistema (Rother, 2004). Esta última mención es la única referencia teórica a la relación que debe existir entre el proceso regulador y el cuello de botella del sistema; de hecho este es uno de los aspectos teóricos que la presente tesis aconseja refinar en la teoría del VSM (ver apartado 7.5. Refinamiento de la teoría).

Una vez realizada una introducción a los sistemas *pull*, haber estudiado su relación con los diferentes tipos de producción y analizado tanto el interfaz orden/inventario como el proceso regulador, se puede pasar a estudiar con mayor detenimiento la clasificación de los diferentes sistemas *pull*:

Sistema pull del supermercado

Es el tipo más conocido, también llamado de tipo A o sistema *pull* puro (Hopp et al., 2000), coincide con la definición original o clásica, “en los sistemas *pull* el movimiento de material o las actividades de producción se inician a partir de la retirada de inventario” (Suzaki, 1987). Esta idea históricamente ha tenido la forma de sistemas de reaprovisionamiento de demanda no ligada aunque la popularidad le llegó en los años 80 con la divulgación del TPS (Hyer et al., 2002).

El proceso consiste en el sistema clásico expuesto anteriormente en el punto 2.7.1.2.3., de manera que cada proceso cuenta con su propio inventario o “supermercado” asignado con una cantidad dada de productos que procesa. Cada vez que el proceso aguas abajo hace uso de alguno de los materiales del supermercado, una tarjeta *kanban* u otro tipo de información es enviada al proceso

proveedor para reaprovisionar ese material (ver figuras 10 y 14) (Marchwinski et al., 2003).

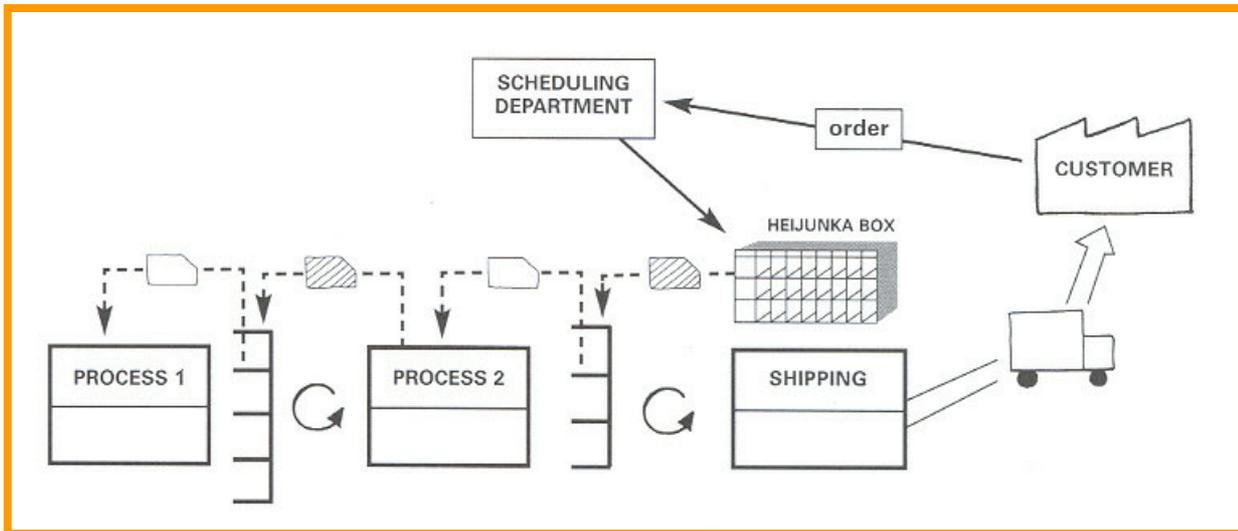


Fig. 14. Sistema pull del supermercado (Marchwinski et al., 2003).

En el caso de la figura 14, el proceso regulador es la sección de expediciones (*shipping*) y se programa mediante un panel *heijunka*, que se describirá en el punto 2.7.1.2.6. A partir del proceso regulador se genera un tirón aguas arriba.

Sistema pull secuencial

También conocido como de tipo B. Es el sistema antes mencionado y basado en las líneas FIFO. Se basa en la definición de Hopp y Spearman (2000) en la que los sistemas *pull* se describen como aquellos que mantienen el nivel del inventario en curso hasta un nivel máximo. Se refieren a aquellos lazos propuestos por el VSM aguas abajo a partir del proceso regulador.

En la figura 15 se muestra el proceso regulador como el Proceso n°1, a partir de ahí las piezas siguen el camino en base a unas líneas FIFO de una capacidad máxima limitada, si esta capacidad se sobrepasa, el proceso precedente debe parar. Este sistema se basa en una producción bajo pedido.

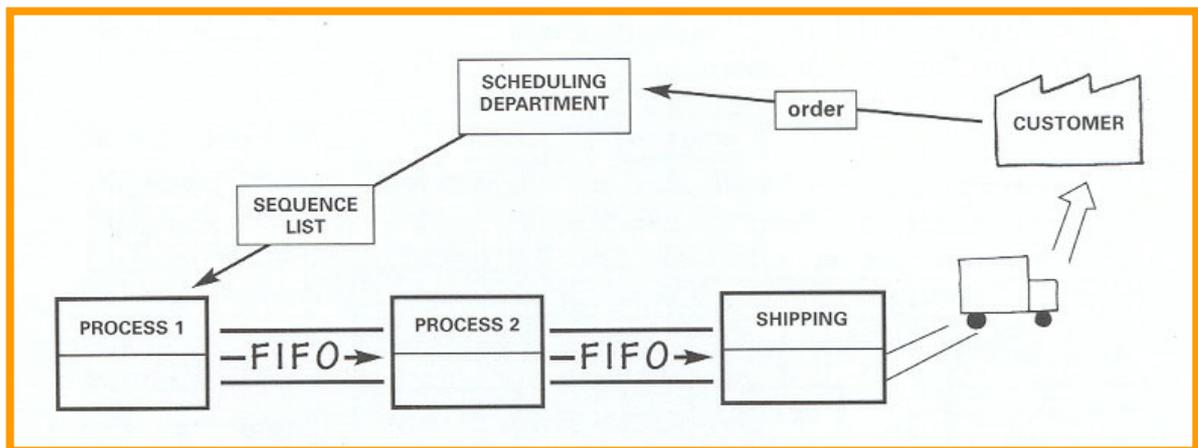


Fig. 15. Sistema pull secuencial. (Marchwinski et al., 2003).

En la figura 12 se puede ver el caso de una línea FIFO en un tipo de producción contra stock en la que el proceso regulador es el primer proceso.

Sistema pull mixto

Los dos sistemas anteriores se pueden emplear en conjunto en un sistema mezclado. Cuando se cumple la regla de *Pareto*, puede haber referencias de tipo D muy infrecuentes, donde el empleo del sistema secuencial resulta más adecuado, para ello es necesario reservar cierta capacidad productiva para las posibles ordenes de referencias D que surjan (ver figura 16).

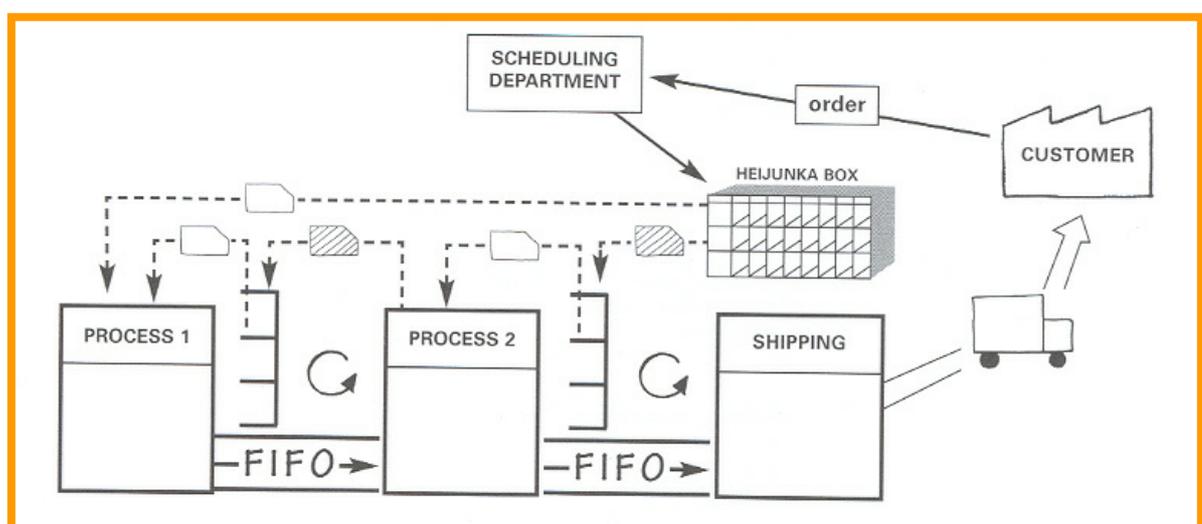


Fig. 16. Sistema pull mixto (Marchwinski et al., 2003).

Para sistemas productivos más complejos, Suri (1998) y Hyer et al. (2002), proponen el empleo de los sistemas POLCA (*Paired Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*). Es un sistema genérico basado en el uso de tarjetas o señales. Se envía una tarjeta al centro correspondiente aguas arriba de la ruta de la pieza que se acaba de terminar en el puesto aguas abajo. La figura 14 muestra tres ejemplos de realizar el tirón hacia atrás, el tercero de ellos es el correspondiente al sistema POLCA.

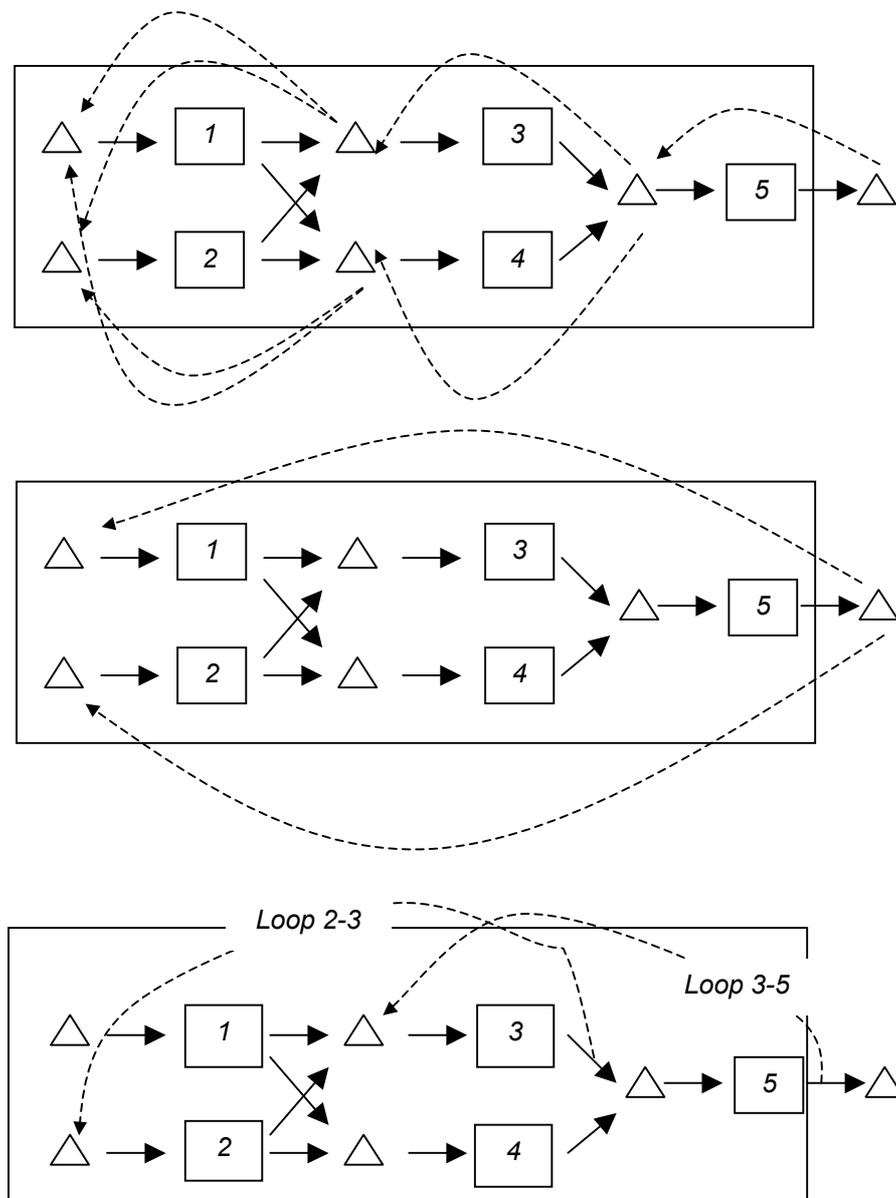


Fig. 17. Loops de control en sistemas complejos (Hyer et al., 2002).

2.7.1.2.5 Nivelar el *mix* de producción

La programación de grandes series o lotes en los procesos finales de montaje o procesos reguladores evita realizar muchos cambios pero esto crea serios problemas en el resto del flujo de valor.

Los grandes lotes hacen difícil el servir a clientes que desean algo diferente a la serie que se está produciendo en el momento. Esto se traduce en requerimientos de más stock de producto terminado y mayor periodo de maduración.

El inventario en curso de procesos aguas arriba también se incrementa y amplifica por la necesidad de disponer de los conjuntos en grandes lotes. De la misma manera, pequeñas fluctuaciones de las ordenes en los proceso regulador afectan y distorsionan los requerimientos de capacidad aguas arriba. Esta distorsión es conocida como efecto *Forrester* o *Bullwhip* (Sterman, 2000).

Una de las formas más efectivas de evitar dicho efecto consiste en realizar un *mix* o mezcla lo más nivelada posible en el proceso regulador.

Nivelar el *mix* de producción significa producir en pequeños lotes, incrementando el número de cambios y manteniendo las variantes de componentes a disposición en la sección de montaje (ver ejemplo de figura 18).

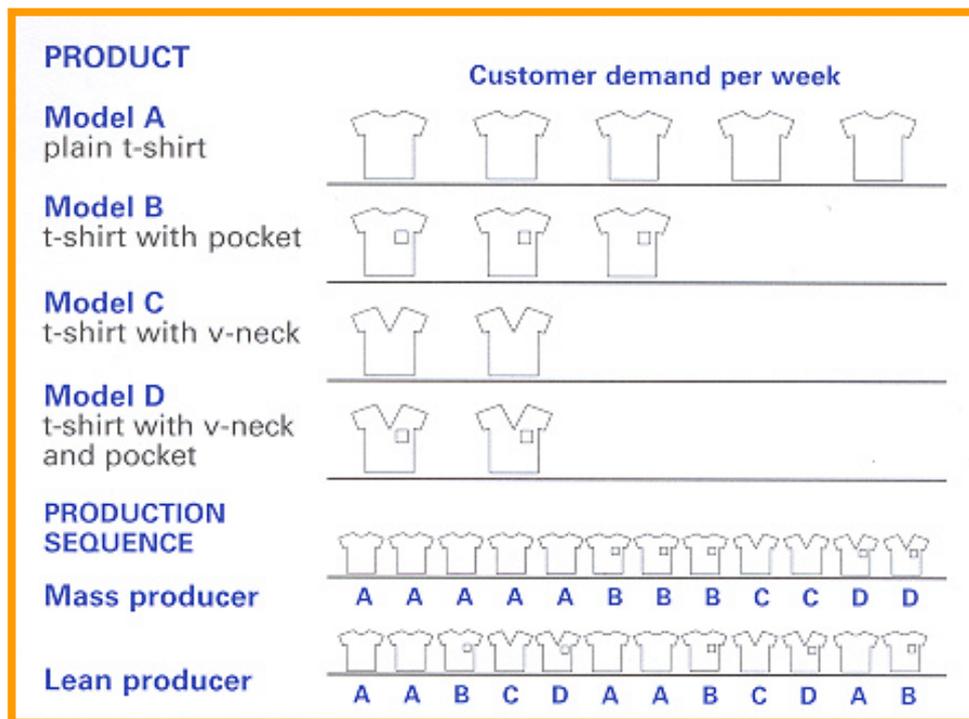


Fig. 18. Nivelación del mix de producción (Marchwinski et al., 2003).

2.7.1.2.6 Nivelar el volumen de producción

Nivelar el volumen de producción significa desencadenar la producción encargando y retirando en el proceso regulador unidades de trabajo pequeñas y consistentes. Trata de que la frecuencia de tiempo de gestión, la cantidad de trabajo que se encarga cada vez y el tiempo dedicado al control de la producción sean mínimos (Rother et al., 1998).

Muchas empresas encargan lotes grandes de trabajo a los procesos de planta, lo cual causa los siguientes problemas:

- No hay ni sentido de *takt time* ni *pull* con el que responder.
- El volumen de trabajo se encarga de manera aleatoria con picos y valles que causan caos en máquinas, trabajadores y supermercados.
- La situación se hace difícil de monitorizar: ¿adelantados o retrasados?
- Con tal cantidad de trabajo cada proceso tiende a secuenciar las ordenes por su cuenta, lo cual incrementa el periodo de maduración o *lead time* y la necesidad de expedir ordenes.

- Responder a cambios en requerimientos de clientes se vuelve muy complicado.

Establecer un ritmo de nivel de producción crea un flujo de producción predecible, el cual da la alarma sobre los problemas y habilita tomar rápidas acciones correctoras. Así como no se debe manejar material en grandes lotes, tampoco se deben lanzar las ordenes en grandes lotes.

Una buena forma de empezar es entregar en el proceso regulador pequeñas unidades de trabajo valoradas entre 5 y 60 minutos regularmente (Rother et al., 1998), o entre 15 minutos y 2 horas según de que autor se trate (Duggan, 2002), y simultáneamente retirar la misma cantidad de producto terminado. A este proceso también se le denomina *paced withdrawal* o retirada rítmica.

A la unidad de trabajo valorada en tiempo se le llama *pitch* (paso), y frecuentemente es calculado basado en la cantidad de unidades de embalaje o en un múltiplo de dicha cantidad. En un entorno en el que se trabaja bajo pedido se aconseja que el *pitch* sea calculado en base a la capacidad del cuello de botella (Shook, 2002).

Ejemplo de cálculo de *pitch*:

Si, el *takt time* es de 30 seg. y el tamaño de embalaje de 20 unidades: el *pitch* corresponderá a 10 minutos de trabajo (30 seg * 20 piezas). Por tanto, cada 10 minutos:

- Se le da una orden al proceso regulador para producir una unidad de embalaje.
- Se retira un *pitch* de producto terminado.

Así pues, el *pitch* se convierte en la unidad básica del programa de producción para la familia de producto. Si se secuencia y se controla cada *pitch*, se puede responder a problemas rápidamente y así mantener el *takt time*.

Una de las herramientas para la nivelación de *mix* y de volumen es el panel de nivelación de carga denominado *heijunka* (ver figura 19)

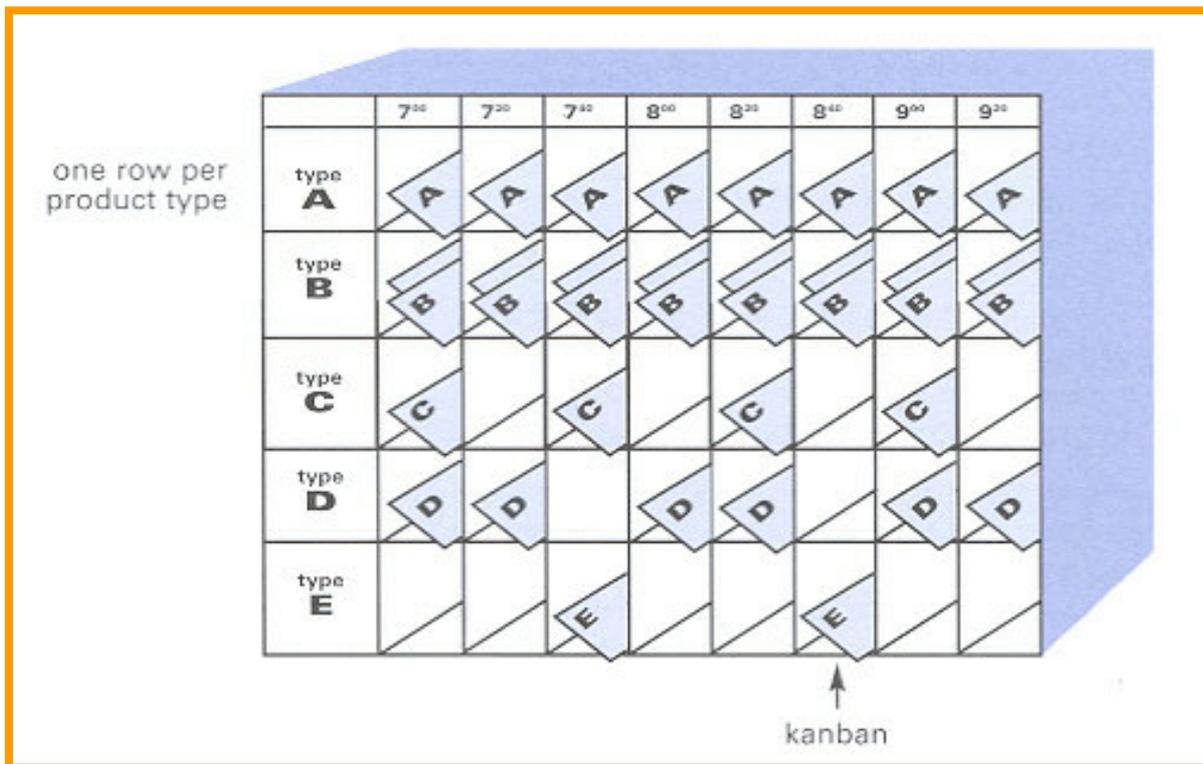


Fig. 19. Panel heijunka. (Marchwinski et al., 2003).

El panel *heijunka* o caja de nivelación, es una herramienta que se puede emplear para nivelar la mezcla y el volumen de producción distribuyendo tarjetas en la planta a intervalos fijos (Marchwinski et al., 2003).

En el ejemplo de la figura 19 cada fila representa un tipo de producto mientras que cada columna intervalos de tiempo idénticos para una retirada rítmica de tarjetas. En el caso de la figura, el turno de trabajo comienza a las 7:00 y la retirada se da cada 20 minutos por el carretillero, quien distribuye las tarjetas entre los procesos de producción de las planta.

En el mismo ejemplo, el *pitch* correspondiente al producto A es de 20 minutos, al B de 10 minutos y al C de 40 minutos; por otro lado los productos D y E comparten el mismo proceso con un *pitch* de 20 minutos. Como se ve, el panel es una vía para que las ordenes lleguen lo más niveladas y en el menor volumen de trabajo posible a las diferentes líneas de producción.

La figura 20 muestra como el panel *heijunka* es el punto de partida para que el acarreador haga su recorrido de entrega de tarjetas y de retirada de materiales con la frecuencia determinada a cada punto de producción. Harris et al. (2003) y Smalley (2004) analizan con profundidad el aprovisionamiento ajustado e integrado a las líneas de producción

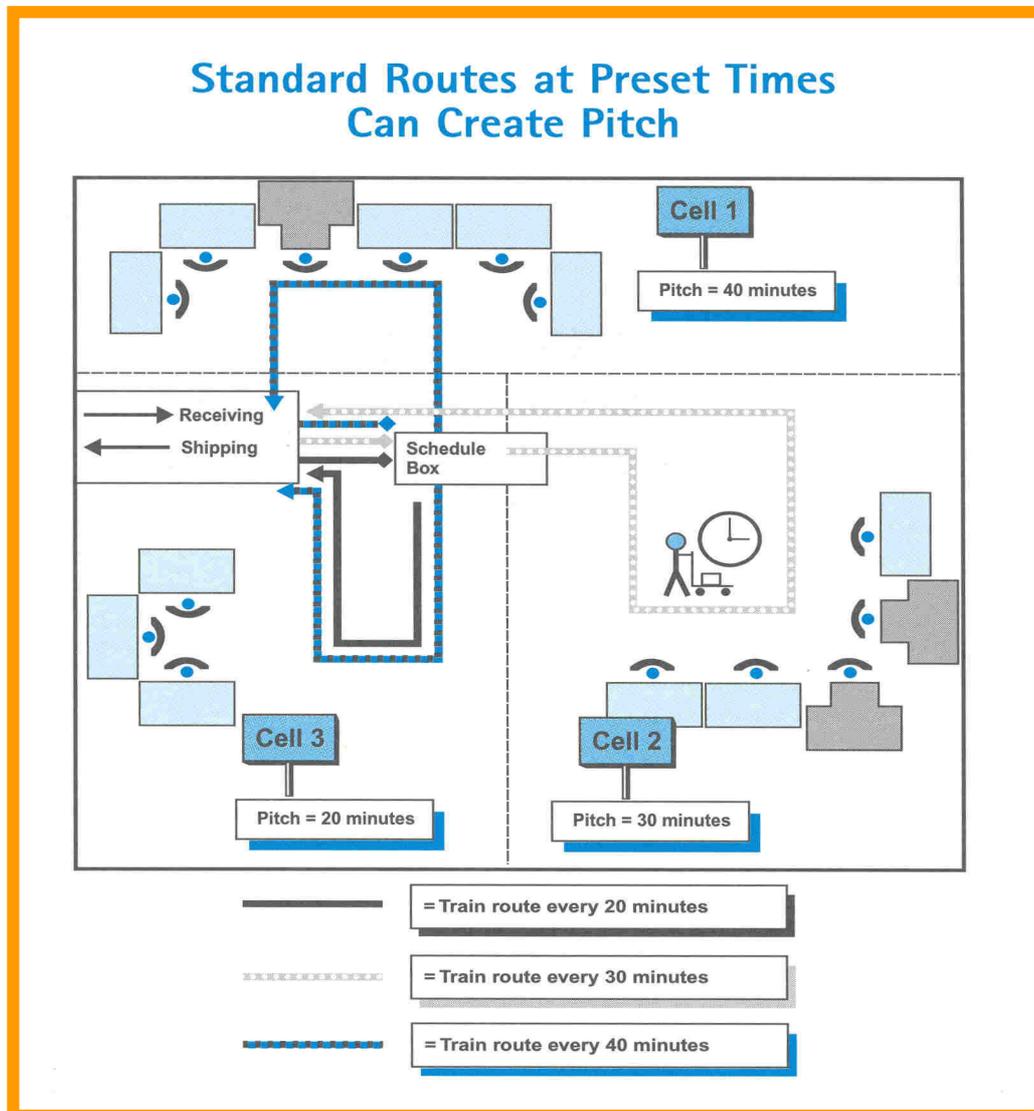


Fig. 20. Rutas estándares para acarreadores (Duggan, 2002).

A continuación, en la figura 21, se ilustra la labor del acarreador en un entorno con un supermercado de producto terminado. Cada *pitch*:

1. Recoge la siguiente tarjeta del panel *heijunka*.
2. Deja la tarjeta en el proceso regulador.
3. Recoge del proceso una cantidad correspondiente al *pitch*.
4. Lleva ese material al supermercado de producto terminado.

Los *kanban* que se generan a partir de la retirada de los materiales del supermercado de producto terminado pueden ser reordenados por el programador en el *mix* adecuado antes de volver a situarlos en el panel *heijunka* (Marchwinski et al., 2003).

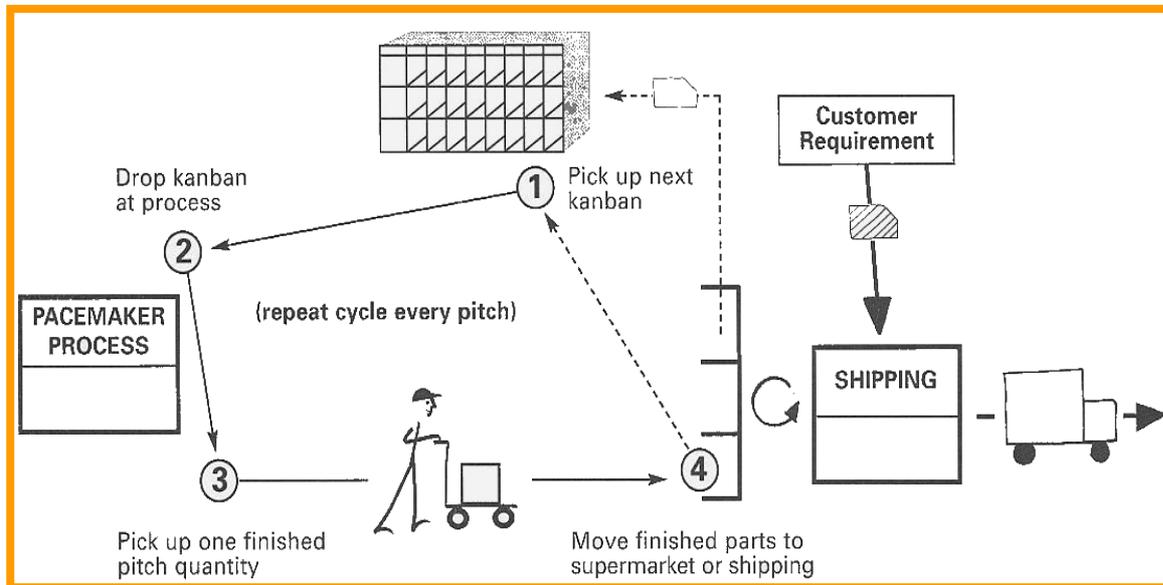


Fig. 21. Ejemplo de funcionamiento del pitch mediante el panel heijunka (Rother et al., 1998.)

2.7.1.2.7 Mejorar las eficiencias de los medios productivos Mejorar la flexibilidad de los medios productivos con el fin de responder con rapidez y en lotes pequeños a las necesidades de los procesos aguas abajo es la clave para reducir el nivel de stock en curso, disminuir el efecto *Bullwhip* o *Forrester* y reducir los periodos de maduración.

En definitiva, se trata de mejorar la eficiencia de los recursos productivos para invertir ese tiempo ganado en aumentar el número de cambios, trabajar con lotes mínimos y responder con más rapidez a las necesidades generadas. Un buen sistema para analizar las mejoras necesarias es el estudio carga/capacidad de cada recurso tal y como se muestra en la figura 22.

Estas mejoras habrán de redundar en reducir el tamaño medio de los lotes medido en tiempo o EPEI (*Every Part Every Interval*) Una meta inicial en varios

procesos puede ser alcanzar un EPEI diario. Para pasar después a cada turno, cada hora, cada *pallet*, hasta cada *pitch*.

Existen métodos específicos muy útiles tales como el SMED desarrollados sobre todo en Japón para conseguir la mejora de la eficiencia y flexibilidad de los medios productivos (Womack et al., 1996).

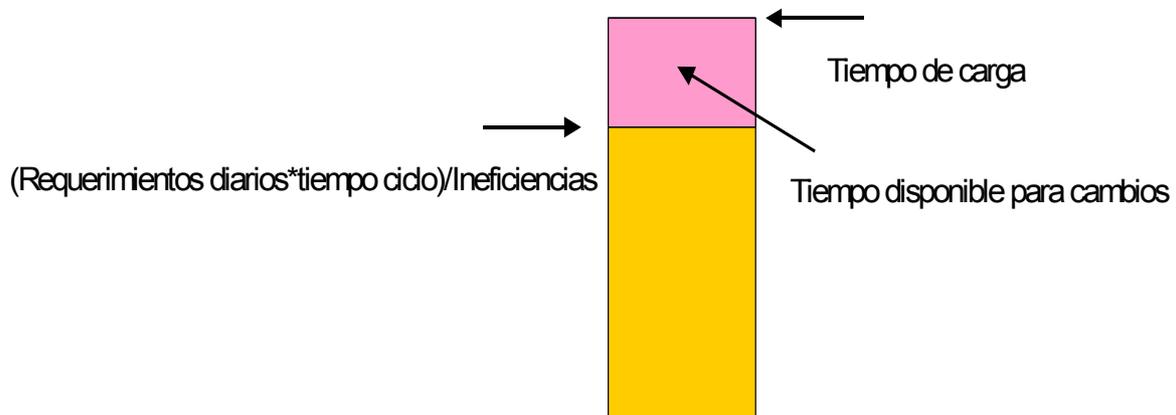


Fig. 22. Estudio carga/capacidad. (Rother et al., 1998).

2.7.1.3. APORTACIONES DEL VSM

Rother (1998), afirma que el VSM cumple con las propiedades demandadas para una técnica de rediseño de sistema productivo (ver introducción del apartado 2.7). Por su parte, Pavnashkar (2003) en su categorización de técnicas *lean*, subraya su gran potencial de cara a la mejora de sistemas productivos. Los argumentos se pueden resumir en:

- El análisis de la situación inicial está basado en la adquisición y tratamiento de datos numéricos y emplea un interfaz gráfico con el que se facilita la visión de los flujos de materiales y de información.
- La visión sistémica de cada familia de producto que refleja las ineficiencias del sistema. Aspecto también señalado por Jones (2003).
- La aportación de un lenguaje común para el equipo y la unificación de conceptos y técnicas *lean* en un único cuerpo. Argumento también reflejado por Baker (2003).
- La posibilidad de que el VSM suponga el punto inicial de un plan estratégico de mejora (Voelkel et al., 2003),(Gregory, 2003, 2004).

- Fuerza a que las decisiones sobre el flujo se visualicen y se puedan discutir, sin dejar que esas decisiones se den u ocurran por defecto.

Por tanto, el VSM se percibe como una herramienta práctica para el fin que se trata de alcanzar: **el diseño y creación de entornos productivos flexibles y eficientes.**

Llegados a este punto, una de las cuestiones que se plantea es la existencia y propiedades de otros modelos orientados al rediseño y mejora de los sistemas productivos. El apartado 2.7.2. resume la revisión de la literatura realizada de cara a explorar la existencia y campo de aplicación de tales técnicas.

2.7.2. Otros modelos de análisis y mejora del sistema productivo

Este apartado expone el estudio bibliográfico realizado sobre la existencia y contexto de aplicación de modelos no relacionados con el VSM y que sirvan de apoyo al rediseño de los sistemas productivos. Como se podrá observar, el análisis no ha dado con utilidades que abarquen un campo similar al VSM, ni que estén desarrolladas al mismo nivel y ni que contemplen similares objetivos.

Previo a analizar estos diferentes modelos, es necesario reseñar dos puntos teóricos importantes: el referente a la estructuración del sistema productivo y el relacionado con la diferenciación entre herramienta, método y metodología.

En cuanto al primer aspecto, un sistema productivo puede ser estructurado como la agregación de tres subsistemas (Roboam, 1993), (Wu, 1996):

- Físico u operacional, referente al flujo de materiales.
- Informacional o auditorial, referente al flujo de información.
- Decisional o de gestión, referente al proceso de toma de decisión.

En cuanto a la distinción entre método, metodología y herramienta, a pesar de que hay cierta confusión generalizada en su uso, el método podría ser descrito como una manera de proceder, una vía regulada y sistemática de conseguir un fin (Oyarbide, 2003). Robson (2002) no hace diferenciación alguna entre método y

técnica, por lo que en el presente apartado se emplearan ambos términos indistintamente. Por otro lado, Checkland (1981) y Pandya (1995) coinciden en definir metodología como una serie de principios que aplicados sobre una situación particular guían al usuario a desarrollar un método específicamente adecuado al problema. Por último, el término herramienta se puede definir como un mecanismo que permite la generación y clarificación de ideas o pensamientos (Wu, 1996), (Pandya, 1995).

A continuación, y a partir de una revisión de la literatura, se exponen los grupos de metodologías, métodos y herramientas que aparte del VSM se muestran potencialmente aplicables al rediseño de sistemas productivos. Estas se han identificado y agrupado como:

- Diagramas de flujo.
- Sistemas estructurados.
- Sistemas de arquitectura.
- Softwares de modelado y simulación.

2.7.2.1. DIAGRAMAS DE FLUJO

Las diferentes tipologías de diagramas de flujo conforman una serie conocida de herramientas para modelar cualquiera de los tres subsistemas. Entre una de las diversas modalidades podemos encontrar el denominado mapeado de las actividades de proceso, aportada entre una serie de herramientas de mapeado orientadas al análisis de la cadena de suministro y citadas en el apartado 2.7.1. (Hines et al., 1997), (Hines et al., 1999), (Jones et al., 1997). El movimiento de la Reingeniería de los Procesos de Negocio (BPR) divulgó esta serie de herramientas por las dos siguientes razones: En primer lugar, por estar basadas en la medición y análisis de indicadores clave (Hammer, 1990), (Davenport, 1993); y en segundo lugar por la variedad de lenguajes estándares que convierten la herramienta en práctica y aplicable (Baudin, 2002) (Aguilar-Savén, 2004). Aunque esta herramienta se pueda emplear a nivel cuantitativo e incluso dinámico, en base al empleo de softwares especializados, su uso práctico se centra sobre todo en un análisis cualitativo y estático de los diferentes procesos (Oyarbide, 2003).

Entre las diferentes herramientas específicas que pueden mostrar los diferentes flujos de procesos empresariales nos encontramos con las redes de Petri. Aunque originalmente fueron diseñadas para el modelado de sistemas computacionales, han sido cada vez más empleadas en el modelado de sistemas manufactureros por sus particulares propiedades en la interacción de diferentes procesos y eventos (Wu, 1996), (Aguilar Savén, 2004).

2.7.2.2. SISTEMAS ESTRUCTURADOS

Existe un grupo de metodologías que se podrían englobar en el grupo de los Sistemas Estructurados que emplean como una de sus herramientas adaptaciones de los diagramas de flujo (Wu, 1996), (Pandya, 1995). Las tres más conocidas son:

- IDEF0 (Icam DEFinition Zero) (Roboam, 1983)
- SADT (Structured Analysis and Design Technique) (Marca et al., 1988)
- SSADM (Structured System Analysis and Design Method) (Ashworth, 1988), (Downs et al., 1988).

Estas tres metodologías sirven para realizar un análisis funcional estructural para describir de una forma jerárquica las actividades de un sistema. El conocimiento de las relaciones entre los diferentes elementos del sistema permite la mejora de los tres subsistemas. A pesar de todo se tratan de modelos principalmente cualitativos con un análisis matemático superficial que no profundizan en los datos cuantitativos del sistema (Baines et al., 1998), (Wu, 1996).

En el ejemplo de un modelo IDEF0 de la figura 23 se observa la descomposición del sistema empresa entre los sistemas estratégicos, administrativos y productivos y de distribución. En el nivel jerárquico inferior se describe el sistema de producción con sus funciones y relaciones referentes a la gestión y a la propia producción, así, sucesivamente se baja el nivel y aumenta el grado de detalle.

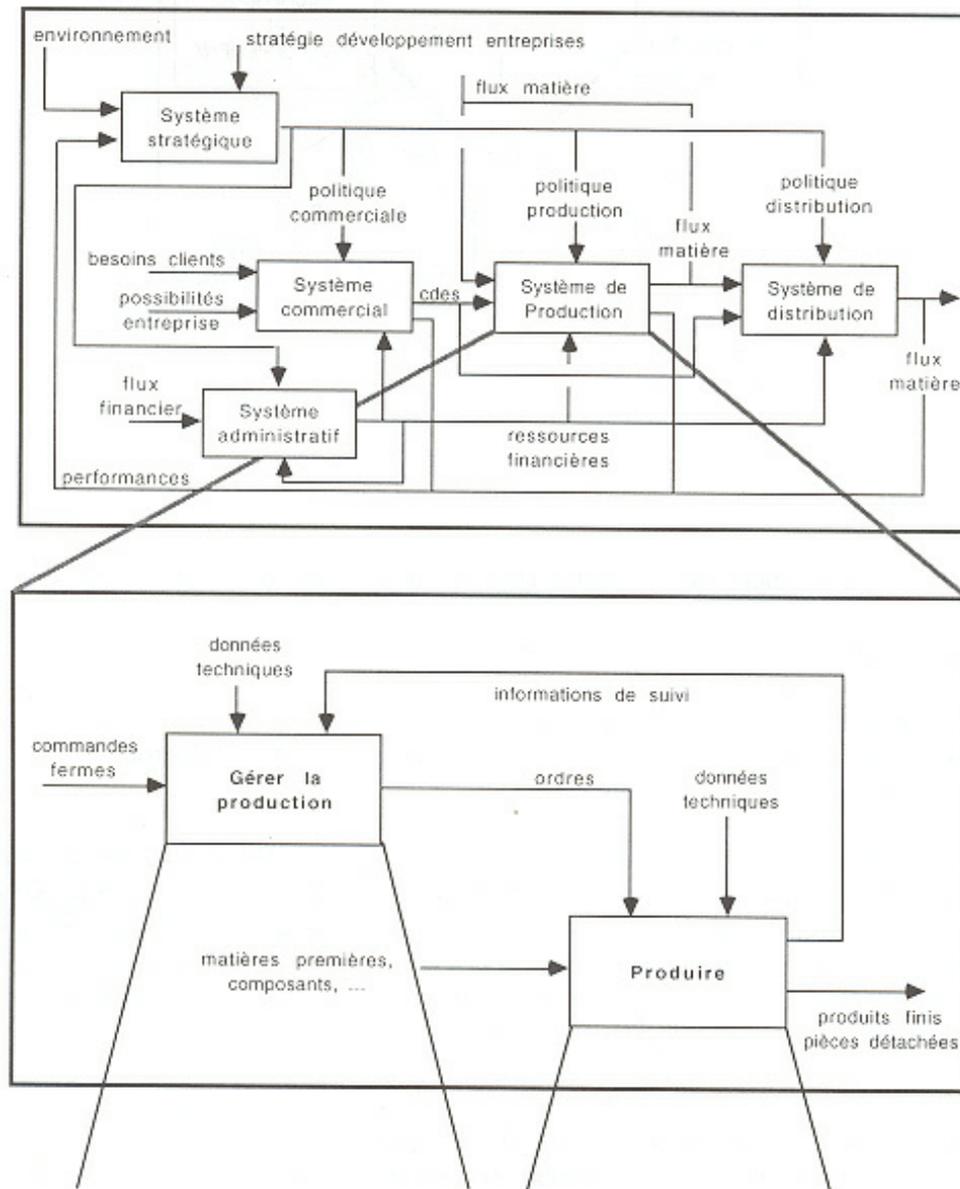


Fig. 23. Ejemplo de modelo funcional IDEF0 de sistema empresa (Roboam, 1993).

Entre las diferencias más reseñables entre las tres se podrían señalar que el IDEF0 se asemeja más a una colección de herramientas que a una metodología estructurada (Wu, 1996), (Aguilar-Savén, 2004); el SADT tiene un lenguaje sencillo más relacionado con el BPR (Baines et al., 1996); y el SSADM es el método más detallado y adaptado a sistemas productivos (Downs et al., 1998).

Por su parte, Baines et al. (1998) demuestran que tanto el IDEF0 como el SADT requieren de relativo poco tiempo para la construcción del modelo, a pesar de que la precisión obtenida con respecto al sistema real también sea relativamente baja.

2.7.2.3. SISTEMAS DE ARQUITECTURA

Un Sistema de Arquitectura es un modelo o marco que puede ser empleado para representar una compañía. Dicho marco puede ser representado por medio de una planificación y análisis de la compañía para: apoyar en la elección del hardware y software de uso en diferentes fases del ciclo de vida de la empresa, diseñar estructuras de comunicación organizacionales, y estudiar el flujo de materiales y de información a través de la compañía. Un modelo de arquitectura de empresa permite que los ejecutivos, gestores y técnicos no tomen decisiones basadas en modelos personales particulares de la empresa, que típicamente están limitados a pequeñas partes de la misma y a una o dos fases; modelos limitados que incluso no son efectivamente compartidos con el resto de la organización (Bernus et al., 1996).

Tres de las metodologías existentes están consideradas como GERAM (Generalized Enterprise Reference Model) desarrollados por el IFAC/IFIP (Task Force on Architectures for Enterprise Integration). Como tal, trata de extender modelos específicos de empresa a modelos genéricos que puedan ser empleados a todos los tipos de industrias y fases de vida. Sin tal modelo genérico, las interfases entre software, bases de datos, procesos de trabajo, etc. empleados en diferentes partes y etapas de vida de la empresa son difíciles o imposibles de integrar (Bernus et al., 1996). Estos tres modelos son conocidos como:

- GRAI (Graphes à Resultats et Activités Interreliés) (Dougmeints et al., 1983), (Roboam, 1993), (Lario et al., 2004).
- CIMOSA (European Open System Architecture for CIM) (Kosanke et al., 1999)
- PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) (Williams et al., 1994), (Williams, 1998).

Como aspectos más reseñables de cada modelo se podrían citar los siguientes.

Como el resto de los modelos, PERA es una representación genérica gráfica de todos los componentes de la empresa durante su ciclo completo, desde la idea del concepto de negocio a la disolución de la empresa. Williams (1998) afirma que

PERA provee medios para la gestión de los factores humanos y organizacionales inherentes a dichos proyectos, como para el acercamiento de la empresa a los mismos proyectos. Por otro lado, presenta una guía secuencial para reducir el retrabajo en el desarrollo de los proyectos y una comprensión de los interfases dinámicos entre las diferentes disciplinas de la ingeniería y de la gestión reflejadas en los proyectos.

El marco de modelado denominado CIMOSA provee al usuario de guías para la descripción estructurada de los requerimientos de negocio y su translación en entornos de diseño e implementación de sistemas CIM (Computer Integrated Manufacturing). CIMOSA define un modelo basado en un método de ingeniería de empresa que categoriza operaciones productivas en funciones genéricas y específicas. Estas funciones pueden ser luego combinadas para crear un modelo que puede ser empleado para la simulación y análisis de procesos. El mismo modelo puede ser utilizado en línea con los procesos de programación, monitorización y control de la información del proceso productivo (Kosanke et al., 1999).

El modelo GRAI, por su parte, está sobre todo relacionado con el desarrollo del subsistema decisional o de gestión y está basada en la denominada Planificación Jerárquica de la Producción (PJP) (Dougmeints et al., 1983).

El PJP tiene como eje central la toma de decisiones secuenciadas en orden de importancia, horizonte, periodo y grado de detalle por los responsables adecuados. Dichos tipos de decisiones se pueden estructurar en decisiones estratégicas, tácticas y operativas (Meal, 1984), (Gaither et al., 2002), (Hopp et al., 2000), (Chase et al., 2000), (Vicens et al., 2001), (Ochoa, 1991), (Ochoa et al., 1996).

El método GRAI propone el empleo de dos herramientas gráficas: la rejilla y la red GRAI (Dougmeints et al., 1983), (Roboam, 1993), (Lario et al., 2004).

La rejilla GRAI (ver ejemplo de la figura 24) pretende dar una visión global del sistema de PJP de una organización para su diagnóstico y mejora. Las columnas corresponden a las diferentes funciones de la PJP y las filas a los horizontes de toma de decisión y periodos de revisión. Las celdas de la rejilla muestran los centros

de decisión, los cuales identifican las macro-decisiones que se toman en cada función y nivel decisional. Las flechas gruesas simbolizan las ligaduras entre las decisiones, mientras que las delgadas se refieren a los flujos de información.

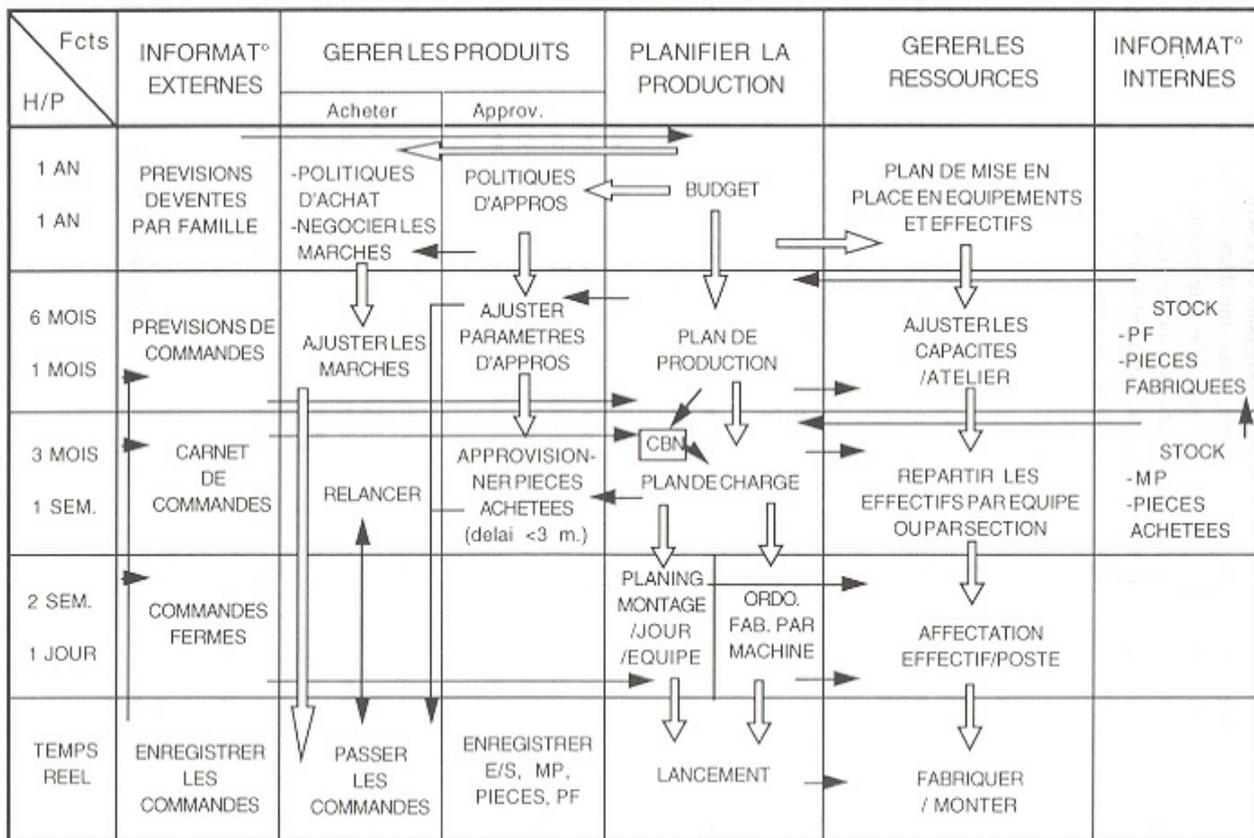


Fig. 24. Ejemplo de rejilla GRAI (Roboam, 1993).

La red GRAI ofrece un estudio más detallado del entramado de cada dentro de decisión en base al empleo de un lenguaje gráfico relacionado una con los citados diagramas de flujo. Así como la figura 25 muestra el despliegue de dos redes GRAI jerárquicas a partir de un centro de decisión, la figura 26 expone en detalle un ejemplo de red GRAI en el que las direcciones verticales de las líneas gruesas muestran actividades de decisión y las horizontales actividades de ejecución.

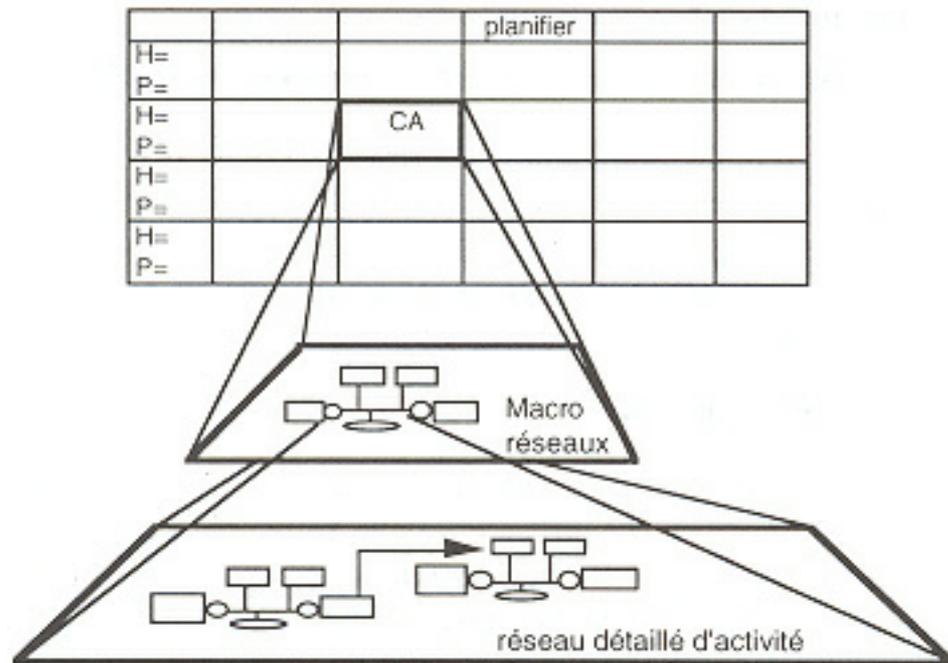


Fig. 25. Despliegue de redes GRAI (Roboam, 1993).

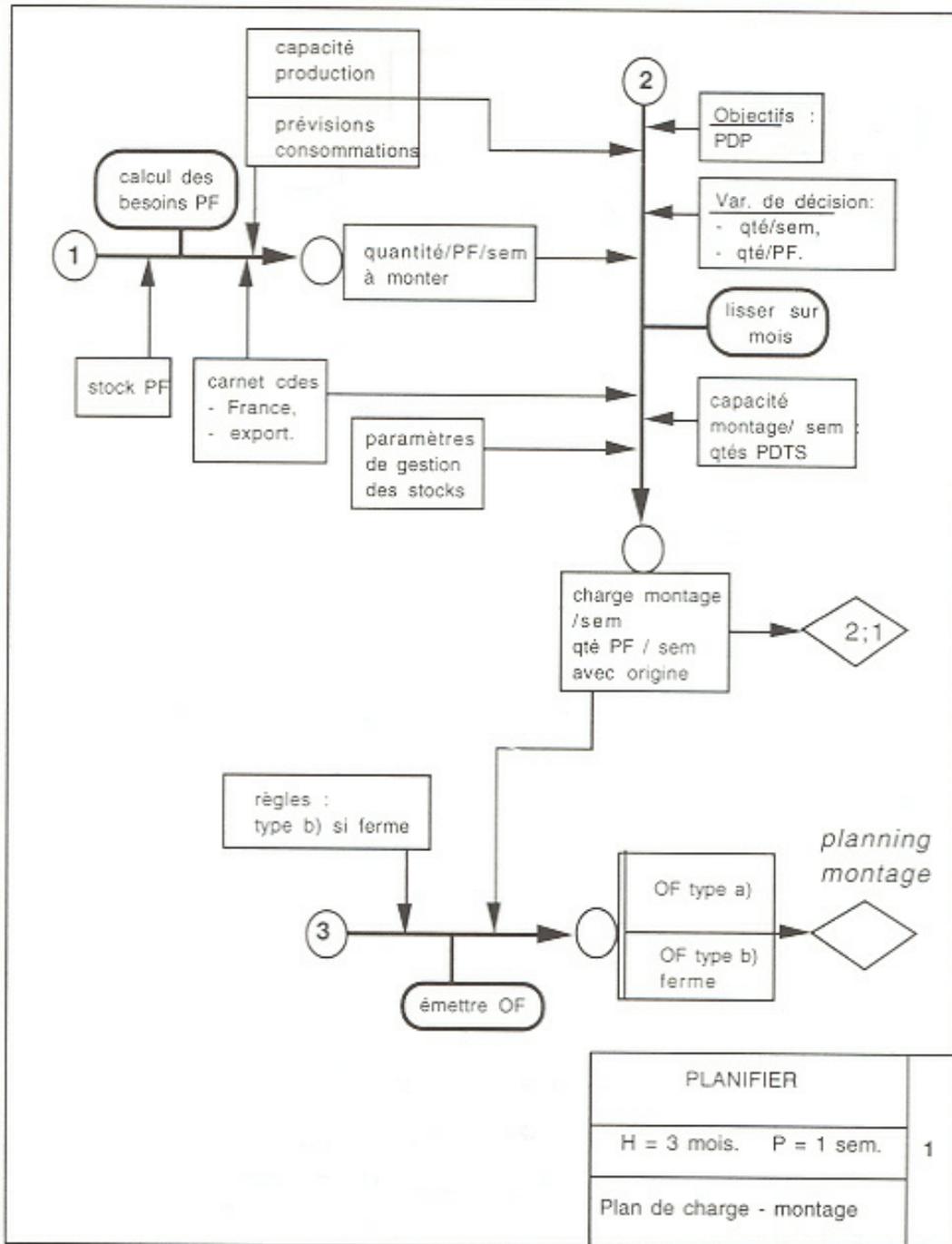


Fig. 26. Ejemplo de red GRAI (Roboam, 1993).

2.7.2.4. SOFTWARE DE MODELADO Y DE SIMULACIÓN.

Los software orientados al modelado y simulación de los flujos de material y de información son otra vía interesante de cara al rediseño de sistemas productivos (Wu, 1996). Los diferentes paquetes de software en este campo se puede estructurar en dos modalidades: Simulación de Eventos Discretos y Sistemas Dinámicos. Aunque con la primera se pueden llegar a concretar modelos de mejor

precisión que con los Sistemas Dinámicos, esta última modalidad requiere de menor esfuerzo en su construcción (Baines et al., 1998).

A pesar de su carácter dinámico, nivel de precisión, y naturaleza cuantitativa, así como su enfoque similar al marco del VSM, el software requerido, la formación necesaria y el tiempo a invertir pueden llegar a constituir importantes razones para no ser práctica en todo tipo de empresas (Baines et al., 1998), (Oyarbide, 2003) (Aguilar-Savén, 2004). Por otro lado, Los software de simulación persiguen principalmente una mejora del sistema manufacturero en base a ensayos prueba error (Oyarbide, 2003). La figura 27 muestra un ejemplo del aspecto visual que puede adquirir el modelado de un sistema productivo con este tipo de software.

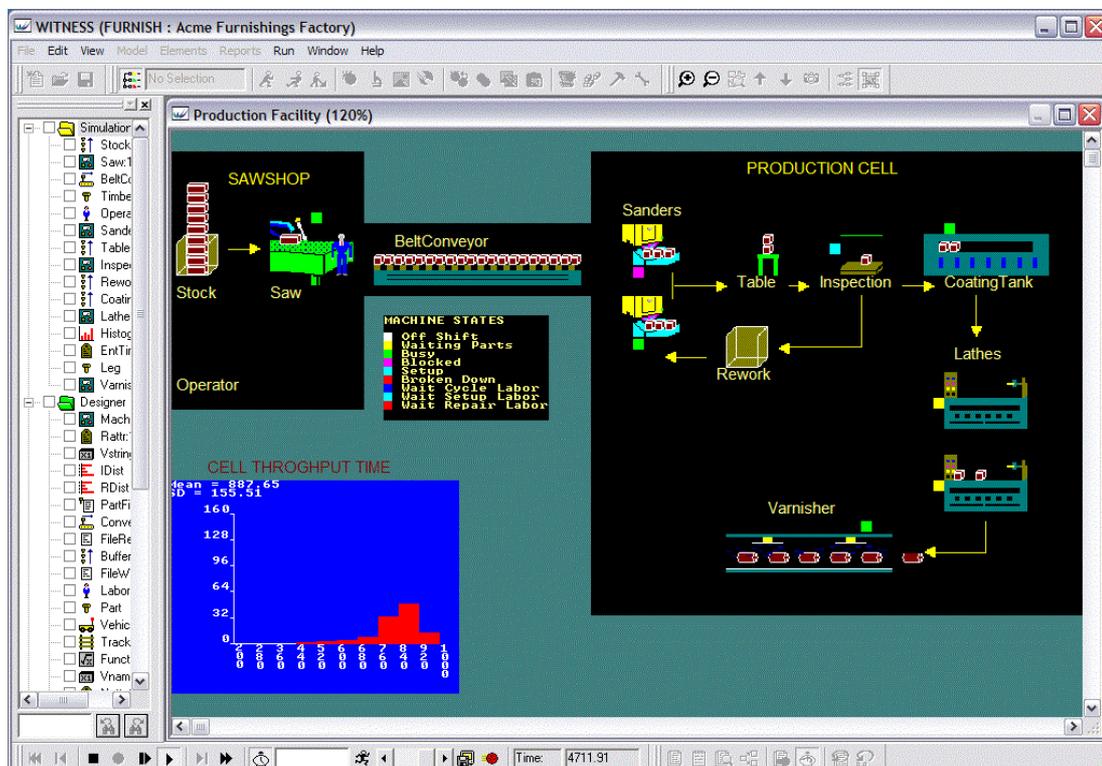


Fig. 27. Ejemplo de modelo realizado con software "Witness" (original en color).

2.7.3. Contraste de los diferentes modelos

La siguiente tabla 11 resume las características y el campo de aplicación de cada modelo descrito en la presente sección. La caracterización se ha realizado en base a las propiedades consideradas más idóneas para realizar el enmarque

adecuado de cada sistema. En este punto es necesario exponer que la identificación de cada propiedad se ha realizado en base a un acercamiento genérico y global.

Tabla 11. Caracterización de modelos.

	Metodología / Método/ Herramienta	Cuantitativa/ Cualitativa	Enfoque original	Propósito	Marco	Dinámico /Estático
VSM	<i>Método</i>	<i>Cuantitativa</i>	<i>Producción Ajustada.</i>	<i>Eficiencia y mejora</i>	<i>Lineas de flujo desconectadas</i>	<i>Estático</i>
Diagramas de proceso	<i>Herramienta</i>	<i>Cualitativa</i>	<i>BPR</i>	<i>Descripción y mejora de procesos</i>	<i>Sistema productivo. Empresa</i>	<i>Estático</i>
Sistemas estructurados	<i>Metodología</i>	<i>Cualitativa</i>	<i>Sistemas de Información-BPR</i>	<i>Estructura de negocio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Estático</i>
Sistemas de arquitectura	<i>Metodología</i>	<i>Cualitativa</i>	<i>Sistemas de Información-BPR</i>	<i>Arquitectura de negocio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Estático</i>
Software de modelado y simulación	<i>Herramienta</i>	<i>Cuantitativa</i>	<i>Investigación de operaciones</i>	<i>Desempeño y mejora del sistema productivo</i>	<i>Sistema productivo</i>	<i>Dinámico</i>

Como diferencias más reseñables a subrayar entre los diferentes modelos con respecto al VSM, se pueden citar las siguientes:

En primer lugar, las diferentes modalidades de diagramas de proceso se muestran demasiado genéricos y no demasiado adaptados al modelado de sistemas productivos en comparación con el VSM o con los software de modelado y simulación..

En cuanto a los sistemas estructurados y modelos de arquitectura, se puede afirmar que tales modelos, aparte de su carácter principalmente cualitativo, están principalmente dirigidos a crear y a implantar un Sistema de Información integrado a nivel de empresa, con una estructura o arquitectura definida y/o racionalizada en base a los criterios del BPR (Aguilar-Savén, 2004), (Stanescu et al., 2002). De hecho, el perfil de los más importantes autores y divulgadores de tales modelos responde a un currículo relacionado con la informática y los sistemas de información. El VSM, por su parte, es una técnica mucho más enfocada al análisis y desarrollo de un flujo ajustado a nivel de proceso productivo y no tan a nivel global de empresa. Aunque los sistemas de arquitectura pueden llegar a analizar dicho proceso a tal

nivel de detalle en base a un despliegue top-down, el enfoque de mejora no está tan relacionado con el campo de la ingeniería de producción.

En cuanto a los software de modelado y simulación, estas son las herramientas más cercanas al campo de aplicación del VSM. Además, para subrayar su grado de afinidad, durante los últimos años también se han desarrollado softwares de simulación dinámica basadas en el lenguaje del VSM (por ejemplo *e-VSM* y *Lean-modeler*) así como aplicaciones reales en las que se han complementado los mapas VSM con las simulaciones por ordenador (Yang Hua et al., 2005), (Gregory, 2003). No obstante, se puede afirmar que el campo de empleo del VSM se centra a un nivel de análisis y mejora más genérico que el nivel de precisión potencialmente alcanzable con los simuladores.

Por tanto, y para finalizar con el presente apartado, tras realizar una revisión de los diferentes modelos existentes en la literatura, tanto de carácter simbólico, gráfico, como sistémico, y orientadas al modelado y mejora de sistemas productivos, se ha podido constatar que cada uno de los modelos analizadas tiene sus características, campo de aplicación en cuanto a subsistemas y objetivos particulares. Ante esta situación, y como conclusión, el VSM se presenta como una técnica única y original de modelado gráfico de los flujos de material y de información del sistema productivo.

2.8. RESUMEN

Esta primera sección dedicada a la revisión de la literatura y exploración del marco teórico ha servido para dar a conocer el principal propósito de la presente disertación en base al desarrollo de los siguientes puntos de análisis:

- Estudio del sector manufacturero. Su importancia al nivel de la economía global y su necesidad cada vez mayor de adaptación a las crecientes exigencias por parte del mercado.
- Presentación de los sistemas productivos como las plataformas físicas y de información dedicadas a la manufactura de bienes.
- Evolución histórica de los diferentes modelos existentes de cara organizar los sistemas productivos.

- Presentación de la Producción Ajustada y su evolución como modelo base de cara a la mejora del desempeño productivo.
- Análisis de los resultados reales obtenidos por la Producción Ajustada con lo que se demuestra su validez sobre todo en entornos de manufactura seriada.
- Mostrar la carencia, necesidad y demanda por parte de las empresas manufactureras así como del sector académico, de herramientas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos.
- Exponer las condiciones que han de cumplir tales modelos para asegurar su practicidad.
- Presentación y análisis de la técnica VSM propuesta por la Producción Ajustada de cara al rediseño y mejora de los sistemas productivos.
- Revisión de otras técnicas, herramientas y metodologías existentes relacionadas con el rediseño de los sistemas productivos con las que subrayar la particularidad del VSM.

Así, si bien se conocen y se han divulgado experiencias particulares de aplicación del VSM, no se conoce ningún análisis cruzado que explore en profundidad la verdadera aplicabilidad y potencialidad del mismo en diferentes entornos fabriles de producción seriada. Es decir, el análisis de aspectos tales como, las verdaderas fortalezas y debilidades de la técnica, su contexto práctico de aplicación, el tiempo, esfuerzo y la formación requerida, los recursos necesarios y las posibilidades de combinación y adaptación con otras técnicas y conceptos productivos.

En definitiva, el principal propósito del presente estudio es **la exploración y determinación de la aplicabilidad de la técnica VSM para el rediseño y mejora de los sistemas productivos.**

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El VSM es una herramienta que se presenta como útil y aplicable para la mejora y rediseño de los sistemas productivos en base a un diagnóstico, planteamiento y lanzamiento e implantación de mejoras futuras, tal y como antes se ha visto en la sección 2 correspondiente a localizar el contexto de la investigación.

A pesar de su desarrollo relativamente reciente (Rother et al., 1998), existe divulgación sobre bastantes experiencias exitosas de aplicación (Huang et al., 2005), (Singh et al., 2006), (Seth et al., 2005), (Gregory, 2004), (Voelkel et al., 2003), (Jacobs, 2003), (Sullivan et al, 2002), (Arbulu et al., 2003), (Mackle, 2003), (James, 2006), (Drickhamer, 2006), (Tomlinson, 2003), (Renfroe, 2006); pero no hay constancia de que se haya realizado una evaluación y un estudio divulgado en el ámbito científico de su aplicabilidad real en el ámbito de las empresas manufactureras. En este sentido, Pavnashkar et al., (2003) realizan un llamamiento al desarrollo de experiencias prácticas del VSM para poder contribuir al encuadre adecuado de la técnica en el terreno científico.

Como estudio de **aplicabilidad** se entiende el validar las características propugnadas por la teoría por medio de la práctica (Schippers, 2000), es decir, el dar respuesta a la cuestión principal de investigación referente a determinar **cómo** funciona el VSM en el proceso de rediseño y mejora de los sistemas productivos de manufactura en serie. La solución a dicha cuestión provendrá de dar respuesta a cada una de las siguientes cuestiones derivadas de la principal.

1. ¿Qué amplitud de problemáticas logístico productivas puede abordar el VSM?
2. ¿Se adecua a todo tipo de sistemas de producción seriada de piezas discretas?
3. ¿Es necesario integrar en el VSM conceptos y técnicas orientadas a la mejora de sistemas productivos no necesariamente relacionadas con la Producción Ajustada?
4. ¿Requiere su aplicación de herramientas informáticas o Sistemas de Información de recogida y tratamiento de datos?
5. ¿Requiere el VSM de herramientas adicionales para la justificación de mejoras reflejadas en los mapas futuros?
6. ¿Qué tipo de formación es necesaria para obtener todas las potencialidades de los conceptos en él reflejados?
7. ¿Cuál es el tiempo y esfuerzo requerido para el diagnóstico y planteamiento de mejoras?
8. ¿Se muestra el VSM valido como referencia y punto de partida para el lanzamiento y ejecución de proyectos de mejora?

3.2. PROPOSITO E HIPÓTESIS DE PARTIDA

El problema antes mencionado lleva al planteamiento del siguiente propósito de la investigación:

Determinar la aplicabilidad del VSM para el diagnóstico y desarrollo de mejoras en el sistema productivo.

Para ello hay que fijar las hipótesis de partida a validar que servirán de base para evaluar de manera precisa los resultados de empleo de dicha técnica:

Hipótesis nº 1. El VSM soluciona todo problema de cariz logístico productivo en su ámbito de aplicación.

El fin principal de un proceso de rediseño del sistema productivo es la mejora del desempeño logístico productivo del mismo. Dicha mejora se traduce en la evolución de los siguientes posibles indicadores:

- Reducción de stocks (tanto de materia prima, como de producto terminado y/o inventario en curso).
- Reducción de Periodos de Maduración o tiempos de respuesta.
- Reducción de espacios ocupados y recorridos.
- Simplificación de la programación de la producción.
- Reducción de lotes de fabricación (aumento de flexibilidad).
- Reducción de lotes de transferencia.
- Aumento de rotaciones de inventario.
- Aumento de productividad.

El presente objetivo parte pues de la hipótesis inicial de que el VSM es capaz de apoyar en el proceso de rediseño del sistema productivo en pos de la mejora de cualquiera de los indicadores logísticos previos.

Hipótesis nº2. El VSM es una técnica valida para todo tipo sistema productivo enmarcado en la manufactura en serie de piezas discretas.

Como hipótesis de partida se plantea la adecuación del VSM a diversidad de entornos productivos siempre que estos respondan al marco general determinado por la dedicación de la empresa a la manufactura en serie de piezas discretas, que a su vez coincide con la configuración producto-proceso de líneas de flujo desconectadas (ver punto 2.3 referente a analizar la definición y tipología de los sistemas productivos). Este punto no pretende enmarcar el VSM unicamente en este ámbito, ya que se han contabilizado experiencias exitosas en diversidad de entornos (ver apartado 2.7.1.); sin embargo, la investigación ha pretendido mantener el empleo del VSM en el marco de la producción en serie por no existir discusión a nivel académico sobre el campo de aplicación fundamental de las practicas derivadas de la Lean Production.

Hipótesis nº3. El VSM es suficiente de cara a definir el enfoque productivo del rediseño.

El VSM tiene su origen en el modelo de la Producción Ajustada. Sin embargo las posibles soluciones que se apliquen en cada caso particular de rediseño del

sistema productivo no tienen porqué responder a tal paradigma; esto es, pueden ser más propios de modelos como la TOC, Agile Manufacturing, QRM, etc. (ver punto 2.4.4.). Por otro lado y del mismo modo, pueden existir conceptos o herramientas concretas de cálculo que se empleen en la aplicación práctica de cada caso y que la teoría del VSM no contemple. La hipótesis en este punto corresponde a afirmar la validez teórica del VSM de cara responder a todo problema técnico particular que salga a la luz en el proceso de rediseño del sistema productivo.

Hipótesis nº4. La eficiencia del proceso de aplicación del VSM es independiente de la disponibilidad de Sistemas de Información.

La teoría del VSM aboga por la recolección de datos e información *in situ* en la propia planta fabril. No obstante, los Sistemas de Información de la empresa pueden servir un apoyo importante y agilizar en gran medida dicha fase de recogida de datos. La hipótesis inicial corresponde pues a afirmar la independencia de la calidad y agilidad del proceso de aplicación del VSM, cuente o no la empresa con Sistemas de Información de donde se puedan extraer datos fiables.

En este punto no existen estudios relacionados con el VSM que aboguen por el apoyo de los Sistemas de Información. Aunque sí existe literatura referente a señalar la importancia de tener correctamente integradas las mejoras derivadas de las prácticas *lean* con dichos Sistemas de Información (De Toni et al., 1988), (Sohal et al., 1988), (Lee, 1993), (Sillince et al., 1993), (Ward et al., 2006).

Hipótesis nº5. Los resultados del VSM son suficientes para justificar el rediseño.

Los resultados provenientes del análisis VSM reflejados en el contraste entre el mapa inicial y el futuro se muestran suficientes de cara a la aprobación y lanzamiento de los planes de mejora por los responsables de la empresa. Es decir, no hay necesidad de emplear otras herramientas de justificación de las mejoras previstas en el nuevo diseño, el VSM se basta por sí sólo.

En este punto no hay estudios que marquen la necesidad de contar con otras herramientas adicionales al VSM, aunque sí hay alguna referencia (Abdulmayek et

al., 2007) que defiende la ayuda que puede aportar la simulación mediante software específico (ver apartado 2.7.2.4.). Dicho apoyo de la simulación también es referido por otros autores en lo relativo a demostrar las mejoras que pueden aportar otras prácticas *lean* específicas (Sohal et al., 1988), (Goyal et al. 1992), (Lee, 1993).

Hipótesis nº6. La aplicación del VSM explota toda la potencialidad de los conceptos lean.

La formación básica sobre el modelo de la Producción Ajustada es suficiente para que el equipo implantador obtenga toda la potencialidad en la aplicación de los conceptos *lean* divulgados por el VSM. En principio no hay necesidad de divulgación y convencimiento de las técnicas y conceptos *lean*.

Hipótesis nº7. La aplicación del VSM es rápida (inferior a 40 horas de carga por participante).

El VSM es una técnica de sencilla y rápida aplicación e independiente del sistema productivo a tratar. El tiempo y esfuerzo requerido desde la elección del flujo de valor hasta la definición del plan de trabajo tras haber sido analizado el mapa futuro es menor a una semana de carga del equipo, tal y como defienden sus autores, y a su vez similar para todo entorno de aplicación (ver punto 2.7.1).

Hipótesis nº8. El VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo.

El plan de trabajo derivado del proceso de aplicación del VSM es perfectamente válido como punto de partida y referencia de cara a la gestión e implantación posterior de las actividades de mejora reflejados en el mismo plan. El estudio derivado del VSM es la base para el posterior rediseño.

3.3. MARCO DE INVESTIGACIÓN

Basado en la revisión de la literatura y en el propósito e hipótesis antes mencionadas, el marco de desarrollo de la investigación se focaliza exclusivamente en “la mejora de los sistemas productivos en empresas manufactureras con

producción seriada de piezas discretas”, entorno donde al VSM se le reconoce mayor aplicación (Rother et al., 1998).

Concretamente, se aplicará en varias empresas manufactureras de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), entorno geográfico en el que el sector tiene una gran importancia en su economía (Lehendakaritza, 1998).

Dichas empresas deben resolver una problemática logística concreta a nivel de planta de producción y se plantea la aplicación del VSM. Dicha problemática ha de responder a alguna de las necesidades planteadas en la hipótesis nº 1 (ver punto 3.2.). Así cada empresa aplicará el VSM para el diagnóstico y mejora del sistema productivo en el ámbito del problema planteado, buscando sobre todo la resolución del mismo.

3.4. PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LA INVESTIGACIÓN

Para poder alcanzar el propósito y objetivos marcados, se ha desarrollado una estrategia o **metodología de investigación**. La presente sección expone las diferentes metodologías y conceptos disponibles. A medida que estos son examinados, se determinan las decisiones adoptadas para la presente tesis.

La metodología de investigación se refiere al análisis teórico de los métodos apropiados para un campo de estudio, o al estudio del cuerpo de métodos y principios particulares a una rama de conocimiento (Checkland, 1981), (Pandya, 1995). De todas formas, durante los últimos años, el término “metodología” ha sido empleado como un sustituto inadecuado de “método” en contextos científicos y técnicos (Bready, 2000).

“Método” se puede definir como (Merriam-Webster's unabridged dictionary, 2000): “un medio o manera de proceder, una vía especialmente regulada y sistemática de conseguir algo” u “ordenamiento secuenciado de partes o etapas para conseguir un fin”. Mientras que la palabra “metodología” es definida como: “un cuerpo de prácticas, procedimientos y reglas empleados por aquellos que trabajan en una disciplina o desarrollan una investigación; una serie de métodos de trabajo”.

Por lo tanto, la metodología se puede percibir como un marco lógico que es diseñado para permitir el logro del propósito de la investigación teniendo en cuenta las restricciones del sistema, como pueden ser el tiempo disponible o los recursos. Este argumento es reforzado por Phillips y Pugh (2000), que señalan: “La metodología ayuda a asegurar el alcance de los propósitos del proyecto y facilita el proceso de respuesta de las cuestiones de investigación y de sus hitos”.

Por las razones anteriormente descritas, para un propósito de investigación dado, no hay una única metodología a seguir, ya que ésta dependerá de las limitaciones de la investigación. Más aún, es razonable señalar que no existe una única metodología perfecta (Garson, 2002), aunque la estrategia y tácticas seleccionadas para llevar a cabo la investigación sean guiadas por el tipo de cuestión que necesite ser respondida (Robson, 2002).

Existe literatura de apoyo para que los investigadores seleccionen la apropiada metodología con la que guiar la investigación, ejemplos como Alreck y Settle (1985), Burns (2000), Gill y Jonson (1991), Greenfield (1996), Robson (2002) e Yin (1993,1994). Estos libros tienden a enfocarse en ciertas áreas de metodología investigadora (cuantitativa, cualitativa, etc.) o en varias áreas de aplicación (académica, ciencias sociales, etc.). Robson, (2002), es una excepción al ser el más genérico de todos los autores; el proceso investigador es presentado como un proceso claro y lógico, con consideración hacia casi todos los métodos de investigación apropiados.

De acuerdo con el mismo autor, un diseño de metodología correcto tiene que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Identificación del motivo de la investigación.
2. Selección de la estrategia de investigación.
3. Selección del tipo de investigación.
4. Métodos de recolección de datos.
5. Análisis de datos y evaluación.

3.4.1. Motivo de la investigación

La primera etapa para llevar a cabo un proyecto de investigación es definir el motivo de la investigación. Robson (2002) clasifica el propósito del examen en tres grupos denominados:

- Exploratorio.
- Descriptivo.
- Explanatorio.

La investigación **exploratoria** se refiere a encontrar qué es lo que está ocurriendo y frecuentemente incluye el empleo de **estudio de casos y/o encuestas**. La investigación **descriptiva**, como su propio nombre sugiere, busca hallar la representación detallada de una situación determinada, en estos casos la **encuesta** se muestra como una técnica apropiada para la recogida de datos. Por último, la investigación **explanatoria** busca una explicación o aclaración de una situación o problema; la **experimentación** puede ser un método aceptado para la recogida y el tratamiento de datos para estos casos (ver tabla 12).

Tabla 12. Clasificación de motivos de la investigación (Robson, 2002).

Tipo	Características
Exploratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar qué es lo que está sucediendo. • Buscar nuevas percepciones. • Preguntar cuestiones. • Valorar fenómenos desde nuevas perspectivas. • Habitualmente, pero no necesariamente, son estudios de tipo cualitativo.
Descriptivo	<ul style="list-style-type: none"> • Retratar un perfil detallado de personas, sucesos o situaciones. • Requiere de un gran conocimiento previo de la situación a ser investigada y descrita para poder recoger la información referida a los factores apropiados. • Puede ser tanto cualitativa como cuantitativa.
Explanatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Busca una explicación o aclaración de una situación o problema, frecuentemente en forma de relaciones causales. • Puede ser tanto cualitativa como cuantitativa.

El motivo de la investigación depende esencialmente del propósito de la misma. En este caso, y como previamente ha sido reseñado, el propósito se refiere a **determinar la aplicabilidad real del VSM para el diagnóstico y desarrollo de mejoras en el sistema productivo**. En otras palabras, explorar si el VSM es, y hasta que punto, adecuado para el rediseño del sistema productivo. Por tanto, el

motivo de la presente investigación puede ser considerada de naturaleza **exploratoria**.

3.4.2. Estrategia de investigación

La **estrategia de investigación** está condicionada por el motivo de la investigación. Robson (2002) categoriza las estrategias en tres grupos principales:

- **Experimentación.** Se trata de medir los efectos de manipular una variable en otra variable.
- **Encuesta.** Colecta de información en un formato estandarizado desde diferentes fuentes personales.
- **Estudio de casos.** Desarrollo de conocimiento detallado y en profundidad sobre un solo caso, o de un pequeño número de casos relacionados.

Para aquellos propósitos de investigación que no pueden ser alcanzados mediante el empleo de una de las estrategias definidas en este apartado, Robson (2002) añade que puede haber otro tipo de estrategias que pueden ser empleadas, llamadas **estrategias híbridas** por estar entre las tres citadas, siendo en algunos casos la única estrategia conveniente para llegar a cumplir con los requerimientos de la investigación.

La aplicación de dichas estrategias depende de tres factores principales (Robson, 2002), (Yin, 1994):

- Las cuestiones de la investigación.
- El grado de control sobre los sucesos.
- El enfoque en sucesos presentes o pasados.

La tabla 13 muestra una síntesis de los tres tipos de estrategias de investigación sus características y sus diferencias en cuanto a los tres factores de aplicación.

Tabla 13. Sumario de las tres estrategias básicas (Oyarbide, 2003).

Estrategia	Características		Aplicación		
	Descripción	Rasgos típicos	Tipo de cuestión de investigación	¿Requiere control sobre los eventos?	¿Se enfoca sobre eventos actuales?
Experimentación	Medir los efectos de manipular una variable sobre otra variable.	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de muestras individuales de poblaciones conocidas. • Asignación de muestras a diferentes condiciones experimentales. • Introducción de un cambio planificado a una o más variables. • Medición de un número pequeño de variables. • Control de otras variables. • Habitualmente incluye un test de hipótesis. 	Cómo. Por qué.	Sí	Sí
Encuesta	Colecta de información en un formato estandarizado sobre grupos de personas.	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de muestras de personal de poblaciones conocidas. • Colecta de relativamente pequeñas cantidades de datos de una forma estandarizada de cada individuo. • Habitualmente se emplean cuestionarios o entrevistas estructuradas. 	Quién. Qué. Dónde. Cuántos. Cuánto.	No	Sí
Estudio de casos	Desarrollo de conocimiento detallado y profundo sobre un caso particular o sobre un número pequeño de casos relacionados.	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de un caso particular (o un número pequeño de casos relacionados) de una situación, asunto, individuo, o grupo de interés. • Estudio del caso en su contexto. • Colecta de información mediante un rango de técnicas de recogida de datos que incluyen la observación, entrevistas y análisis documental. 	Cómo Por qué	No, o a muy bajo nivel	Habitualmente, pero no necesariamente

El motivo exploratorio de la presente tesis, requiere del desarrollo de un análisis detallado y profundo de la aplicación de dicha técnica sobre un grupo de casos o empresas relacionadas.

Por otro lado, la cuestión principal a las que se pretende dar respuesta con la investigación se puede resumir en: **cómo** responde realmente el VSM como técnica o herramienta para el rediseño de los sistemas productivos. Siendo el **cómo** y el **por qué** las preguntas principales a las que se pretende dar respuesta mediante el estudio de casos (Yin, 1994).

Los métodos a emplear en la toma de datos corresponden también con la estrategia del **estudio de casos**, ya que la **observación** y las **entrevistas** han sido consideradas como vías y fuentes más apropiadas para la recogida de información.

La estrategia adoptada en esta tesis, por tanto, responde al estudio de casos, más en concreto al estudio **múltiple**, ya que el determinar la aplicabilidad real del VSM en el sector de la manufactura seriada, presupone que el estudio haya de llevarse a cabo en diferentes empresas y/o entornos productivos, con el fin de evitar sobre todo la generalización de conclusiones en tanto en cuanto se eligiese un caso único, ya que cada empresa responde a una problemática concreta y particularizada: sea por razones de producto, sistema productivo, estructura organizativa, mercado, etc. Por lo que a modo de conclusión, el **estudio múltiple de casos** es el método que se antoja idóneo para alcanzar los objetivos del análisis.

Cabe decir, que otra estrategia a adoptar para la presente tesis hubiera podido ser también la denominada **investigación activa** (*action research*). No obstante, se ha decidido descartarla del marco por la necesaria involucración e implicación del equipo investigador en la toma de decisiones a lo largo del desarrollo del caso (Coughlan et al. 2002), (Eden et al., 1997), aspecto que distorsionaría los resultados que se quieren analizar.

3.4.3. Tipo de investigación

De una forma similar, el motivo de la investigación indica el tipo de investigación a llevar a cabo, en forma de investigación cualitativa y/o cuantitativa. Saunders et al. (1997), exponen algunos rasgos típicos de estos dos tipos de investigación resumidos a continuación:

Investigación cualitativa.

- Basado en la comprensión expresada en palabras.
- Resultados en datos no estandarizados que requieren una categorización.
- Análisis guiado a través del empleo de la conceptualización.

Cabe decir que este tipo de investigación ha sido en numerosas ocasiones relacionada con el estudio de casos (Eisenhardt, 1989).

Investigación cuantitativa.

- Basado en la comprensión derivada de números.
- Colecta de resultados en datos numéricos y estandarizados.
- Análisis guiado a través del empleo de diagramas y estadísticos.

Asimismo, este tipo de investigación se relaciona en numerosas ocasiones con las encuestas y la experimentación (Eisenhardt, 1989).

Por lo que al tipo de investigación que se ha llevado a cabo en la presente disertación, se puede afirmar que responde genericamente a una investigación cualitativa, aunque el diseño de la investigación se base principalmente en la recogida y análisis por medio de diferentes métodos de indicadores puramente cuantitativos. Así, la razón por la que se cita el carácter cualitativo a nivel general de la presente tesis se fundamenta en las siguientes razones:

- La identificación del estudio de casos por parte de importantes autores en el campo (Yin, 1994), (Eisenhardt, 1989) con un tipo de investigación cualitativa, a pesar de que dicho análisis puede incluir tanto información cuantitativa

como cualitativa; siendo según los mismos autores la combinación de ambas fuentes altamente sinérgica y complementaria. Por tanto, la presente investigación busca la consistencia de los resultados en base a la triangulación de ambas fuentes de información, siempre teniendo en cuenta que la información de tipo cualitativa apoya a la superior proporción de información cuantitativa, y no al contrario. Este aspecto será ampliado en el apartado 3.5 dedicado a analizar el estudio de casos.

- Por otro lado, Voss et al. (2002) y Meredith (1998) citan que la explicación de los resultados cuantitativos y la obtención de las conclusiones a partir de estos deberán tener su sustento en una comprensión cualitativa del caso analizado. La base del carácter cualitativo general de la investigación reside asimismo en esta afirmación, aunque es importante recalcar de nuevo la estructura cuantitativa de la recogida y análisis de la mayoría de los datos.

3.4.4. Métodos para la recogida de datos

Gill y Johnson (1991), sugieren que la principal preocupación de cualquier método de investigación es el cómo abordar las tareas. Robson (2002) añade que una investigación no tiene porque ser necesariamente buena por ser guiada por un solo método. De forma similar, Denzin (1988) y Voss et al. (2002), argumentan que el empleo de diferentes métodos, fuentes e investigadores ayuda a conseguir la previamente mencionada triangulación, factor importante para incrementar la credibilidad del estudio. Esto es conocido como una aproximación multi-método. La tabla 14 muestra los métodos de recolección de datos más usuales.

Tabla 14. Selección de métodos de recolección de datos (Oyarbide, 2003).

Cuestionario	<i>Empleo de respuestas tipo sí/no. Datos apropiados para investigación de tipo cuantitativa. Normalmente forma parte de una encuesta.</i>
Cuestionario descriptivo	<i>Respuestas descriptivas adaptadas a tipo de investigación cualitativa. Normalmente forma parte de una encuesta.</i>
Entrevista	<i>Puede ser de formato estructurado o semi-estructurado.</i>
Observación	<i>Se emplea para informar de lo que la gente hace y no de lo que dice que hace.</i>
Etnografía	<i>El investigador se integra en el medio.</i>
Documentos	<i>Una buena fuente de información histórica.</i>
Grupos de trabajo (workshops)	<i>Se emplea para discutir asuntos específicos con un número de gente simultáneamente.</i>

Aunque en el apartado 3.6. se describan a fondo los métodos de recolección de datos seleccionados para el desarrollo de la presente investigación, y a pesar de que en el punto 3.4.2. ya se halla adelantado que métodos son los adecuados para los estudios de casos, merece la pena recalcar que la **observación** y la **entrevista** han sido los dos métodos escogidos, cada uno en su etapa correspondiente al programa de investigación.

Como **observación** se entiende el registro del objeto, evento o comportamiento tal y como está sucediendo; es un método directo de recogida de datos. Este procedimiento permite obtener una relación muy próxima con el fenómeno a estudiar por parte del investigador, este hecho hace que se puedan generar comprensiones y perspectivas no alcanzables con otros métodos (Snow et al., 1994).

Es el propio propósito de la investigación el que exige el empleo de la observación como método de recogida de datos cuantitativos más válido en esta etapa. No obstante, la información generada a partir de ella, será posteriormente contrastada y validada por las entrevistas directas que se llevarán a cabo en la tercera y última etapa correspondiente a la evaluación.

Mientras que la observación corresponde al registro del objeto, suceso o comportamiento tal y como está ocurriendo, la **entrevista** permite a los respondientes participar en la generación de información. Por otro lado, cuando las necesidades de información de un estudio requieren de datos sobre las actitudes, percepciones, motivaciones, conocimientos y comportamientos, preguntar cuestiones al personal resulta esencial (Snow et al. 1994).

Esta decisión también es apoyada por Voss et al. (2002) quienes argumentan que “cuando hay cuestiones para las que una persona única no posee todo el conocimiento requerido, o los sucesos que están siendo estudiados tienen diferentes interpretaciones o puntos de vista, las cuestiones del ‘como’ y ‘por que’ pueden estar sujetas a diferentes interpretaciones. En tales casos el investigador puede considerar entrevistar a respondientes múltiples”.

Las entrevistas a su vez pueden ser realizadas por tres métodos, personales a fondo, telefónicas y cuestionarios postales, cada uno con sus ventajas y desventajas que se resumen en la tabla 15 siguiente.

Tabla 15. Fortalezas y debilidades de técnicas de entrevistas (Oyarbide, 2003).

	Fortalezas	Debilidades
Entrevista personal a fondo	<p>Altos niveles de flexibilidad y control.</p> <p>Gran complejidad y rango de cuestiones posibles.</p> <p>Información espontánea muy válida.</p> <p>Explicar el propósito de la entrevista permite a los entrevistados tener un similar concepto del tema a tratar.</p>	<p>Coste de las entrevistas.</p> <p>Gran cantidad de trabajo organizativo.</p> <p>Problemas de anonimato con respondientes.</p> <p>Efectos de parcialidad del entrevistador sobre las respuestas.</p>
Entrevista telefónica	<p>Moderadamente barato.</p> <p>Razonablemente fiable en mantener el anonimato del respondiente.</p> <p>Recolección rápida de datos.</p> <p>No necesita demasiado trabajo organizativo.</p> <p>Poco afectada por la lejanía geográfica.</p>	<p>Comunicar información compleja y detallada.</p> <p>Interpretar respuestas.</p> <p>Deben ser de corta duración.</p> <p>Cierta falta de control por parte del entrevistador.</p> <p>Falta recomunicación.</p>
Cuestionario postal	<p>Fiabilidad de anonimato.</p> <p>Poco trabajo organizativo.</p> <p>Alto grado de estandarización.</p> <p>Efecto de parcialidad del entrevistador reducido.</p> <p>Permite ser completada cuando el entrevistado pueda.</p> <p>Requiere de pocos recursos.</p>	<p>Falta de control sobre la cumplimentación del cuestionario.</p> <p>Problemas con entrevistados que no responden.</p> <p>Número limitado de datos posibles de ser recolectados.</p> <p>Posibilidades de que ciertas predisposiciones aparezcan en la encuesta.</p> <p>Dificultad de conocer la relevancia del respondiente.</p> <p>Interpretaciones diferentes por parte de los entrevistados que lleva a falsas conclusiones.</p>

Collins y Cordon (1997) dividen las entrevistas en tres categorías:

- **Estructuradas:** Aunque tenga la ventaja de la repetitividad, la rigidez y falta de flexibilidad suponen limitaciones.
- **Semiestructuradas:** Permite una discusión sobre las cuestiones preestablecidas, una alteración del orden de las cuestiones o incluso la inclusión de nuevas preguntas o la eliminación de algunas.
- **No estructuradas:** Esta categoría permite una discusión libre sobre hechos y opiniones.

La presente investigación optará por las entrevistas **semiestructuradas**; por tanto, el cuestionario se mostrará de alguna manera flexible y abierto para captar mejor los diferentes puntos de vista de los entrevistados y abrir el campo de estudio a nuevas perspectivas. Sin embargo, esto no es óbice para que dicho cuestionario no tenga el formato estructurado y organizado adecuadamente para asegurar la consistencia y evitar desviaciones (Yin, 1994), (Collins et al., 1997), (Bourne et al., 2002).

Dichos cuestionarios estarán formados por preguntas cerradas o de alguna manera cuantitativas y preguntas abiertas o de un carácter más cualitativo o de debate, para conseguir un efecto sinérgico a la hora de extraer conclusiones (Eisenhardt, 1989).

Estará diseñada para un entorno controlado en el que el investigador principal siempre esté presente y en el que los entrevistados tienen suficiente conocimiento del área objeto de estudio. En cada empresa las entrevistas se realizarán a todo el equipo reunido para la ocasión.

Las respuestas tratarán de ser consensuadas por todo el equipo, pero en el caso de que pueda haber alguna discrepancia, será la voz del responsable del equipo la que impere sobre la del resto. Por otro lado, el cuestionario también podrá ser enviado a la empresa por correo con antelación en los casos en los que el equipo lo solicite. Por último, la confidencialidad también estará asegurada:

El entrevistador recogerá la información por escrito y tratará de aplicar las competencias necesarias para llevar adelante la entrevista de forma correcta (Yin, 1994):

- Ser capaz de preguntar buenas preguntas e interpretar las respuestas.
- Saber escuchar y no estar atrapado por prejuicios.
- Ser adaptable y flexible, ver nuevas situaciones como oportunidades, no problemas.
- Comprender los temas que deben ser estudiados.
- No estar condicionado por prejuicios y ser receptivo y sensible a las evidencias contrarias.

El desarrollo del cuestionario se ha seguido mediante la aplicación de las recomendaciones expresadas en la tabla 16.

Tabla 16. Proceso de desarrollo del cuestionario (Oyarbide, 2003).

<i>Etapa nº 1: Especificar la información que ha de ser hallada.</i>
<i>Etapa nº 2: Determinar el tipo de cuestionario y el método de aproximación.</i>
<i>Etapa nº 3: Determinar el contenido de las cuestiones individuales.</i>
<i>Etapa nº 4: Determinar la forma de responder a cada cuestión.</i>
<i>Etapa nº 5: Determinar la sintaxis de cada cuestión.</i>
<i>Etapa nº 6: Determinar la secuencia de las cuestiones.</i>
<i>Etapa nº 7: Determinar las características físicas del cuestionario.</i>
<i>Etapa nº 8: Reexaminar todas las etapas previas y revisarlas si es necesario.</i>
<i>Etapa nº 9: Testear las cuestiones y revisarlas si es necesario.</i>

3.4.5. Análisis de datos

Robson (2002), construye una tabla de reglas para el análisis de datos basado en autores anteriores que incluyen a Miles y Huberman (1984) y Delamont (1992). Robson (1993) y Voss et al. (2002), avanzan la noción de que a menos que el investigador sea sistemático y organizado, no hay una vía correcta de analizar los datos recogidos. Otra de las reglas importantes es que los diferentes temas, categorías y códigos han de ser generados a medida que la investigación avanza. La principal herramienta del análisis es la comparación. Por otro lado, y tal y como ha sido citado anteriormente, la fiabilidad de la información generada se puede incrementar con el uso de múltiples fuentes de datos o la varias veces citada triangulación, que es un importante factor a tener en cuenta en los **estudios de casos** (Voss et al. 2002).

Al adoptar la estrategia de estudio **múltiple**, Eisenhardt (1989) y Voss et al. (2002), aconsejan que el análisis de los datos deba llevarse a cabo en dos etapas, primeramente al **análisis interno** del propio caso, y por último el **análisis cruzado** entre todos los casos. Las razones argumentadas responden a que en un principio es necesario hacerse familiar con cada caso particular antes de volcarse en la generalización mediante la comparación entre casos.

Por último, para analizar la validez de la metodología elegida, las conclusiones derivadas del análisis de datos habrán de contemplar los siguientes aspectos (Yin, 1994):

- Posibilidades de generalización de la investigación.
- Contribución al conocimiento.
- Fiabilidad del estudio.

3.5. EL ESTUDIO DE CASOS

Antes de comenzar con el análisis de cada etapa en detalle, merece la pena profundizar en la estrategia principal adoptada para la investigación: el **estudio de casos**.

El **caso** es definido por Gillham (2002) como: “una unidad de actividad humana inmersa en el mundo real; que puede ser sólo estudiada o comprendida en contexto; que existe en ese preciso momento y lugar; y que se fusiona tanto en su contexto que sus fronteras son difíciles de definir”. Por lo tanto, un estudio de casos es el análisis de lo arriba expuesto con el fin de responder a cuestiones de investigación específicas y buscar diferentes tipos de evidencia.

El estudio de casos es un historial de fenómenos pasados o presentes trazado a partir de diferentes fuentes de evidencia. Puede incluir información proveniente de la observación directa y de entrevistas sistemáticas así como de archivos públicos o privados (Leonard-Barton, 1990).

Por otro lado, el estudio de casos es la unidad de análisis de la investigación basada en casos. Es posible emplear diferentes casos de la misma empresa para estudiar diferentes cuestiones, o investigar la misma cuestión en una variedad de contextos en la misma firma. La investigación basada en casos es la metodología que emplea estudios de casos como su base (Voss et al. 2002).

La investigación basada en casos tiene su raíz en las ciencias sociales, pero cada vez se aplica más en el campo de la **gestión de operaciones**. Muchas de las investigaciones llevadas a cabo en dicha área están basadas en métodos de

investigación racionalistas, sobre todo en encuestas estadísticas y en la construcción y simulación de modelos matemáticos. Pero tal como se ha argumentado en el punto 3.4.3, para que esos resultados cuantitativos tengan su aplicación es necesario un entendimiento cualitativo (Meredith, 1998), por lo que el estudio de casos se antoja como una estrategia útil y aconsejable en el campo de la gestión de operaciones (Voss et al. 2002); área la que se integra la presente disertación.

Como ventajas de la metodología basada en estudio de casos se pueden citar (Meredith, 1998):

1. El fenómeno puede ser estudiado en su entorno natural, y desde la comprensión atesorada mediante la observación de la práctica pueden ser generadas teorías innovadoras y relevantes.
2. El método basado en casos permite que las cuestiones de **por qué**, **qué**, y **cómo** sean respondidas con una comprensión relativamente completa de la naturaleza y complejidad del fenómeno completo. Según Yin el estudio de casos responde especialmente bien a las cuestiones de **por qué** y **como** (Yin, 1994).
3. El método basado en casos se puede aplicar a investigaciones exploratorias donde las variables son todavía desconocidas y el fenómeno todavía no comprendido del todo. Aspecto éste que no se cumple en la presente disertación aunque la investigación sea claramente exploratoria.
4. Los estudios de casos pueden ser empleados para diferentes motivos investigadores como la exploración, construcción de teorías, evaluación de teorías, y extensión o modificación de teorías (Mc Cutcheon et al., 1993), (Meredith, 1998), (Snow et al., 1994). Fuera de las rígidas limitaciones de los cuestionarios y modelos, puede conducir a nuevos y creativos puntos de vista, desarrollo de nuevas teorías y tener una gran validez para los futuros practicantes, los cuales van a ser los que van a emplear los resultados de la investigación.

Como desventajas de la presente estrategia, se pueden enumerar que los retos son importantes, consume tiempo, necesita de entrevistadores calificados y se necesita cuidado a la hora de generalizar resultados a partir de un número limitado de casos y en asegurar una investigación rigurosa.

Por otro lado, la investigación basada en casos, enriquece no sólo la teoría, sino que a los mismos investigadores. A través de conducir investigaciones en el campo y siendo expuestos a los problemas reales, a los puntos de vista creativos del personal a todos los niveles de las organizaciones, y en el variado contexto de casos, el investigador individual se beneficiará personalmente del proceso de guiar la investigación (Voss et al., 2002).

Otro argumento que apoya la adopción de la estrategia basada en casos es expuesta por autores como Kitchenham et al. (1995) y Schippers (2000), quienes definen dicho modelo de investigación como ideal para investigaciones como la presente en las que se trata de evaluar la aplicabilidad de ciertos métodos o herramientas para la mejora del desempeño empresarial.

Finalmente, es necesario reseñar que numerosos estudios de aplicaciones concretas del VSM se han realizado mediante la vía del estudio de casos (Sullivan et al., 2002), (Seth et al., 2005), (Singh et al., 2006).

3.6. DISEÑO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Resulta necesario diseñar un programa estratégico para dirigir las actividades de investigación en una serie de etapas con el fin de alcanzar el objetivo propuesto y validar las hipótesis planteadas. Para ello, se han empleado los principios de diseño expuestos en el apartado 3.4.

El resultado es el diseño del programa de investigación presentado aquí. El objetivo del presente apartado es pues, exponer a nivel macro las etapas de investigación a llevar a cabo en base a la metodología de investigación adoptada finalmente, así como mostrar la planificación de dichas etapas a lo largo de toda la duración del proyecto.

La sección 4, destinada a mostrar el desarrollo y la ejecución de la investigación, detalla con mayor detenimiento a medida que se avanza en el proceso cada una de las etapas aquí expuestas, razonando y justificando también su elección en base a criterios de investigación basados en la literatura relevante.

3.6.1. Enmarque general del programa de investigación.

El programa diseñado para esta investigación puede ser considerado como secuencial, siendo necesario el cumplimentar cada etapa antes de acometer la siguiente (ver tabla 16). Dicho programa parte del propósito y de las hipótesis planteadas para la investigación expuestos en el apartado 3.2.

La **etapa número 1** del programa diseñado corresponde a la búsqueda y selección de empresas manufactureras comprometidas a resolver problemáticas particulares concernientes a sus sistemas productivos y dispuestas a emplear el VSM como herramienta para el diagnóstico y el planteamiento de mejoras en el mismo.

Dichos casos habrán de cumplir con los condicionantes fijados en el marco de la investigación (ver punto 3.3.), es decir, por un lado, deberán dedicarse a la manufactura en serie de piezas discretas o estar sus sistemas productivos configurados sobre la base de líneas de flujo desconectadas, y por otro lado deberán de abarcar diversidad de tipologías productivas y problemáticas logísticas dentro de dicho marco. El proceso seguido para la validación de tales condicionantes es expuesto en la sección número 4.

Una vez seleccionados, validados y aprobados los casos, se creará un equipo por cada empresa y se le impartirá la formación necesaria para la correcta aplicación del VSM.

La **etapa número 2** se refiere a la aplicación de las cinco etapas del VSM por parte del equipo formado en cada uno de los casos seleccionados.

1. Elección de una familia de producto.
2. Mapeado de la situación inicial.
3. Mapeado de la situación futura.
4. Definición de un plan de trabajo.
5. Implantación del plan de trabajo.

El método seguido para la recogida de datos durante todo el proceso se basará principalmente en la obtención de datos cuantitativos mediante observación.

Por último, la **etapa número 3** se refiere al proceso de evaluación de la aplicación del VSM, para ello se emplearán dos fuentes de datos principales, por un lado, la información cuantitativa proveniente de la observación del proceso de aplicación, y por otro lado, la originada en base a una entrevista realizada en cada empresa con el equipo formado. El resultado de estas evaluaciones dará pie a especificar las verdaderas capacidades del VSM.

El seguimiento correcto del programa diseñado y los resultados obtenidos deberán ultimarse en las conclusiones del estudio con las que se logrará definir el propósito perseguido y validar o refutar las hipótesis inicialmente planteadas.

La tabla 17 detalla las etapas del desarrollo de la tesis desde el planteamiento del propósito hasta el despliegue de las conclusiones. De todas formas, en la sección 4 se ilustrará de manera más pormenorizada cada una de las etapas y el método seguido.

Tabla 17. Enmarque de la investigación.

Problemática a investigar	<p>Propósito de la investigación.</p> <p>Determinar la aplicabilidad real del VSM para el diagnóstico y desarrollo de mejoras en el sistema productivo de empresas manufactureras de producción seriada.</p> <p>Hipótesis de partida.</p> <p>Hipótesis nº 1. El VSM soluciona todo problema de cariz logístico productivo en su ámbito de aplicación.</p> <p>Hipótesis nº2. El VSM es una técnica válida para todo tipo sistema productivo enmarcado en la manufactura en serie de piezas discretas.</p> <p>Hipótesis nº3. El VSM es suficiente de cara a definir el enfoque productivo del rediseño.</p> <p>Hipótesis nº4. La eficiencia del proceso de aplicación del VSM es independiente de la disponibilidad de Sistemas de Información.</p> <p>Hipótesis nº5. Los resultados del VSM son suficientes para justificar el rediseño.</p> <p>Hipótesis nº6. La aplicación del VSM explota toda la potencialidad de los conceptos lean.</p> <p>Hipótesis nº7. La aplicación del VSM es rápida (inferior a 40 horas de trabajo por participante).</p> <p>Hipótesis nº8. El VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo.</p>
↓	
Programa de investigación	<p>Etapas n°1. Selección de casos.</p> <p>Búsqueda de empresas manufactureras de producción seriada con problemáticas logísticas productivas internas (en planta) concretas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recogida de expresiones de interés por parte de empresas en resolver problemas organizacionales. 2. Selección de empresas clave: <ol style="list-style-type: none"> a. En función del sector: manufactura seriada de piezas discretas. b. En función del tipo de problema: Problemática logística en el sistema productivo interno. <p>*Entrevista telefónica para validación de casos</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Planteamiento de aplicación VSM a cada empresa. 4. Creación de equipos de aplicación. 5. Formación al equipo en VSM. <p>*Entrevista de definición de equipo.</p> <p>Etapas n°2. Aplicación de la técnica VSM.</p> <p>Aplicación del VSM en casos reales basado en el desarrollo de las etapas del mismo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elección de una familia de producto. 2. Mapeado de la situación inicial. 3. Mapeado de la situación futura. 4. Definición de un plan de trabajo. 5. Implantación del plan de trabajo. <p>El método de recogida de datos consistirá en la observación del proceso.</p> <p>*Observación del proceso VSM.</p> <p>Etapas n°3. Evaluación del VSM.</p> <p>La evaluación de las aplicaciones se realizará en base a los datos recogidos en la observación del proceso, así como en una entrevista final realizada al equipo de cada empresa.</p> <p>*Entrevista final de evaluación.</p>
↓	
Output	<p>Conclusiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resumen de logros alcanzados mediante la aplicación del VSM. • Evaluación de limitaciones del VSM. • Investigación futura.

3.6.2. Planificación del programa de investigación.

En cuanto a la temporización de la investigación se refiere, se adjunta un cronograma general del proyecto (ver figura 28), en el que se marcan plazos lo suficientemente holgados como para la realización de cada una de las actividades fijadas.

Es necesario considerar que la segunda etapa correspondiente a la aplicación del VSM, se ha planificado de forma paralela para cada uno de los casos seleccionados. Aunque en las aplicaciones reales cada empresa ha llevado a cabo las diferentes tareas de la manera secuencial definida, cada equipo las ha programado y ejecutado en el tiempo según la disponibilidad del momento. De todas formas, y al haber sido aprobado un plan genérico con plazos suficientemente holgados (Rother et al., 1998), todas las empresas han logrado el objetivo de llegar a los hitos marcados sin problemas, tal y como se aprecia en los resultados (ver sección 5).

Por otro lado, cabe señalar que el desfase existente entre la actividad correspondiente al planteamiento de proyectos de mejora y a la evaluación del VSM, responde exclusivamente a que ese tiempo se considera necesario para el desarrollo e implantación de los *loops* o proyectos de mejora propuestos en el mapa futuro (Rother et al., 1998).

FASES	2004												2005	
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	
Selección de empresas clave														
Recogida de expresiones de interés														
Selección de empresas clave														
Planteamiento de aplicación VSM en cada empresa														
Creación de equipo en cada empresa														
Formación de los equipos														
Aplicación VSM														
Elección de la familia de producto														
Mapeado de la situación inicial														
Mapeado de la situación futura														
Definición del plan de trabajo														
Implantación del plan de trabajo														
Evaluación final														
Entrevista														

Fig. 28. Planificación del programa de investigación.

3.7. RESUMEN

El desarrollo de la presente sección 3 se ha originado a partir de la definición de las cuestiones a las que pretende dar respuesta la disertación. Dichas cuestiones han derivado a su vez en la determinación del propósito principal y en el planteamiento de las hipótesis de partida.

La búsqueda de las respuestas exige la determinación de un marco y de un diseño de investigación que garantice la fiabilidad, la generalización y la contribución al conocimiento (Yin, 1994). Por tanto, tras realizar un compendio a partir de una revisión bibliográfica de los métodos disponibles, se han ido tomando unas decisiones, todas ellas justificadas; las más importantes de las cuales, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El motivo principal del análisis será **exploratorio**, es decir, tratará de dar respuesta al **cómo** responde realmente el VSM en su ámbito de aplicación.
- La estrategia de investigación estará basada el **estudio múltiple de casos**.
- El tipo de análisis se basará fundamentalmente en la recogida y tratamiento de información **cuantitativa**, si bien el carácter general de la investigación será **cualitativo**.
- La **observación** y las **entrevistas** serán las fuentes principales de información.
- El análisis de los datos se llevará cabo primeramente a nivel **interno** de cada caso, para después proceder a un análisis **cruzado**.

La adopción de tales decisiones han derivado en el diseño de un programa estratégico de investigación validado e ilustrado en la tabla 16, así como en su planificación asociada (ver figura 28).

La siguiente sección 4 detalla la ejecución de cada uno de los pasos a nivel operativo; mostrando, razonando y justificando a su vez las decisiones adoptadas en cada una de las etapas.

4. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

4. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

En esta sección 4 se despliega en profundidad el programa de investigación presentado anteriormente en la tabla 17 y centrada en la tabla 18, asimismo, se detalla el modo en el que se ha llevado a cabo cada una de las etapas expuestas en el diseño.

Tabla 18. Programa de investigación

Programa de investigación	<p>Etapa n°1. Selección de casos.</p> <p><i>Búsqueda de empresas manufactureras de producción seriada con problemáticas logístico productivas internas (en planta) concretas.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Recogida de expresiones de interés por parte de empresas en resolver problemas organizacionales.</i> 2. <i>Selección de empresas clave:</i> <ol style="list-style-type: none"> a. <i>En función del sector: manufactura seriada de piezas discretas.</i> b. <i>En función del tipo de problema: Problemática logística en el sistema productivo interno.</i> <p>*Entrevista telefónica para validación de casos</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. <i>Planteamiento de aplicación VSM a cada empresa.</i> 4. <i>Creación de equipos de aplicación.</i> 5. <i>Formación al equipo en VSM.</i> <p>*Entrevista de definición de equipo.</p>
	<p>Etapa n°2. Aplicación de la técnica VSM.</p> <p><i>Aplicación del VSM en casos reales basado en el desarrollo de las etapas del mismo.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Elección de una familia de producto.</i> 2. <i>Mapeado de la situación inicial.</i> 3. <i>Mapeado de la situación futura.</i> 4. <i>Definición de un plan de trabajo.</i> 5. <i>Implantación del plan de trabajo.</i> <p><i>El método de recogida de datos consistirá en la observación del proceso.</i></p> <p>*Observación del proceso VSM.</p>
	<p>Etapa n°3. Evaluación del VSM.</p> <p><i>La evaluación de las aplicaciones se realizará en base a los datos recogidos en la observación del proceso, así como en una entrevista final realizada al equipo de cada empresa.</i></p> <p>*Entrevista final de evaluación.</p>

4.2. ETAPA Nº 1. SELECCIÓN DE CASOS

Este apartado 4.2. narra todo el proceso de selección de casos desde que se realiza el primer contacto con las empresas hasta que estas son seleccionadas, un equipo de implantación creado e impartida la formación necesaria a éste.

La selección de los casos a analizar se ha basado en dos condicionantes de partida:

1. La actividad manufacturera de la empresa se ha de basar en la producción en serie de piezas o productos discretos.
2. La empresa debe expresar un interés en resolver una problemática concreta referente al sistema productivo.

Tal y como se ha citado en la revisión de la literatura previa, la aplicación del VSM se orienta especialmente a la empresas de producción seriada (Rother et al., 1998), (Duggan, 2002). Dicha investigación, por tanto, no ha querido salirse del contexto teóricamente ideal de aplicación de la técnica con el fin de no extraer conclusiones ni generalizaciones erróneas. Esta ha sido la razón principal para que la selección de empresas se haya llevado a cabo entre el sector manufacturero de producción seriada de piezas o productos discretos con entornos productivos basados en líneas de flujo desconectadas.

No obstante, entre esa todavía amplia red de empresas en las que la aplicación del VSM sería posible, es necesario que se cumpla el segundo condicionante, es decir, debe haber una predisposición de la empresa a resolver en un corto o medio plazo uno o varios problemas concernientes a su sistema de producción. Esta predisposición o compromiso es un punto de partida vital a la hora de comenzar un proyecto VSM tal y como aporta la literatura relevante (Tapping et al., 2002a). Ante esta tesitura, surge la cuestión de cómo reconocer ese compromiso entre las empresas dedicadas a la producción seriada susceptibles de ser seleccionadas. El propio proceso de selección efectuado será el que de las claves.

Llegados a este punto, es necesario exponer uno de los recursos que ofrece la Escuela Politécnica Superior de la universidad de Mondragón a las empresas que

requieran de la resolución de problemas específicos en el campo de la ingeniería. Dichas empresas cursan sus peticiones en base a problemáticas concretas relativas a la Ingeniería Industrial que quieran abordar durante el plazo de tiempo de 4 o 10 meses. Los diferentes departamentos universitarios valoran la factibilidad de la petición en base sobre todo al nivel de resolución del problema exigido, y en cada caso aceptan, rechazan o renegocian con el solicitante el alcance y objetivos del proyecto. Una vez que cada departamento cuenta con la lista de solicitudes definitivas que han sido aceptadas, se realiza la asignación de personal universitario para cada empresa, atendiendo a criterios de perfil técnico y duración prevista de la asesoría.

A partir de estos hitos iniciales, el personal investigador asignado a la empresa comienza a desarrollar el proyecto. Éste finaliza con la presentación de la memoria y la evaluación de los resultados del proyecto ante un tribunal compuesto tanto por miembros de la universidad como de la compañía solicitante en cuestión.

4.2.1. Recogida de expresiones de interés

Volviendo a lo que a la disertación se refiere, la selección de las empresas se ha valido del importante recurso de las peticiones de proyectos. El departamento de Organización y Gestión Industrial perteneciente a la Escuela Politécnica Superior a fecha de Febrero de 2004 recibió unas 80 solicitudes o expresiones de interés por parte de diferentes empresas, las cuales requerían soluciones a diferentes problemas relativos a la gestión y dirección de operaciones. La siguiente tarea consistirá por tanto en la selección y validación definitiva de los casos a investigar.

4.2.2. Selección definitiva de casos

La selección de las empresas a partir de esa población potencial de 80, no se llevó a cabo con un muestreo estadístico sino mediante una aplicación rigurosa de criterios para poder ampliar la representatividad del estudio (Yin, 1994), (Eisenhardt, 1989).

El primer proceso de filtrado se dio en base a los dos criterios citados anteriormente. Por un lado, las empresas habrían de dedicarse a la fabricación de

piezas discretas en serie y por otro, el problema en cuestión habría de referirse al sistema productivo.

Este primer barrido sirvió para detectar 12 empresas potencialmente validas para la investigación. La siguiente tarea consistiría en una segunda y última criba hasta fijar las empresas definitivas. Las razones de este segundo filtrado responden a los siguientes argumentos:

1.- La necesidad de contrastar con los interlocutores de las empresas si la problemática expresada en las solicitudes escritas se encuentra centrada en realidad en el sistema productivo.

2.- El número ideal teórico para la investigación basada en el estudio de casos. Este número puede variar dependiendo de factores como, disponibilidad financiera, tiempo, número de investigadores, entorno geográfico, etc. Para un nivel de recursos disponibles dado, cuantos menos casos se escojan más en profundidad y más longitudinal ha de ser el estudio. Los casos individualizados tienen sus limitaciones en el nivel de generalización de las conclusiones y en el sesgo que puede aportar el observador (Voss et al. 2002). En el estudio múltiple de casos, la muestra es seleccionada empleando una serie de criterios y no a partir de un muestreo estadístico (Eisenhardt, 1989), (Yin, 1994). Eisenhardt sugiere que un estudio típico de casos debe tener entre cuatro y diez muestras (1989), aunque autores como Dyer et al. (1999) discuten este número. Voss et al. (2002) citan que los estudios múltiples de casos pueden variar entre 3 y 30 unidades.

Por tanto, analizada la literatura al respecto y tratando de adquirir un compromiso entre rigor científico, disponibilidad de recursos, profundidad de seguimiento requerido y posibilidad de generalización de resultados, el equipo investigador optó en su momento por que la investigación se diera en un entorno múltiple de casos en los que cada uno de ellos se enmarcará en una empresa diferente y en el que el número ideal oscilará entre 4 y 7 casos.

3.- Aunque las empresas escogidas respondan a los criterios principales, es importante que una vez dentro de ese marco se de una diversidad en cuanto a estructura de producto, procesos de fabricación y diseño del sistema productivo para

poder asegurar la generalización de las conclusiones del estudio a las empresas del marco de la producción seriada adoptado (Miles et al., 1984).

Así pues, teniendo en cuenta el número inicial prefijado y la necesidad de realizar una última depuración de la selección en base a una aplicación estricta de los criterios principales, (compromiso por parte de la empresa de solucionar un problema enmarcado en el sistema productivo, empresa industrial dedicada a la producción seriada, diversidad de entornos productivos) se procedió a la evaluación definitiva de las solicitudes para asegurar que cada muestra respondiese a los requerimientos de la investigación, tal y como aconsejan Voss et al. (2002) y Meredith (1998).

Para tal fin, y analizados los diferentes métodos de recogida de datos (ver tabla 14) se concretó que el medio idóneo era la **entrevista telefónica** con los interlocutores solicitantes de cada compañía. La entrevista se efectuó por parte del investigador principal desde la propia universidad instando a una descripción más detallada del proyecto mediante el repaso con el interlocutor de la solicitud remitida, en ningún momento se sugirió la posibilidad de poder aplicar el VSM para evitar posibles subjetividades o intereses por parte de la firma. Esta última evaluación sirvió para elegir las 6 empresas donde se plantearía la investigación (ver tabla 19).

Tabla 19. Selección de casos definitivos.

Empresa
<i>Astigarraga Kit Line (AKL)</i>
<i>Geyser Gastech (Geyser)</i>
<i>CIE Automotive. Forja (CIE)</i>
<i>Maier</i>
<i>UEB</i>
<i>Compañía XYZ³.(XYZ)</i>

Esta misma toma de contacto valió para ampliar y contrastar la veracidad de información previa existente en los documentos iniciales de captación del proyecto sobre la empresa.

³ Para salvaguardar y proteger información confidencial, la empresa ha preferido no mostrar en la presente tesis su nombre real.

Llegados a este punto, es necesario hacer referencia al anexo B; se trata del formulario empleado en cada una de las etapas correspondientes a la recogida de datos. Concretamente, junto con las cuestiones a responder y los datos cuantitativos a recolectar en cada fase, se describen las pautas de actuación de cada uno de los hitos fijados, que son los anteriormente citados en el programa de investigación (ver tabla 17 ó 18):

1. Entrevista telefónica para validación de casos.
2. Entrevista de definición de equipo.
3. Observación del proceso VSM.
4. Entrevista final de evaluación.

Por tanto, se remite al lector al anexo B para observar con mayor detenimiento las preguntas formuladas en la entrevista telefónica recién citada.

Las empresas definitivas escogidas finalmente, aparte de responder perfectamente a los criterios citados anteriormente, se podrían caracterizar de la siguiente manera:

1. Son empresas manufactureras que responden a un amplio abanico de sectores industriales: mobiliario, fabricación de explosivos, componentes de electrodomésticos, electrónica y automoción.
2. La estructura de los productos y los procesos de fabricación, así como la organización del sistema productivo son diversos dentro del entorno manufacturero basado en líneas de flujo desconectadas, cada caso es muy particularizado en lo que a esta problemática se refiere.

Estas dos últimas razones hacen que los seis casos finalmente escogidos y validados respondan al marco investigador prefijado de antemano y que los resultados puedan ser generalizables al marco de las empresas dedicadas a la manufactura en serie.

La caracterización de las empresas seleccionadas en esta primera etapa se muestra en la tabla 40 de la sección 6 correspondiente a exponer los resultados de la investigación.

4.2.3. Planteamiento del VSM

La siguiente etapa consistió en contactar con cada empresa con el objeto de plantearles la ejecución del VSM en el marco del proyecto solicitado. En este aspecto es importante contactar con la persona idónea dotada de suficiente responsabilidad para que pueda abrir las puertas de la organización y posibilitar el contacto con el personal que sea necesario en cualquier momento dado de la investigación (Voss et al. 2002).

Esta etapa se abrió mediante la vía de una reunión por parte del investigador principal con el solicitante del proyecto y en la que también estuvo presente algún otro miembro de la empresa si así se consideró oportuno, asimismo, asistió también el investigador asignado por parte de la universidad para la ejecución del proyecto.

Hay que tener en cuenta que el solicitante en cada caso correspondía con un rango suficientemente alto y con la máxima responsabilidad en cuanto al proyecto demandado. La tabla 20 muestra el cargo en la organización asignado a cada responsable. Cabe señalar que en uno de los casos, la empresa también contaba para el proyecto con la colaboración de una consultoría contratada para el rediseño del sistema productivo, concretamente en AKL.

Tabla 20. Responsables de empresa.

Empresa	Responsable.
AKL	Dirección industrial.
Geyser	Ingeniería de proceso.
CIE	Dirección logística.
Maier	Dirección sistemas de producción.
UEB	Dirección de negocio.
XYZ.	Jefatura de producción.

En dicha reunión, el investigador principal plantearía la posibilidad de realizar el VSM en el marco del proyecto solicitado, con lo que se realizaría un diagnóstico del sistema productivo mediante la realización del mapa inicial y el desarrollo del mapa futuro, en el que entre otros, tendría cabida el problema por el que solicitaban el servicio y el lanzamiento de proyectos de mejora aprobados cuya implantación sería evaluada a varios meses vista.

Para ello, se exponía una planificación que debería seguir el equipo a formar para la aplicación, las principales etapas serían las siguientes:

- Creación del equipo.
- Formación del equipo en VSM.
- Aplicación del VSM:
 1. Elección de la familia de producto.
 2. Mapeado de la situación inicial.
 3. Mapeado de la situación futura.
 4. Definición del plan de trabajo.
 5. Implantación del plan de trabajo.

Dichas etapas se encuentran planificadas en el cronograma expuesto en la figura 28. A modo de resumen, se puede observar que las fases correspondientes hasta llegar a la implantación de los proyectos de mejora se deberían completar a lo largo de tres meses, tiempo suficientemente holgado para llegar a tal fin. La implantación de los proyectos de mejora aprobados se desarrollaría durante los siguientes seis meses, al final de los cuales se evaluaría todo el proceso.

Por otro lado, también se expusieron unas cargas de trabajo previstas a asumir por cada miembro del equipo a formar. La contabilización inicial de dichas cargas se muestra en el siguiente apartado 4.2.4. correspondiente a la creación del equipo. Dichas cargas se prevén para los primeros tres meses de aplicación del VSM, hasta el despliegue de los planes de mejora. No se ha estimado necesaria prever la carga de trabajo para los aproximadamente 6 meses siguientes a dedicar a la implantación de los proyectos aprobados, por considerar muy difícil dicha apreciación sin conocer el nivel de los proyectos de mejora a abordar.

Estas reuniones diseñadas para el planteamiento tuvieron una buena acogida por parte de las empresas, todas ellas aprobaron el plan de implantación y la creación de un equipo para su consecución.

4.2.4. Creación de equipos

La misma reunión de planteamiento sirvió de base para nombrar al equipo responsable del proyecto, asignar roles y responsabilidades de cada miembro y presentar la previsión de cargas para cada participante (Winter, 2000). Los equipos estarán formados por un mínimo de tres personas y por un máximo de siete (Tapping et al., 2002a).

Responsable del flujo de valor (value stream manager)

La función del *value stream manager* será asumida por el demandante del proyecto de cada empresa. Se responsabilizará del flujo de valor en el sistema productivo de la familia de producto en la que se aplicará el VSM, es el principal responsable ante la alta dirección de que la aplicación del VSM se llevé adelante con éxito (Rother et al., 1998), (Tapping et al., 2002a).

En lo que a la aplicación práctica se refiere, sus tareas principales consistirán en la evaluación y aprobación de los sucesivos hitos que se lleven a cabo durante la aplicación del VSM, así como la puesta a disposición de medios para el correcto desarrollo de la aplicación.

Su carga de trabajo se caracterizará sobre todo por la asistencia y dirección de reuniones en las que el equipo implantador le reportará sobre el desarrollo de la aplicación concreta. Se prevén unas 24 horas de trabajo real durante los 3 meses que durará el ejercicio de mapeado.

Facilitador de empresa

Será el principal conocedor técnico del proceso productivo referente a la familia de producto en cuestión (Rother et al., 1998). Su principal función consiste en proveer de datos del proceso a la persona encargada de la recolección de datos. Asimismo, aportará sus valiosísimos conocimientos de cara a informar sobre las limitaciones y problemáticas del proceso productivo, y en el cuestionamiento y posibilidades de aplicación práctica de las ideas de mejora que vayan surgiendo. También asistirá a las reuniones del equipo junto con el *value stream manager*.

Para la primera fase del proyecto (tres meses de duración), se prevén aproximadamente otras 24 horas de dedicación. Esta figura podrá ser en algún caso también asumida por el propio *value stream manager*.

Coordinador

Función que será asumida por la persona asignada a la resolución del proyecto por parte de la universidad, pertenecerá a su vez al equipo investigador de la presente disertación. Será el encargado de la recolección de datos, creación de los mapas y de toda la gestión documental de la aplicación del proyecto, así como el responsable de la programación y preparación de las reuniones. Deberá ser capaz de coordinar e integrar la implantación del proyecto en el marco de la aplicación del VSM.

Es el rol que mayor carga de trabajo asumirá durante los tres primeros meses del proyecto VSM, se han previsto unas 68 horas de trabajo para las etapas referentes a la creación y aprobación de los mapas y al diseño de los anteproyectos de mejora aprobados.

Como se ha citado, el coordinador formará también parte del equipo investigador ya que será el principal proveedor de información concerniente al propósito de la disertación al investigador principal.

Guía asesor

Labor encomendada al mismo investigador principal. Por un lado, debe realizar el seguimiento y observación de cada caso en base a lo estipulado en el programa de investigación. Dentro de la metodología basada en el **estudio de casos**, es de vital importancia que el investigador interfiera lo mínimo posible a la hora de la toma de decisiones referentes a la problemática que se está abordando (Robson, 2002), (Yin, 1994). La observación y el seguimiento de cada caso estará apoyado por la recogida de información de campo que valdrá en la posterior en la evaluación final de la aplicación, con la que se contrastarán estos datos con el

resultado de las entrevistas y así garantizar de la triangulación del estudio (Voss et al. 2002).

Por otro lado, impartirá la formación técnica necesaria en lo referente a la herramienta VSM y asesorará en la resolución de dudas técnicas en la aplicación práctica de la herramienta. Asimismo, velará por la calidad de la documentación generada durante todo el proceso y asistirá a las reuniones de descargo con el equipo, cuidándose de no influenciar ni interferir en las decisiones del mismo. Estas últimas labores corresponden con las propuestas por Rother y Shook (1998) para la figura del *lean specialist*. La carga de trabajo asignada para esta figura es de otras 24 horas.

Cargas de trabajo

Las cargas de trabajo previstas de cada uno de los miembros del equipo para los tres meses de duración de las primeras 4 etapas del VSM, esto es, desde la elección de la familia de producto hasta el lanzamiento de los planes de mejora, se presentan resumidas en la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Cargas de trabajo previstas.

	Responsable flujo de valor	Facilitador	Guía asesor	Coordinador
1. Formación VSM	8 horas	8 horas	8 horas	8 horas
2. Elección de familia	4 horas	4 horas	4 horas	10 horas
3. Mapa inicial	4 horas	4 horas	4 horas	20 horas
4. Mapa futuro	4 horas	4 horas	4 horas	20 horas
5. Definición plan de trabajo	4 horas	4 horas	4 horas	10 horas
TOTAL	24 horas	24 horas	24 horas	68 horas

La previsión de la carga, tanto del responsable del flujo de valor, como del facilitador y del guía asesor, se ha determinado en base a los tiempos previstos para las reuniones, resolución de problemas puntuales y la formación requerida en VSM. La previsión para el coordinador, además de los puntos referidos, se ha basado en sumar tiempos a dedicar a la recogida de datos, diseño y creación de mapas y gestión de la documentación generada.

Los tiempos resultantes de la previsión también se ven apoyados por las citas referidas a la duración de todo el proceso provistas por Keyte (2002) y Womack (2001), quienes consideran que pueden bastar unas pocas jornadas para la

realización de los mapas (2002), (2001). Por tanto, en principio y como punto de partida se estiman suficientes las cargas aprobadas.

4.2.5. Formación al equipo

Una de las primeras etapas a la hora de abordar un proyecto VSM consiste en que el equipo adquiera la capacidad técnica suficiente para abordar un proyecto VSM (Tapping et al., 2002a). Para ello se proyectó la dedicación de una jornada para impartir a todos los equipos la formación básica en lo referente a la técnica del mapeado del flujo de valor. La jornada tuvo lugar en las instalaciones de la propia universidad y como profesor o *lean specialist* actuó el propio investigador principal.

El programa de la jornada consistió en el siguiente temario:

1. Bases de la Producción Ajustada.
2. Conceptos teóricos del VSM.
3. Desarrollo de ejercicio práctico de VSM.
4. Discusión en grupo sobre otros casos particulares de VSM.
5. Aportación de herramientas adicionales y complementarias al VSM.
6. Trabajo práctico de acercamiento al caso particular de cada empresa.
7. Aclaraciones de dudas.

Una vez impartida la formación correspondiente llega el momento de la puesta en marcha en de la aplicación VSM en cada una de las empresas.

Una segunda entrevista, en este caso cara a cara por parte del investigador principal con todo el equipo, fue el método idóneo para recoger información sobre el perfil del equipo VSM creado y sobre los resultados de la formación y nivel de compromiso y convencimiento alcanzado.

Para ver el formulario seguido en la entrevista de definición de equipo remítase el lector al anexo B.

Los resultados de la definición y formación del equipo se reflejan en la sección 5 referente al análisis de resultados.

4.3. ETAPA N°2: APLICACIÓN DEL VSM

Las etapas e hitos principales para la aplicación del VSM se pueden resumir en los ya citados siguientes apartados (Ver tabla 17 ó 18):

1. Elección de la familia de producto.
2. Mapeado de la situación inicial.
3. Mapeado de la situación futura.
4. Definición del plan de trabajo.
5. Implantación del plan de trabajo.

En el presente apartado 4.3. se expondrá el método de investigación llevado a cabo en cada una de las subetapas recién mencionadas, a su vez se analizarán los criterios de decisión adoptados. Por otro lado, la sección 5 se dedica a ilustrar el desarrollo de un caso completo en el que se pone en práctica el propio método.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la recogida de información en esta segunda etapa se llevará a cabo mediante la observación del proceso por parte del equipo investigador.

El anexo B muestra el formulario empleado para la observación en cada una de las fases de la etapa. Los resultados de la misma se exponen a su vez en la sección 6 correspondiente a analizar los resultados.

4.3.1. Elección de la familia de productos

Hay que recordar que el mapeado se enmarca en el flujo de valor de una familia de productos en concreto, por tanto las mejoras que se propongan a partir del estudio VSM deberán ir orientadas a agilizar el flujo de dicha familia.

La elección de la familia de productos se ha seguido siguiendo dos pautas principales:

1.- La problemática logística que se quiere abordar por parte de la empresa y para cuya resolución ha adquirido compromiso ha de estar presente en el flujo de valor de la familia de referencias a mapear.

2.- De alguna manera la familia ha de cumplir con su definición principal: “Un conjunto de productos que atraviesa por similares etapas y equipamiento común aguas abajo del proceso de fabricación antes de la entrega a su correspondiente cliente” (Rother et al., 1998), (Marchwinski et al., 2003).

Por tanto, las familias de productos que se han mapeado corresponden a aquellas referencias que atraviesan similar proceso de fabricación y en cuyo flujo se encuentra el problema referente al sistema productivo a tratar totalmente o casi totalmente; con lo que la mejora del flujo de dicha agrupación provoque la resolución de susodicho problema.

El proceso de decisión inicialmente adoptado ha consistido en el análisis en profundidad por parte del equipo del problema a tratar y en base a ello, en una discusión y selección preliminar de la familia de productos a mapear. Esa selección preliminar será depurada posteriormente por el coordinador y el asesor y llevada de nuevo al equipo para su aprobación definitiva.

En el punto 2.7.1. precedente correspondiente a analizar el VSM, se ha visto como aunque el proceso de elección de familias puede llegar a ser una labor ardua, generalmente en la práctica no suele resultar tan dificultosa (Hyer et al., 2002). La investigación en este punto ha tratado de medir, mediante la observación del proceso, la labor realizada hasta llegar a decidirse por la familia de productos a mapear, para ello, se ha tratado de responder a cuestiones referentes a:

- Tiempo dedicado a la selección.
- Criterio de selección de familias según Hyer y Wemmerlöv (2002).
- Necesidad de emplear alguna herramienta de ayuda o algoritmo (P-Q, ABC, Matriz de familia de productos...).

4.3.2. Mapeado de la situación inicial

Una vez seleccionada la familia de productos, comienza el mapeado de la situación inicial. El proceso de mapeado requiere y se basa principalmente en la recolección de los datos referentes a los diferentes procesos productivos.

La toma de datos se llevará a cabo en aquellos procesos y puntos incluidos en los límites internos del sistema productivo de la planta, es un estudio que se efectuará siguiendo la ruta de la familia de productos seleccionada desde su entrada en planta como materia prima hasta su salida de como producto terminado, es decir, un análisis puerta a puerta tal y como abogan los autores de la herramienta (Rother et al., 1998).

El proceso de toma de datos se ha efectuado en cada caso llevando a la práctica las pautas recomendadas por los creadores de la herramienta expuestos en el apartado 2.7.1. correspondiente al análisis del VSM.

El responsable de la recogida correcta de la información y de reflejar ésta en el mapa es el coordinador del equipo que contará con la ayuda del facilitador. Este último será quien apruebe la veracidad y la corrección de los datos recolectados. El guía asesor será quien ayude al coordinador a mapear con los iconos adecuados dicha información. Una vez el mapa esté realizado, éste será finalmente aprobado por todos los miembros del equipo.

Durante este proceso de mapeado inicial, la investigación se basará en ir adquiriendo mediante la observación de cada proceso la siguiente información válida para el propósito de la tesis.

- Carga de trabajo del equipo en la consecución del mapa inicial.
- Disponibilidad de datos.
- Empleo de herramientas adicionales para el tratamiento de datos.

4.3.3. Mapeado de la situación futura

El mapa futuro será ideado mediante la labor de los diferentes miembros del equipo. Cada figura cumplirá las funciones que se detallan a continuación.

Coordinador: Principalmente cumplirá la labor de secretario; recogiendo, ordenando y reflejando en el mapa futuro la información y las decisiones adoptadas por el equipo. Por otro lado, el conocimiento adquirido durante la elaboración del mapa inicial y su perfil ayudarán a que aporte sus conocimientos de cara a elaborar un mapa futuro más ajustado.

Responsable del flujo de valor: Es la figura que tomará las principales decisiones en las diferentes fases de la elaboración del mapa futuro, siempre asesorado y apoyado por los demás miembros. Deberá guardar un compromiso entre el grado de ambición de los proyectos de mejora futuros a abordar y la factibilidad real de los mismos. Será el principal responsable del grado de mejora que se le quiera imprimir a la situación actual.

Facilitador: Apoyará al responsable del flujo de valor en las decisiones a tomar, sus conocimientos técnicos ayudarán a validar y reconocer la factibilidad de las medidas que se habrán de aprobar.

Guía asesor: Al ser el principal investigador del estudio del caso, no deberá interferir ni influir en las decisiones del equipo (Robson, 2002), (Yin, 1994). Sin embargo, su labor como guía deberá ser de utilidad al exponer las diferentes posibilidades que se puedan abrir, resolver dudas sobre conceptos innovadores de la Producción Ajustada que puedan ser abordables y en coordinar al equipo a la hora de resolver de forma metódica las 8 cuestiones a responder (Rother et al., 1998):

1. ¿Cuál es el *takt time* o ritmo impuesto por el mercado basado en el tiempo de trabajo disponible?
2. ¿Se va a producir para expedir directamente a partir del proceso regulador o se necesita un supermercado de producto terminado?
3. ¿Dónde puede ser empleado el flujo continuo?

4. ¿Es necesario algún sistema *pull* (tirón) para gestionar la producción?
5. ¿Qué único punto de la cadena de producción, denominado proceso regulador será empleado para programar la producción?
6. ¿Cómo puede ser nivelado el *mix* de producción en el proceso regulador?
7. ¿Qué unidad de trabajo será retirada constantemente desde el proceso regulador?
8. ¿Qué mejoras de proceso (mejoras *kaizen*) serán necesarias en el flujo de valor para que fluya como en el diseño del estado futuro?

El proceso se dará por terminado cuando se respondan las 8 cuestiones arriba expuestas y se apruebe el mapa futuro por todos los miembros del equipo. El equipo dedicará las sesiones que hagan falta hasta llegar al mapa futuro.

La investigación en este punto tratará de recoger información relevante sobre:

- El tiempo dedicado a la elaboración del mapa futuro.
- El grado de ambición del mapa futuro.
- El nivel de aplicación de los conceptos *lean* aportados por el VSM. (*takt time*, flujo continuo, sistemas *pull*, determinación del proceso regulador, nivelado y volumen de la producción, empleo de sistemas *heijunka*...).
- Aplicación de otros conceptos como por ejemplo la logística DBR integrada en la Teoría de las Limitaciones (TOC).

4.3.4. Definición del plan de trabajo

Esta fase corresponde a elaborar y aprobar un cronograma con un plan de acciones a partir de las mejoras *kaizen* aceptadas en el mapa futuro (ver figura 45 en el anexo A). El coordinador desarrollará la planificación de los proyectos y ésta deberá ser aprobada por el equipo. En teoría no debería haber discusión sobre el contenido de los diferentes proyectos a desarrollar, ya que estos han sido previamente admitidos con la finalización del mapa futuro. En todo caso, podrá abrirse el debate sobre los plazos y responsabilidades asignadas para llevar a cabo dichos proyectos.

La investigación se centrará en evaluar el tiempo requerido para establecer el plan y el horizonte de dicha planificación; así como los criterios empleados para seleccionar el orden de implantación de los proyectos.

4.3.5. Implantación de los planes de mejora

El grado de implantación de los planes *kaizen* aprobados, serán valorados durante los seis meses siguientes a partir de la definición del plan de trabajo, valiéndose para ello de la **observación** de la evolución de las mejoras mediante visitas en planta a puntos o *loops* de mejora, así como mediante una constante interlocución con el coordinador del equipo implantador. Se estima que este plazo de tiempo de seis meses debe ser suficiente para observar y valorar la evolución de dichos proyectos (Rother et al., 1998).

Una última visita realizada a los 6 meses aprovechando la 3ª etapa de evaluación dará por cerrada esta 2ª etapa de evaluación del proceso mediante la observación *in situ*. En esta última visita se recogerán los siguientes indicadores:

- El porcentaje de los proyectos implantados frente a los que habrían de estarlo.
- El grado o porcentaje de cumplimentación de cada proyecto.
- Los resultados alcanzados.

Como herramienta para tal fin se empleará la plantilla propuesta en la figura 46 en el anexo A para la revisión de los planes.

4.3.6. Etapa nº 4. Evaluación del VSM

La evaluación de las seis aplicaciones se realizará a partir de la información derivada de la observación del proceso, así como de una entrevista final realizada al equipo de cada empresa. La entrevista cumplirá dos funciones principales:

1. Obtener el contraste o la triangulación necesaria para validar la información proveniente del equipo investigador con las impresiones derivadas del equipo implantador (Denzin, 1988), (Voss et al. 2002), (Eisenhardt, 1989).

2. Obtener información adicional difícil de adquirir mediante la observación citada.

Considerando la importancia de la entrevista, ésta fue corregida y validada mediante la realización de una entrevista previa en una de las compañías (Voss et al. 2002). En síntesis, la entrevista se estructura en preguntas cuantitativas y cualitativas relacionadas con cada una de las fases de todo el proceso VSM así como con una evaluación general de la técnica.

El formulario de dicha entrevista así como de todo el proceso de recogida de datos se encuentra en el anexo B.

4.4. RESUMEN

La presente sección 4 ha cubierto la función de explicar el desarrollo real del programa de investigación desde la elección de los casos, pasando por la aplicación de todo el proceso VSM, hasta la evaluación final de cada caso a los seis meses de haberse aprobado planes de mejora.

La sección 5 se dedica a mostrar el desarrollo de uno de los casos seleccionados. El seguimiento de dicho caso expone el método o programa de investigación puesto en práctica. Tras una presentación de la empresa y de la problemática particular a abordar se expone paso a paso cada etapa seguida en la investigación y los resultados obtenidos a partir del proceso de toma de datos.

La siguiente sección 6 mostrará y analizará los resultados derivados de la recogida de datos llevada a cabo durante la ejecución de cada caso. Tal y como antes se ha mencionado, la recogida de datos en cada etapa de investigación se ha basado en los formularios mostrados en el anexo B.

Por último, el anexo C está exclusivamente dedicado a exponer una memoria de cada uno de los 5 casos restantes de aplicación. En cada una de las memorias se realiza una breve descripción de la empresa, así como del problema que se ha tratado de abordar, para pasar a describir todo el proceso desde la elección de la familia de productos hasta la revisión de los planes aprobados. En el mismo

documento se exhiben los mapas iniciales, los mapas futuros, el cronograma correspondiente con el despliegue de los planes aprobados, y por último la revisión realizada a los seis meses del inicio de la ejecución de los planes.

5. DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

5. DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

5.1. INTRODUCCIÓN

La presente sección 5 expone la puesta en práctica en uno de los seis casos seleccionados del programa de investigación presentado en la sección 3 y desarrollado en la precedente sección 4. En concreto se trata de la empresa *Maier S. Coop.*; el criterio principal de haber optado por esta empresa es el carácter didáctico que presenta, tanto por su tipología de sistema productivo como por la problemática abordada; cualidad que permitirá al lector seguir con mayor facilidad el método adoptado en acción.

Tras una presentación de la empresa y de la problemática a abordar con la aplicación del VSM, la redacción del caso se estructura en base a las etapas diseñadas en el programa de investigación (ver tabla 18). Se analiza con detalle la evolución de cada etapa y se muestra la información recogida por el equipo investigador en cada una de las mismas, tanto por el proceso de observación como por la vía de las entrevistas. El anexo B muestra el formulario seguido en cada uno de los hitos de la investigación correspondiente a la toma de datos.

Dado que el objetivo principal de la presente sección 5 es ilustrar el proceso de investigación seguido en una aplicación práctica concreta, se entiende que la exposición del resto de casos se integra en mejor medida en los anexos de la documentación, razón por la que el lector podrá consultar los mismos en el anexo C dedicado exclusivamente a ilustrar los pormenores de las cinco empresas restantes.

5.2. PRESENTACIÓN DEL CASO. MAIER Y EL NEGOCIO DE TELEFONÍA

Maier S. Coop., actualmente denominada *Grupo Maier* y perteneciente al grupo *Mondragón Corporación Cooperativa* (MCC), fue fundada en 1975. Hoy en día agrupa un total de cinco plantas productivas y un centro tecnológico, contando además con delegaciones comerciales distribuidas por los países más industrializados del mundo.

Maier fabrica componentes y subconjuntos de plástico para automoción, electrodomésticos y electrónica de consumo. Es líder europeo en desarrollo y fabricación de rejillas frontales pintadas en color carrocería, embellecedores cromados, tapacubos y tapas de gasolina, siendo proveedor de los nueve primeros constructores mundiales de automóviles.

A nivel de grupo, cuenta con tres negocios principalmente:

- División Automoción.
- División Electrodomésticos.
- División Telecomunicaciones.

Maier cuenta con el departamento DTF (Desarrollo de Tecnologías de Fabricación) dependiente de la dirección industrial del grupo *Maier* y cuya misión es dar soporte a todas las plantas del grupo en lo referente a tecnologías de fabricación.

En la actualidad la Producción Ajustada ocupa un lugar relevante dentro de la estrategia del *Grupo Maier* para el futuro. Su grado de compromiso con respecto a esta filosofía se refleja en el equipo denominado SMP (Sistema *Maier* de Producción), dependiente del departamento DTF y formado por especialistas en *Lean Manufacturing* cuya función es dar soporte a las diferentes plantas del grupo en lo que respecta a la organización de flujos y diseño de sistemas de producción desde una perspectiva *lean*.

Dentro de la división de Telecomunicaciones, los últimos años, el negocio de Telefonía (denominado *Bideko*), ha ido adquiriendo un volumen considerable. Según

ha ido creciendo, se han ido asignando recursos, pero no con un enfoque de sistema de producción orientado al mismo negocio de Telefonía, sino que en base a compartir en gran medida medios, instalaciones y recursos productivos ya existentes y dedicados en principio a otros negocios.

Por tanto, al inicio del proyecto, Telefonía no cuenta con un sistema productivo propio ni eficiente, las diferentes operaciones se encuentran disgregadas por toda la planta productiva y se puede afirmar que en lo que respecta al mismo negocio de Telefonía el tipo de producción adquiere un perfil funcional.

Siendo este un negocio relativamente nuevo para *Maier*, existe la necesidad de captar nuevos mercados, pretensión un tanto compleja con un proceso desestructurado y tan poco racionalizado como el que se tiene inicialmente. Siendo esto así, el objetivo del proyecto será el rediseño global del sistema productivo de Telefonía, con lo que se espera sobre todo reorientarlo en mayor grado a la misma línea de producto y así reducir el periodo de maduración fabril. El indicador de mejora concreto establecido se encuentra definido en el punto 5.4.2.1. referente al análisis del mapa inicial.

5.3. ETAPA Nº 1. SELECCIÓN DE CASOS

La presentación de la empresa y de la problemática a abordar muestra que *Maier* es potencialmente un caso válido por los dos condicionantes predeterminados:

- Empresa dedicada a la manufactura en serie de productos discretos. En este caso, componentes de aparatos de telefonía móvil.
- Problemática logística productiva enmarcada dentro de la propia planta fabril.

El estudio de los documentos de captación del proyecto de investigación así como la entrevista telefónica realizada con el responsable de la empresa corroboran la validez de la selección de *Maier*. La tabla 22 muestra en síntesis las características principales de la empresa y del sistema productivo que lo hacen apto para el estudio del caso.

Tabla 22. Validación de casos. Entrevista telefónica..

Empresa	<i>Maier S. Coop.</i>
Actividad	<i>Transformación de piezas termoplásticas</i>
Descripción del proyecto	<i>Rediseño del sistema de producción de piezas inyectadas bajo la filosofía de la Producción Ajustada</i>
Número de operarios en línea de negocio	80
Línea de negocio	<i>Telefonía. Familias TSM-1 y TSM-7</i>
Procesos principales	<i>Inyección, pintura, cromado y montaje</i>
Configuración producto-proceso IVAT⁴	<i>V (bajo número de materias primas, elevado número de productos terminados)</i>
Número de referencias en la familia de productos	20
Tipo de distribución en planta	<i>Funcional con líneas de flujo desconectadas en montaje.</i>
Producción contra stock, bajo pedido.	<i>Contra stock</i>
Nivel lean⁵	3

El siguiente paso consistió en el planteamiento de la aplicación del VSM en la propia empresa mediante una reunión concertada en la que se expondría el VSM como una vía interesante y posible de abordar el rediseño del sistema productivo. El responsable de la empresa mostró su interés de inmediato y se inició el siguiente proceso de definición del equipo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el *Grupo Maier* se encuentra comprometido por la Producción Ajustada, siendo claro ejemplo de ello la existencia del equipo SMP (Sistema *Maier* de Producción), dedicado específicamente al análisis y organización de flujos de material y diseño de sistemas de producción bajo un enfoque *lean*. Los dos miembros de este equipo serían los que llevaran adelante el rediseño del sistema productivo de Telefonía.

⁴ La configuración producto-proceso está basada en la estructura IVAT descrita por Hines et al., (1997).

⁵ El nivel *lean* es una calificación global basada en otros indicadores de la empresa (ver formulario en el anexo B).

Por tanto, el equipo ya tenía de antemano un compromiso fuerte adquirido; en este sentido, la formación impartida sirvió más para acordar puntos en común que para formar a los participantes en la técnica VSM, ya que son perfectos conocedores de la misma.

La tabla 23 proveniente de una entrevista realizada al equipo constituido tras la formación (ver formulario en anexo B) resume el perfil del mismo; como datos a destacar, se observa que la figura del facilitador tiene cierta liberación para la aplicación del VSM y que el nivel de formación y convencimiento inicial es prácticamente insuperable. Por otro lado, se observa una predisposición inicial a que las mejoras sean justificadas en base a criterios e indicadores logísticos sin necesidad de estudios económicos exhaustivos.

Tabla 23. Perfil de equipo Maier. Entrevista definición de equipo.

Empresa Maier		Criterio para inversiones: Mejora significativa a nivel de desempeño productivo (no necesariamente económico)				
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Director Sistema Maier de Producción (SMP)</i>	<i>Ingeniería Industrial</i>	20	No	5	5
<i>Facilitador</i>	<i>Técnico en sistemas de producción</i>	<i>Ingeniería industrial en Organización</i>	3	Sí	5	5

5.4. ETAPA Nº 2. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA VSM

5.4.1. Elección de la familia de producto

5.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA

En la unidad de negocio encargada de la producción de Telefonía se fabrican diferentes piezas plásticas que componen las carcasas, las botoneras y los teclados de los teléfonos móviles.

Entre los modelos de móviles para los cuales se está fabricando estas piezas actualmente se encuentran:

- TSM-1: Móvil de gama baja, proceso sencillo y gran demanda.
- TSM-7: Gama alta, producto nuevo, proceso complejo, baja demanda.

Algunas de las piezas que componen estos móviles son fabricadas en *Maier* y otras simplemente son montadas (componentes incorporados). Entre las piezas que se fabrican en el área de Telefonía para cada uno de los modelos anteriormente mencionados, se encuentran:

- *Front Cover*: Parte frontal de la carcasa del teléfono móvil.
- *Back Cover*: Parte posterior de la carcasa del teléfono móvil.
- *Battery Cover*: Tapa de la batería del móvil.

Entre los componentes incorporados a lo largo del proceso a cada una de las tres piezas citadas anteriormente están: *gasket*, *window*, *side key*, *IRDA Window*, *equipad*, *mirror*, *camera trim*, etc...

Estos incorporados que se acaban de enunciar, o bien son fabricados a través de subcontratas y luego son montados en *Maier*, o bien simplemente se compran a un proveedor y luego se montan en *Maier*.

Cabe destacar que el producto final que se envía al cliente, que en este caso es *Vitelcom*, no es el móvil montado (conjunto de *Front*, *Back* y *Battery*), sino que el producto final lo conforma cada una de estas piezas.

Una vez que se han descrito las piezas que componen los teléfonos móviles fabricados en *Maier*, se está en disposición de elegir la familia de producto objeto del estudio. Dado que el objetivo de este proyecto es rediseñar el sistema productivo de teléfonos móviles al completo, se vio interesante realizar un estudio del sistema actual de todas las piezas de todos los móviles que se fabrican en *Maier S. Coop.*, dejando de lado el mapeado de aquellos componentes que actualmente tienen el tratamiento de incorporados pero que en un futuro tal vez podrían ser fabricados en *Maier*.

Por lo tanto, la familia objeto de estudio será la formada por el *Front Cover*, *Back Cover* y el *Battery Cover* de cada uno de los modelos de teléfono móvil que se fabrican actualmente en Maier (TSM-1, TSM-7).

5.4.1.2. ANÁLISIS DE DATOS

El proceso de observación definido para esta etapa de elección del flujo de valor ha tratado de determinar cuantitativamente, la carga de trabajo asumida por cada miembro del equipo, así como el periodo de maduración del proceso de elección del flujo de valor, como su desviación respecto a la planificación definida (ver figura 28 relativa a la planificación). El sistema definido como medio de recoger datos cuantitativos correspondientes a los tiempos de cada proceso se ha obtenido a partir de la duración de las reuniones del equipo reflejadas en los actas de reunión y también del cronometraje directo de las actividades llevadas a cabo por el propio coordinador.

La tabla 24 muestra los datos recolectados por la investigación en este aspecto. Estos datos serán cruzados y contrastados con el resto de casos en la sección 6 referida a analizar los resultados.

Tabla 24. Elección del flujo de valor. Carga de trabajo. Observación.

Número de reuniones del equipo	1
Horas de equipo en reuniones.	2
Responsable del flujo de valor (Horas)	2
Facilitador (Horas)	2
Coordinador (Horas)	20
Guía asesor (Horas)	4
Periodo de maduración (semanas)	2
Desviación respecto a planificación etapa (4 semanas).	0

Por otro lado, el proceso de observación también ha servido para adquirir información relativa al criterio empleado de cara a la selección de las familias a mapear y analizar (ver tabla 25). Siguiendo los criterios definidos por Hyer y Wemmerlöv (2002) recogidos en la tabla 9, *Maier* ha definido cada flujo a mapear en función de la base competitiva de sus productos terminados. En concreto, el mapearse por un lado la subfamilia TSM-1 y por otro la TSM-7 indica que dicha estructuración se basa en los diferentes segmentos de mercado al que va destinada cada subfamilia, mercado de gran volumen y gama baja para el TSM-1 y mercado de menor volumen y mayor gama para el TSM-7. Al quedar clara dicha reestructuración

de partida para diseñar dos sistemas productivos particularizados para cada subfamilia, *Maier* no ha tenido que emplear algoritmo alguno para determinar dichas agrupaciones.

Tabla 25. Elección del flujo de valor. Identificación de familia. Observación.

Criterio empleado en identificación de familias	<i>Base competitiva</i>
Algoritmo empleado	<i>Ninguno</i>

5.4.2. Mapeado de la situación inicial

5.4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA

Por tanto, finalmente se optó por realizar un mapa por cada uno de los modelos de móvil, esto es, un mapa para el TSM-1, y otro para el TSM-7. Esto fue posible debido a que dentro de un mismo modelo de teléfono móvil, los tres componentes principales (*Front*, *Back* y *Battery Cover*) seguían un proceso muy similar, siendo además las demandas y los datos del proceso de producción muy similares.

Las figuras 29 y 30 ilustran los dos mapas iniciales correspondientes.

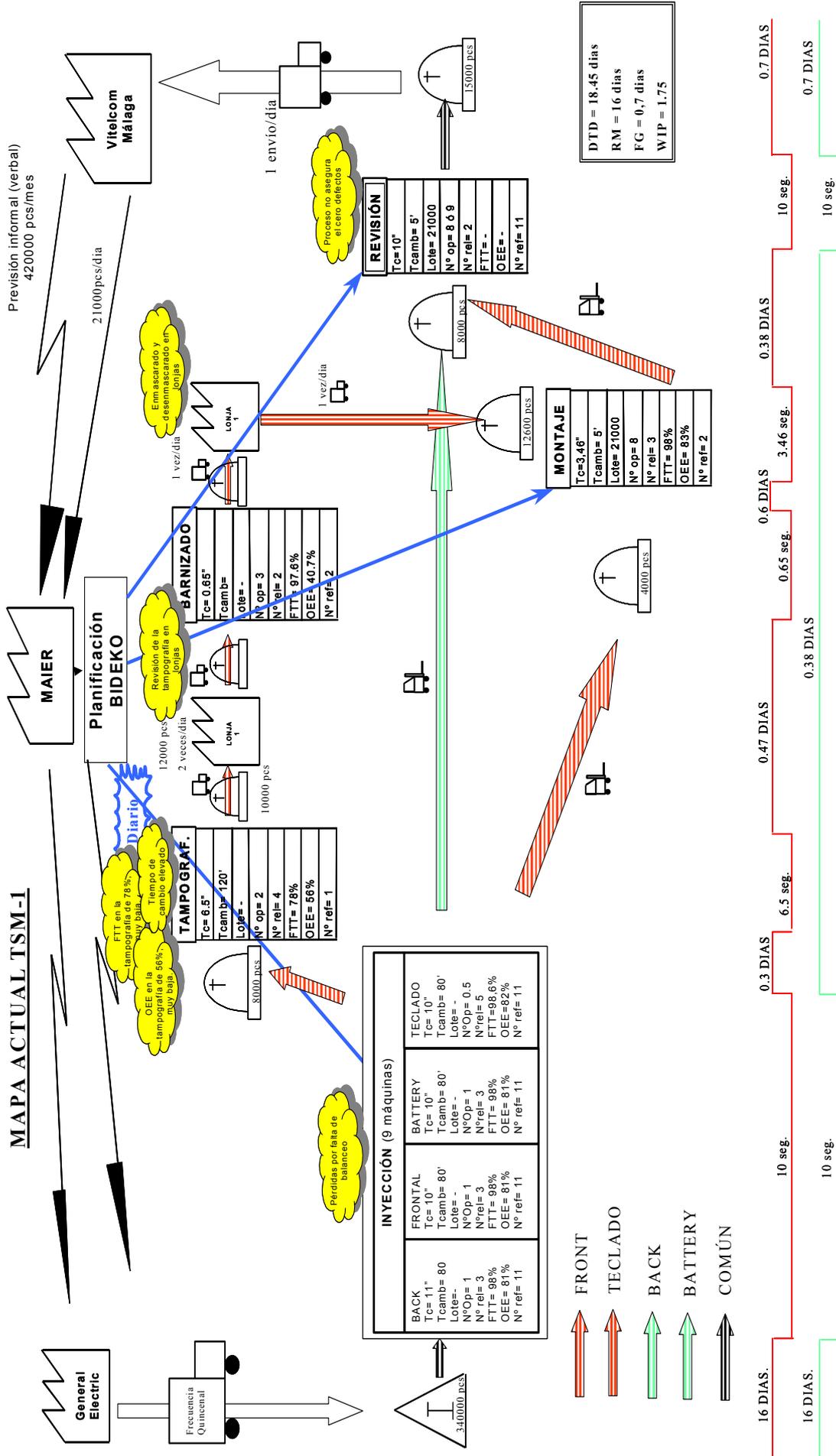


Fig. 29. Mapa inicial Maier: TSM-1 (original en color).

Como características más reseñables de ambos mapas se pueden señalar las siguientes:

Demanda

El cliente transmite unas previsiones de compras mensuales de manera totalmente informal y sin adquirir ningún tipo de compromiso. Mes a mes esta demanda puede variar de manera importante.

La demanda diaria es bastante uniforme en cuanto a volumen total de piezas, pero no de cada referencia. Los pedidos se realizan diariamente y *Maier* no conoce hasta un día antes las referencias y cantidades que debe enviar desde su stock de producto terminado al cliente.

Sistema físico

Como antes se ha comentado, la mayoría de los procesos son de alguna manera compartidos entre las diferentes familias de teléfonos móviles o entre productos de otras líneas de negocio.

Las nueve máquinas de inyección de plástico se emplean para las dos familias de telefonía y otro tipo de piecero de poco volumen. Las nueve máquinas inyectan indistintamente cualquier referencia. Por otro lado, hay que decir que en algunos casos que no se reflejan en el mapa, también se subcontrata esta operación al exterior.

La instalación de pintura no sólo es compartida con el negocio de Automoción (*Margolatxu*), sino que la gestión de ésta depende del último negocio mencionado.

La zona de revisión se dedica a inspeccionar el 100% de las piezas de las dos familias que llegan.

Las instalaciones de tampografiado, barnizado y montaje están específicamente dedicadas a las diferentes piezas de las dos familias objeto de estudio.

También hay que destacar la subcontratación a lonjas de diversas operaciones de poco valor añadido que suponen un retraso del periodo de maduración y una discontinuidad del flujo.

Al disponer de recursos compartidos, la distancia entre los diferentes centros operativos hace que se tenga que trabajar en base a lotes de transferencia importantes que hacen que se acumule stock en curso a lo largo del proceso logístico y se ralentice el flujo.

Sistema de información

Un breve análisis del sistema de programación indica la complejidad del mismo. Además de programarse casi todos los puntos del sistema productivo (inyección, pintura, montajes, revisión y lonjas), el hecho de que personas diferentes planifiquen estos puntos complica mucho el sistema. A todo esto, hay que añadir que la operación de pintado de los móviles se realiza en una instalación de pintura que pertenece a otro negocio, subordinando la planificación de Telefonía a la liberación de capacidad de pintura por parte del negocio responsable.

Indicadores empleados

En los mapas se pueden observar iniciales de palabras referentes a indicadores empleados habitualmente por *Maier* y cuantificados para el mapeado del sistema productivo de las dos subfamilias de teléfonos

FTT (*First Time Through Capability*): Tasa de calidad, indica el porcentaje de piezas que salen bien a la primera, sin tener que ser sometidas a ningún tipo de retrabajo o reparación.

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Este indicador se refiere a la eficiencia general de cada equipo. Se calcula a partir del producto de tres parámetros: disponibilidad, rendimiento y tasa de calidad (FTT).

DTD (Dock To Dock Time): Es el tiempo que transcurre de puerta a puerta, esto es, desde que la materia prima llega al almacén hasta que el producto terminado se encuentra en el muelle de expediciones. Es el mismo termino que el empleado como periodo de maduración fabril.

RM (Raw Material): Inventario de materia prima (medido en días).

WIP (Work In Process): Inventario en curso (medido en días).

FG (Finished Goods): Inventario de producto terminado (días).

Tal y como se puede observar en ambos mapas, para un contenido de trabajo por pieza de bastante menos de un minuto, el tiempo de permanencia en el sistema ronda los 20 días sumando los aproximadamente 16 días de materia prima. Asimismo se midió la mayor distancia recorrida por una pieza, dando como resultado 3160 metros de recorrido medio.

El objetivo de mejora aprobado por el equipo para el rediseño ha sido la reducción y fijación del periodo de maduración fabril de los 3 o 4 días iniciales a 2 días, siempre descontando los 16 días de materia prima.

5.4.2.2. ANÁLISIS DE DATOS

La observación del proceso de creación de los dos mapas iniciales resultó en la adquisición de la siguiente información.

Por un lado la contabilización de la carga de trabajo asumida por cada miembro del equipo en el proceso así como la duración temporal del mismo y la desviación respecto a la planificación ideada (ver tabla 26). Aunque los resultados son analizados en la siguiente sección número 6, se puede observar la labor importante asumida por el coordinador del equipo.

Tabla 26. Creación del mapa inicial. Carga de trabajo. Observación.

Número de reuniones del equipo	1
Horas de equipo en reuniones.	1
Responsable del flujo de valor (Horas)	1
Facilitador (Horas)	2
Coordinador (Horas)	40
Guía asesor (Horas)	2
Periodo de maduración (semanas)	2
Desviación planificación (8 semanas).	0

El proceso de creación del mapa inicial estuvo de alguna manera apoyado por Sistemas de Información centralizados de la empresa. De hecho, los datos de la demanda del mercado fueron consultados a través del mismo soporte; aunque tanto los datos de los procesos fabriles como la contabilización del inventario tuvieron que realizarse en base a visitas directas a planta, lo que supuso la principal razón de la gran carga de trabajo del coordinador. Por otro lado, el tratamiento y síntesis de la gran cantidad de datos adquirida tuvo que llevarse a cabo con la ayuda informática de las hojas de cálculo (ver tabla 27).

Tabla 27. Creación del mapa inicial. Empleo de fuentes de datos y herramientas adicionales. Observación.

Sistemas de Información.	
-Requerimientos del mercado	Sí
-Datos de procesos	No
-Datos de inventarios	No
Herramientas adicionales.	Hoja de cálculo

La información obtenida a partir de la observación directa del proceso fue posteriormente completada y contrastada con la entrevista realizada en la etapa número 3 referente a evaluar todo el proceso de aplicación del VSM. La tabla 28 muestra las impresiones del equipo en cuanto al desarrollo del mapa inicial. Por un lado la necesidad de apoyo de diferentes fuentes de información y por otro consideraciones sobre la dificultad de realizar el mapa inicial en cuanto a diferentes aspectos.

Tabla 28. Creación del mapa inicial. Entrevista final.

Necesidad de Sistemas de Información	Para demanda de clientes
Necesidad de datos in situ	Necesario
Grado de dificultad (1, 3, 9)	
-Adecuación gráfica de iconos	1
-Tratamiento de datos en hojas de cálculo	1
-Necesidad de herramientas adicionales	1
-Otros	

5.4.3. Mapeado de la situación futura

5.4.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA

Los dos mapas que se idearon para el futuro se muestran a en las figuras 31 y 32.

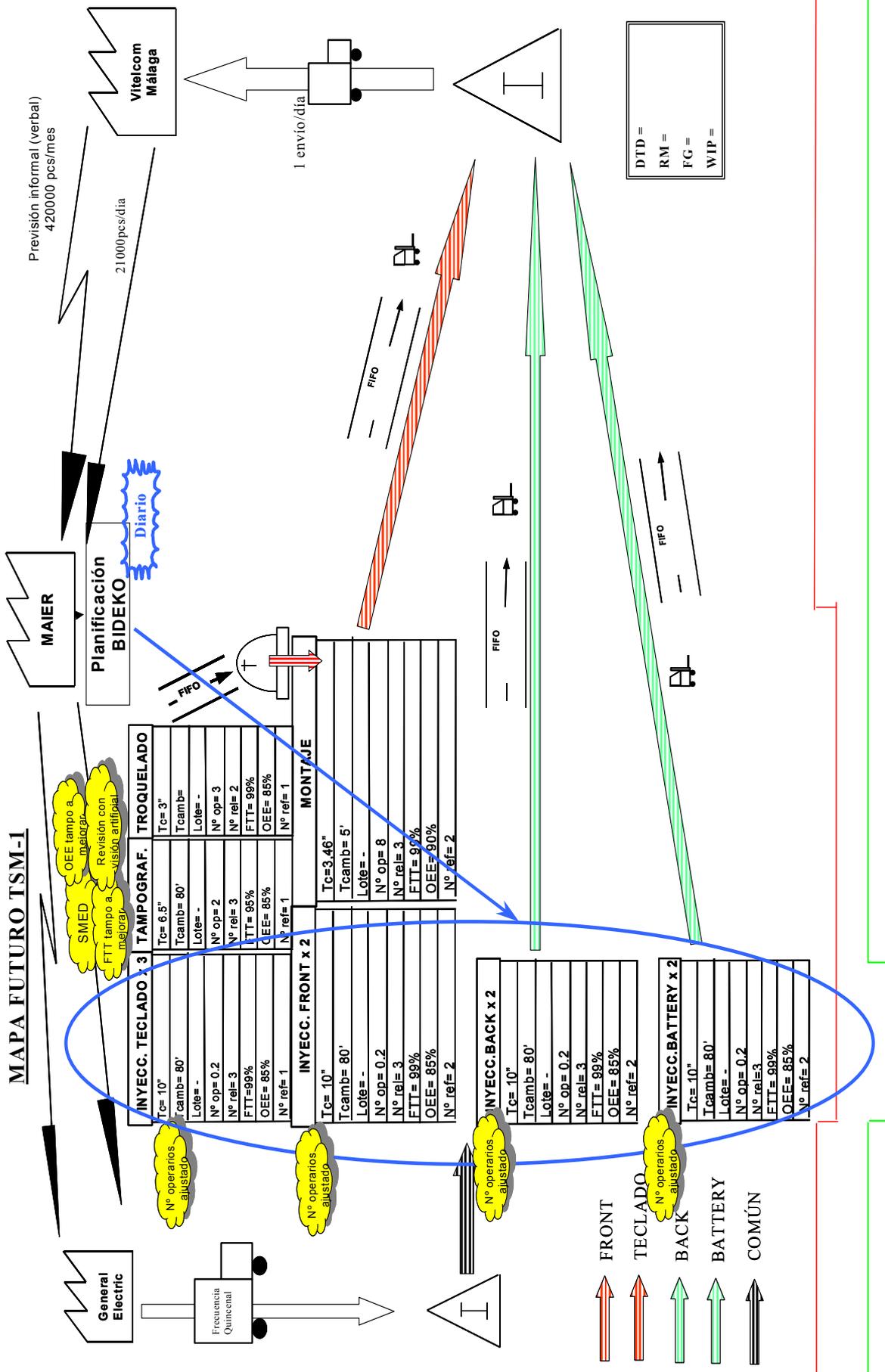


Fig. 31. Mapa futuro Maier. TSM-1 (original en color).

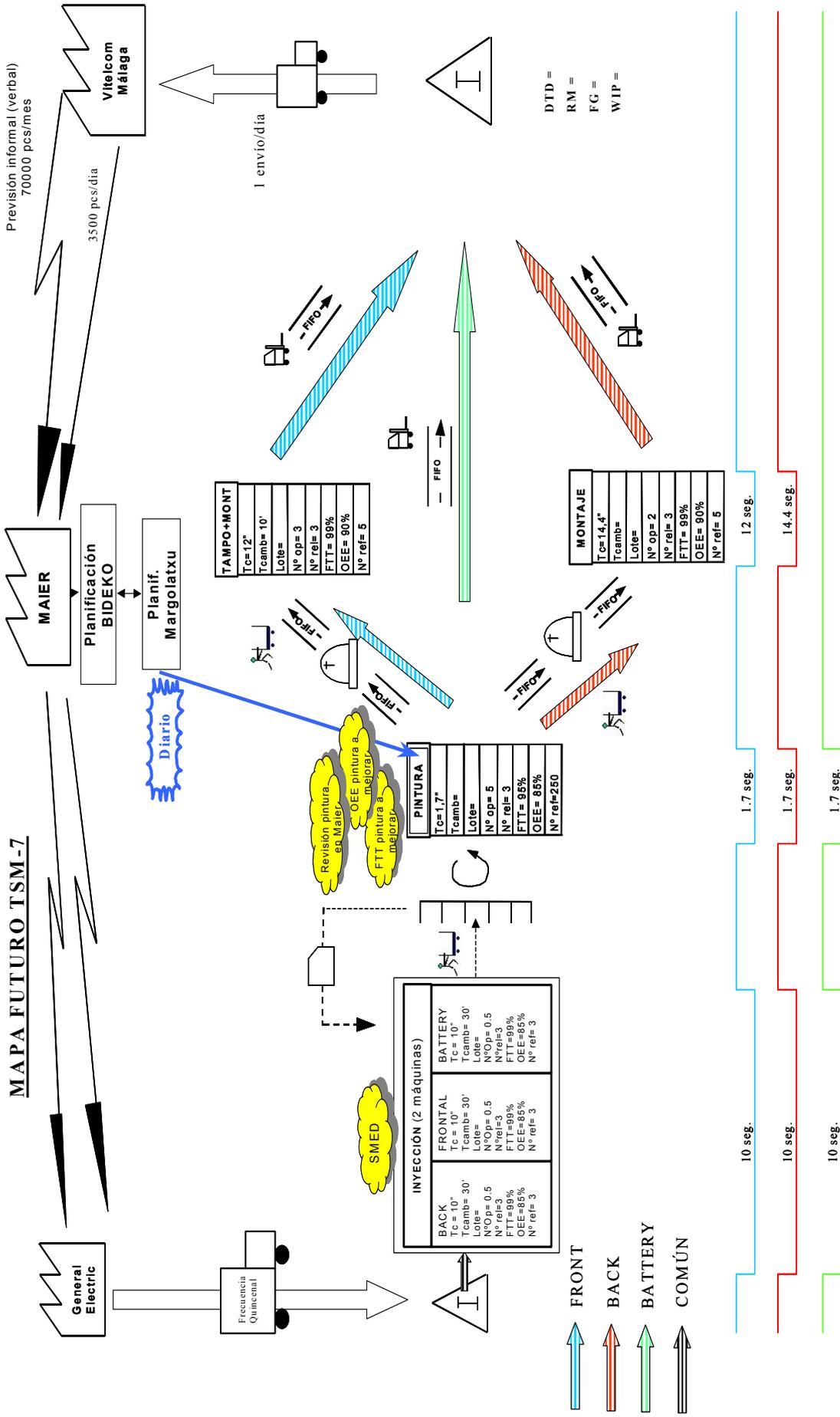


Fig. 32. Mapa futuro Maier. TSM-7 (original en color)

Para exponer las propiedades de cada uno de ellos, se emplearán las guías de actuación *lean* aportadas por el VSM.

1.- Cálculo del takt time

El *takt time* ha de servir de referencia para dimensionar los recursos productivos de cada subfamilia y marcar todo el ritmo productivo.

El *takt time* para el teléfono TSM-1 es de unos 4 segundos por unidad, mientras que para el TSM-7 viene a ser de unos 20 segundos, debido a la menor demanda del mismo. De todos modos, en un plazo medio de tiempo se espera duplicar la demanda de TSM-7 con lo que el *takt time* deberá bajar a 10 segundos, tiempo que será fijado como referencia definitiva.

2.- Flujo continuo

Un estudio carga-capacidad de las 9 máquinas de inyección permite la asignación de las diferentes máquinas a cada una de las dos subfamilias. En este punto, se decide no subcontratar operaciones de inyección al exterior, resultando en la necesidad de invertir en dos máquinas más.

Como resumen del análisis, 9 máquinas se dedicarán a inyectar diferentes piezas del TSM-1. En concreto, 3 máquinas al teclado, 2 máquinas al frontal, 2 a la cubierta trasera y las 2 últimas a la cubierta de la batería. Por otro lado, otras dos máquinas se dedicarán a inyectar indistintamente todos los componentes del TSM-7. Esta asignación permite poder rediseñar la distribución en planta y acercar los puestos de tampografiado y troquelado (este último anteriormente realizado en lonjas externas) a las máquinas inyectoras del teclado TSM-1, para así poder aproximarse a un flujo continuo. La misma idea sirve para el puesto de montaje de frontales de TSM-1.

Otra decisión importante en este punto es interiorizar las operaciones de poco valor añadido que se realizan en lonjas externas, tratando en algunos casos de automatizar dichos procesos. Este plan de automatización también se llevará a cabo

con la inspección 100% de las piezas, la solución provendrá de adquirir puestos de visión artificial acoplables a las diferentes líneas de piezas.

Estos planes son los que apoyarán en mayor medida el alcanzar el objetivo de reducir y fijar el periodo de maduración fabril a los 2 días previamente definidos.

3.- Sistemas pull

Se pretende crear un único sistema *pull* de supermercado entre la instalación de pintura e inyección para el TSM-7.

Por otro lado, el resto de sistemas *pull* a implantarán serán de tipo secuencial o basados en líneas FIFO. Siempre aguas abajo del proceso regulador.

El diseño exacto de las líneas FIFO y del panel *kanban* no se ha efectuado a este nivel pero se ve como muy factible.

4.- Proceso regulador

Los procesos reguladores de ambas subfamilias estarán situados en los respectivos cuellos de botella o limitaciones del sistema: inyección para el TSM-1 y pintura para el TSM-7. Por tanto, se planificará únicamente el cuello de botella con el programa que le resulte el más adecuado para maximizar el *throughput* del sistema, tal y como aboga la TOC.

A partir de estos puntos aguas abajo se fijarán las anteriormente mencionadas líneas FIFO, así como aguas arriba los sistemas *pull* de supermercado.

5.- Nivelación de la producción

En este caso, el *mix* productivo provendrá del programa óptimo para el cuello de botella, no de una maximización de preparaciones.

El volumen de producción seguirá siendo diario. No encajan en principio ideas como el *pitch* o el panel *heijunka*.

6.- Mejora de eficiencias

No se han fijado planes a corto plazo para la mejora de las eficiencias, pero se ve clara la futura aplicación de métodos de reducción de tiempos de cambio tanto en las inyectoras como en los puestos de tampografiado. En este último puesto también se requiere de un plan centrado en la mejora de la eficiencia global u OEE.

5.4.3.2. ANÁLISIS DE DATOS

En lo que respecta a la toma de datos provenientes de la investigación, la tabla 29 expone los resultados de referentes a la carga de trabajo obtenidos a partir de la observación. Se puede observar como ésta se encuentra más repartida entre los miembros del equipo por haber tenido que trabajar en reuniones conjuntas de cara a idear el mapa futuro.

Tabla 29. Creación del mapa futuro. Carga de trabajo. Observación.

Número de reuniones del equipo	2
Horas de equipo en reuniones.	4
Responsable del flujo de valor (Horas)	4
Facilitador (Horas)	4
Coordinador (Horas)	8
Guía asesor (Horas)	2
Periodo de maduración (semanas)	3
Desviación planificación (8 semanas).	0

La observación del proceso y el estudio de los mapas futuros también da información sobre la aplicación de los diferentes conceptos *lean* que aboga la teoría VSM, así como sobre la aplicación de conceptos y herramientas no propugnadas directamente por el mismo modelo (ver tabla 30). Tal y como posteriormente se analizará en la sección 6 relativa a los resultados, *Maier* es un caso en el que se han aplicado numerosos conceptos *lean*, a pesar de que elementos como los sistemas *heijunka* y la nivelación del volumen de la producción no han sido contemplados. Por otro lado, también hay que destacar el empleo de conceptos relacionados con la teoría de las limitaciones (TOC) así como la asignación de maquinaria a diversas subfamilias de producto en un entorno funcional en base al estudio carga-capacidad.

Tabla 30. Creación del mapa futuro. Aplicación de conceptos lean. Observación.

Takt time	Sí
Flujo continuo	Sí
Sistema pull supermercado	Sí
Sistema pull secuencial (FIFO)	Sí
Elección del proceso regulador	Sí
Nivelación de la producción-mix.	Sí
Nivelación de la producción-volumen.	No
Empleo de heijunka	No
Otros conceptos (no lean)	TOC-DBR. Asignación carga-capacidad

La entrevista final (ver tabla 31) expone las impresiones del equipo en cuanto al salto cualitativo que supone el mapa futuro para *Maier*. La apuesta de la empresa en este sentido se muestra como ambiciosa.

Tabla 31. Creación del mapa futuro. Entrevista final.

Salto cualitativo 1-5	4
Razón del salto	Sistema productivo orientado a producto
Por qué no un mayor grado de ambición	Situación económica
Necesidad de una vía intermedia	No
Necesidad de simulación	No

5.4.4. Definición del plan de trabajo

5.4.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA

En base al análisis del mapa futuro, se despliega un plan de mejora para los próximos meses encaminado al nuevo diseño definido en el mapa futuro y orientado al objetivo de reducir y fijar el periodo de maduración fabril en 2 días. Dicho plan se ilustra en la figura 33.

Los planes de mejora se pueden estructurar en tres apartados:

Diseño final del sistema productivo

Se trata de finalizar con los cálculos numéricos dedicados al panel *kanban*, líneas FIFO, lotes de transferencia, etc.

Por otro lado, hay que desarrollar un diseño a detalle de la nueva distribución en planta que irá destinada al pabellón número 3.

Industrialización

Sobre todo se trata del acondicionamiento físico del pabellón, dicho trabajo será en un principio encargado a una empresa de ingeniería. Asimismo, habrá de ponerse en marcha la adquisición de la nueva maquinaria proyectada para el nuevo sistema productivo.

Mejora Continua

Una vez se ponga en marcha el nuevo sistema productivo, deberá iniciarse una dinámica de mejora continua, sobre todo orientada a aumentar las eficiencias de lo diferentes medios productivos antes mencionados.

PLAN ANUAL DE LA CADENA DE VALOR.																
Fecha:	Programa mensual															
	Director	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Val. Stream Mgr:	Objetivo	Meta (cuantificable)														
Objetivos familia	Loop	Firmas.														
		Director	Sindicato		Ingeniería		Mto.						Revisión			
		Rble.	Dptm implicado		Revisor		Fecha									
	Diseño final del Sistema Productivo	Aitor Zazón														
	Industria lización	Aitor Zazón														
	Mejora Continua	Aitor Zazón														

Familia de productos: TSM-1 y TSM-7

Fig. 33. Plan anual de la cadena de valor Maier.

En la tabla 32 se observa la carga de trabajo que ha supuesto la definición del plan de trabajo; como se puede ver, una vez ideado el mapa futuro la planificación de las diferentes acciones a llevar a cabo no ha supuesto excesivo esfuerzo.

Tabla 32. Definición del plan de trabajo. Carga de trabajo. Observación.

Número de reuniones del equipo	1
Horas de equipo en reuniones.	1
Responsable del flujo de valor (Horas)	1
Facilitador (Horas)	4
Coordinador (Horas)	8
Guía asesor (Horas)	1
Periodo de maduración (semanas)	1
Desviación planificación (4 semanas).	0

La entrevista final también persigue información sobre los criterios de ordenamiento de las diferentes actividades a desarrollar para conseguir el mapa futuro (ver tabla 33). El equipo aboga por mejorar primero aspectos relacionados con el despilfarro estructural del sistema.

Tabla 33. Definición del plan de trabajo. Entrevista final.

Razón del ordenamiento de loops	Atacar despilfarro estructural
--	--------------------------------

5.4.5. Implantación del plan de trabajo

5.4.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA

A los seis meses de la definición del plan se realiza la primera revisión (ver figura 34).

En síntesis, se puede observar como los cálculos referentes a ultimar los detalles del diseño del nuevo entorno ya han sido finalizados, el trabajo de las lonjas ya ha sido traído a *Maier* y se ha realizado el primer contacto con la Ingeniería.

El principal obstáculo ha venido de la situación económica que ha frenado en cierta forma las inversiones proyectadas para el nuevo sistema. Se espera que en cuanto los resultados mejoren se pueda proseguir con el proyecto encaminado a implantar el nuevo diseño y a reducir y fijar el periodo de maduración fabril en dos días.

Fecha:		Enero 2005		REVISIÓN DEL FLUJO DE VALOR.				Firmas.	
Director:									
Val. Stream Mgr:		Jesús Beltrán							
Objetivo a nivel de planta		Loop		Objetivo cuantificable		Condiciones de progreso		Evaluación	
				Cálculos a detalle de Kanban...				100%	
				Diseño a detalle de la dst. En planta.				100%	
				Interiorizar operaciones de lonjas.				100%	
				Contactar con Ingeriería.				100%	
				Acondicionamiento pabellón.				0%	
				Adquisición de nueva maquinaria				0%	
				O: Éxito A: limitado X: Fracaso				Familia de productos: TSM-1-TSM-7	
								Ideas para objetivos del año próximo	

Fig. 34. Revisión del flujo de valor Maier.

5.4.5.2. ANÁLISIS DE DATOS

La tabla 34 expone los resultados provenientes de la combinación de, por un lado, la observación del proceso mediante la visita a planta realizada para corroborar los resultados alcanzados, y por otro, de la entrevista al equipo tras los citados seis meses de implantación. Si bien los resultados no se pueden considerar excelentes por el freno de las inversiones, un alto porcentaje de acciones han sido llevadas adelante y el convencimiento del equipo de cara al camino abordado es claro.

Tabla 34. Implantación del plan de trabajo. Observación y entrevista final.

Porcentaje de planes cumplidos	66%
Porcentaje de cumplimiento de cada proyecto	66% pr: 100% 33% pr: 0%
Desviación respecto a planning en meses	3 meses
Razón de la desviación	Situación económica empresa
Medición de indicadores de mejora	No
Grado de mejora	No
Satisfacción con el proceso de implantación	2
Nº de descargos ante la Dirección	1
Intenciones futuras	Continuar en cuanto haya posibilidades de inversión.

5.5. ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO MAIER.

Como conclusiones del estudio podrían destacarse los siguientes aspectos: Empresa con un perfil de partida muy ajustado, tanto en los sistemas productivos de las líneas de producto maduras como en la cultura de trabajo de la organización.

El negocio de Telefonía se muestra como un punto de mejora claro por la importancia en volumen de producción que ha ido adquiriendo a lo largo de los últimos años.

El equipo ha demostrado un dominio sobre la técnica y el proceso ha podido desarrollarse con celeridad. Para el mapeado se ha tenido que valer de herramientas como hojas de cálculo, así como de Sistemas de Información como fuentes de datos de complemento a las visitas a planta.

En cuanto al mapa futuro, cabe subrayar el aspecto de haber decidido programar el cuello de botella según los preceptos de la TOC y la interesante herramienta que no cita el VSM de asignar máquinas a diferentes tipos de productos en base a un sencillo estudio carga-capacidad para facilitar tanto el flujo continuo como la posterior implantación de líneas FIFO.

Por otro lado, el nivelado del volumen de la producción no ha querido abordarse por parte del equipo. Lo cual demuestra que aunque se implante el mapa futuro también habrá todavía grandes oportunidades de mejora.

El lanzamiento y ejecución de planes de mejora se ha visto obstaculizado por factores ajenos al negocio de Telefonía, no obstante, se han finalizado bastantes de las acciones definidas.

En cuanto a la carga de trabajo, la tabla 35 resume los datos obtenidos a partir de la observación de cada etapa del proceso. La etapa más costosa ha sido la creación del mapa inicial, la labor más pesada ha sido llevada a cabo por el coordinador y el periodo total de maduración ha sido superior a dos meses.

Tabla 35. Resumen VSM. Carga de trabajo. Observación.

Número de reuniones del equipo	5
Horas de equipo en reuniones.	8
Responsable del flujo de valor (Horas)	6
Facilitador (Horas)	12
Coordinador (Horas)	76
Guía asesor (Horas)	9
Periodo de maduración (semanas)	10
Desviación respecto planificación (12semanas).	0
Etapa más costosa	Mapa Actual

La tabla 36 contrasta el esfuerzo analizado cuantitativamente con las impresiones del equipo que apuntan también al desarrollo del mapa inicial debido al trabajo que ha supuesto la toma de datos del proceso (ver tabla 36).

Tabla 36. Resumen VSM. Valoración de esfuerzo. Entrevista final.

Puntuar mayor esfuerzo 1-3-9	
1.- Elección familia	3
2.- Creación mapa inicial	9
3.- Creación mapa futuro	3
4. Definición planes de mejora	1
Razón de dureza	Toma de datos

La entrevista final también ha servido para detectar por parte del equipo implantador las conclusiones obtenidas a partir del empleo del VSM. La calificación global obtenida por el VSM como técnica para el rediseño de sistemas productivos ha sido excelente (ver tabla 37), y como principales fortalezas el equipo cita las ventajas que supone el mostrar claramente el despilfarro, el empleo de un lenguaje estandarizado y el *corpus* que adquieren las técnicas *lean* en base al VSM (ver tabla 38).

Tabla 37. Calificación VSM. Entrevista final.

Calificación VSM (1-5)	5
-------------------------------	---

Tabla 38. Fortalezas VSM. Entrevista final.

Fortalezas (nombrar 3)	
<i>Ayuda a visualizar todo el flujo de principio a fin.</i>	
<i>Muestra el despilfarro y sus fuentes.</i>	X
<i>Proporciona un lenguaje común</i>	X
<i>Fuerza a que las decisiones sobre el flujo se visualicen y se puedan discutir</i>	
<i>Une los conceptos y las técnicas lean en un único enfoque sistémico</i>	X
<i>Sirve de base para un plan de implantación</i>	
<i>Muestra la unión entre los flujos de material y de información</i>	
<i>Posee una mayor utilidad que las herramientas puramente cuantitativas</i>	

Como debilidades de la técnica se nombran las tres siguientes: la falta de formación en conceptos *lean* por parte del personal de la empresa, la necesidad de tener que involucrar a la dirección y por último la dedicación que exige su empleo adecuado (ver tabla 39).

Tabla 39. Debilidades VSM. Entrevista final.

Debilidades (nombrar 3)	
<i>Complementariedad con otras herramientas gráficas</i>	
<i>Complementariedad con otros conceptos teóricos</i>	
<i>Extender formación en la empresa sobre conceptos lean y VSM</i>	X
<i>Involucración de la Dirección</i>	X
<i>Tiempo y responsabilidades para el equipo</i>	X
<i>Excesivo nº de datos</i>	
<i>Mayor adecuación a la tipología de planta</i>	
<i>No resulta fácil la simplificación de la información en un mapa gráfico</i>	
<i>Problemas de dibujo spaghetti</i>	

A modo de pregunta abierta de la entrevista final enfocada a que el equipo exponga su impresión general, éste se muestra muy satisfecho del empleo de la técnica y la considera muy útil para posteriores rediseños del sistema productivo (ver tabla 40).

Tabla 40. Observaciones finales. Entrevista final.

Otras observaciones	Muy útil
---------------------	----------

5.6. RESUMEN

La dedicación de la presente sección 5 ha estado orientada a exponer en detalle el desarrollo de la investigación en uno de los seis casos prácticos abordados, en concreto la aplicación del VSM en *Maier S. Coop.* Por un lado se ha tratado de mostrar la caracterización del problema y campo abarcado por cada una de las sucesivas etapas de la aplicación del VSM; por otro, el método investigador seguido en el estudio del caso y en la adquisición de datos; y por último, la exposición y análisis particularizado de los resultados obtenidos dentro del propio caso.

El lector puede acceder a la sección C de los anexos para analizar el desarrollo del resto de casos de aplicación.

La sección 6 relativa a contrastar y a analizar los resultados obtenidos en los seis casos de manera cruzada, asienta las bases para obtener las conclusiones derivadas de todo el programa de investigación llevado a cabo y presentadas en la última sección número 7.

6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. INTRODUCCIÓN

Esta sección expone los resultados obtenidos en cada una de las tres etapas de la investigación. Concretamente, se trata de la información relevante obtenida a partir de los métodos de recogida de datos determinados:

1. Entrevista telefónica de validación de casos.
2. Entrevista de definición de equipos.
3. Observación del proceso.
4. Entrevista final de evaluación.

Por tanto, dichos resultados se derivan del análisis, tratamiento y síntesis de los datos recogidos por medio de los formularios mostrados en el anexo B al llevar a cabo la ejecución de cada aplicación.

Los diferentes apartados de la presente sección se estructuran siguiendo el orden cronológico de las tres etapas de investigación; salvo en los casos de la observación y entrevista final de evaluación, en los que los resultados se muestran agrupados para favorecer el contraste de ambas fuentes de información y tratar de lograr la triangulación.

En cuanto a la presentación de los resultados de cada apartado, estos se revelan sintetizados en tablas estructuradas con el fin de facilitar la lectura, contraste y comparación de los diferentes casos de empresas, así como para mostrar ciertos indicadores estadísticos prácticos como medias aritméticas, modas y rangos, con el

objeto de generalizar los resultados particulares y no con el de desarrollar un análisis estadístico exhaustivo, fuera del objeto de estudio.

Junto con la exposición de las tablas, se explican y analizan con detalle los resultados obtenidos. La siguiente y última sección 6 de la disertación es la relativa a exponer las conclusiones más relevantes del estudio, así como de exponer la contribución realizada y marcar las líneas futuras de investigación.

6.2. VALIDACIÓN DE CASOS

La siguiente tabla 41 expone los datos relevantes que demuestran la gran variedad y diversidad de empresas seleccionadas para el proyecto de investigación. Esta información proviene tanto de los documentos relacionados con la solicitud de los proyectos como de la primera entrevista realizada telefónicamente con el interlocutor correspondiente de cada caso.

Se puede observar que son empresas dedicadas a muy diversas actividades, con procesos de fabricación y tipología productiva (configuración producto-proceso y distribución en planta) diferentes, así como diferente grado en implantación de proyectos *lean* y con diversidad de problemáticas productivas. Sin embargo, todas ellas se dedican a la fabricación de piezas en serie, campo objeto del estudio.

Tabla 41. Validación de casos. Entrevista telefónica.

Empresa	Actividad	Descripción del proyecto	Nº op línea	Línea de negocio	Procesos	Config. Pdto-Prcto (IVAT) ⁶	Nº ref familia	Tipo dst. en planta	Contra stock Bajo pedido	Nivel lean ⁷
AKL	Mobiliario kit.	Racionalización del sistema productivo	70	Estanterías	Mecanizado, tinte, barnizado, retracilado	V	500	Funcional	Contra stock	1
Geyser	Calentadores de gas.	Optimización de la distribución en planta	40	Calentadores de 5 litros	Fabricación cuerpo caldeo, montaje válvulas, ensamblado	AT	92	Producto	Contra stock	4
CIE	Forja de piezas para el sector automoción.	Mejora del proceso pedido entrega de matriceria	40	Estampas para forja UP5.	Mecanizado, electroerosión.	A	10	Funcional	Bajo pedido	2
Maier	Transformación de piezas termoplásticas	Rediseño del sistema de producción de piezas inyectadas bajo la filosofía de la Producción Ajustada.	80	Telefonía. TSM1 y 7	Inyección, pintura, cromado, montaje.	V	20	Funcional	Contra stock	3
UEB.	Sistemas de iniciación.	Rediseño del sistema productivo en líneas de cordón y detonadores	100	Detonadores eléctricos.	Extrusión, carga y armado	AT	1600	Funcional	Bajo pedido	3
XYZ	Componentes de automoción.	Diagnóstico y mejora del sistema productivo en el mecanizado de bloque de distribución.	100	Bloque de dst de bombas de agua y aceite	Inyección, mecanizado, montaje	T	150	Producto	Bajo pedido	3
Media										
2,66										
Rango										
1-4										

⁶ La configuración producto-proceso está basada en la estructura IVAT descrita por Hines et al. (1997).

⁷ El nivel lean es una calificación global basada en otros indicadores de la empresa (ver formulario en el anexo B).

6.3. PERFIL DE LOS EQUIPOS FORMADOS

La presente información proviene de la entrevista realizada al equipo creado para el desarrollo del VSM (ver desde tabla 42 a tabla 47). Esta entrevista se efectuó una vez impartida la formación referente a la Producción Ajustada y al VSM. Las tablas no reflejan las figuras del coordinador ni del guía asesor por ser miembros con un perfil predefinido.

Tabla 42. Perfil de equipo AKL. Entrevista definición de equipo.

Empresa AKL		Criterio para inversiones: Mejora significativa a nivel de desempeño productivo (no necesariamente económico).				
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
Rble. del flujo de valor.	Director Industrial	Formación Profesional	15	No	2	3
Facilitador	Director de Producción	Formación Profesional	20	No	1	2
Miembro extra	Consultor	Ingeniería	20	No	5	5

Tabla 43. Perfil de equipo Geysler. Entrevista definición de equipo.

Empresa Geysler		Criterio para inversiones: Justificación económica. A pesar de los problemas que supone la cuantificación monetaria de resultados.				
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial Lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
Rble. del flujo de valor.	Técnico de procesos	Ingeniería en Organización	4	No	5	5
Facilitador	Técnico de procesos	Ingeniería en Organización	4	No	5	5

Tabla 44. Perfil de equipo CIE. Entrevista definición de equipo.

Empresa CIE	Criterio para inversiones: Mejora significativa a nivel de desempeño productivo (no necesariamente económico).					
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
Rble. del flujo de valor.	Rble Logística área	Ingeniería	7	No	3	4
Facilitador	Rble. Producción área	Formación Profesional	20	No	2	3

Tabla 45. Perfil de equipo Maier. Entrevista definición de equipo.

Empresa Maier	Criterio para inversiones: Mejora significativa a nivel de desempeño productivo (no necesariamente económico)					
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
Rble. del flujo de valor.	Director Sistema Maier de Producción (SMP)	Ingeniería Industrial	20	No	5	5
Facilitador	Técnico en sistemas de producción	Ingeniería industrial en Organización	3	Sí	5	5

Tabla 46. Perfil de equipo UEB. Entrevista definición de equipo.

Empresa UEB	Criterio para inversiones: Justificación económica. A pesar de los problemas que supone la cuantificación monetaria de resultados.					
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
Rble. del flujo de valor.	Director de Producción	Ingeniería	15	No	3	5
Facilitador	Gestor de área	Ingeniería	4	No	3	5

Tabla 47. Perfil de equipo Compañía XYZ. Entrevista definición de equipo.

Empresa XYZ	Criterio para inversiones: Justificación económica. A pesar de los problemas que supone la cuantificación monetaria de resultados.					
Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Responsable de Producción</i>	<i>Ingeniería Técnica</i>	15	No	3	4
<i>Facilitador</i>	<i>Responsable de Producción</i>	<i>Ingeniería Técnica</i>	15	No	3	4

El número de participantes varía de 4 miembros máximo (AKL), a 2 mínimo (Geyser y XYZ) en la que las dos figuras del equipo son asumidas por las mismas personas.

La mayor parte de los miembros están relacionados con puestos de Producción. La empresa Geyser es una excepción, por haber participado personal relacionado con la ingeniería de procesos. Así como la empresa Maier, por ser personal dedicado exclusivamente a la mejora y rediseño de los sistema productivos. Todo el personal parte de cierta experiencia laboral en el mundo empresarial, desde un mínimo de 3 años hasta un máximo de 20. Por tanto, es gran conocedora de la realidad productiva de cada caso particular. No obstante, el nivel inicial de formación en temas relacionados con la Producción Ajustada varia bastante de un caso a otro, dándose cierta correlación entre el nivel *lean* de la empresa y el conocimiento de este enfoque por parte de los miembros de los equipos.

En cuanto a liberación específica para el desarrollo de la aplicación, solamente una persona tiene cierta liberación para el proyecto; es el caso de la empresa Maier, ya que la labor de aplicación se integra dentro de las funciones concretas del puesto.

Si se analiza lo que ha supuesto la formación, por un lado hay que reconocer que sí ha cumplido con una labor de capacitación en cuanto al enfoque de la Producción Ajustada y sobre todo del VSM, técnica desconocida para la mayoría de los participantes, salvo para Maier.

Si bien el personal ha reconocido su interés y convencimiento por los contenidos, no se ha podido constatar un salto cualitativo en estos aspectos por dos razones: Una, a las personas con un punto de partida *lean* alto no hay tanta necesidad de convencerlas, y dos, un único curso de formación tampoco consigue espectaculares cambios paradigmáticos en el convencimiento; sobre todo en personas con un recorrido largo en empresas que, o bien no han aplicado técnicas *lean*, o bien las desconocen aun.

Por otro lado, la formación también ha constatado, que a pesar de que algunos pocos miembros ya conocían la técnica VSM así como algunos de sus aspectos, como los referidos al sistema físico o consecución del flujo continuo, numerosos conceptos, sobre todo referentes al desarrollo de los mapas futuros (*takt time*, nivelación de la producción, elección del proceso regulador, variantes de sistemas *pull*...) son todavía muy desconocidos y por ende, de difícil convencimiento y demostración.

Por último, y tal y como se puede ver en las tablas, El 50 % de las empresas requiere de una justificación económica para llevar a cabo la implantación posterior del proyecto mientras que el restante 50% exige mejoras significativas a nivel productivo. Esto demuestra y corrobora la constatación de que en las empresas todavía prima de manera importante el análisis económico financiero tradicional frente al valor de los indicadores de tipo productivo empleados por la Producción Ajustada (Marchwinski, 2004).

6.4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA VSM

Tal y como se ha comentado en la introducción, este apartado se dedica a presentar de manera agrupada los resultados provenientes tanto de la observación de cada una de las cinco etapas de aplicación del VSM, como de la entrevista final realizada en la tercera y última etapa de la investigación estructurada en base a dichas etapas de aplicación del VSM.

6.4.1. Elección del flujo de valor

Los resultados expuestos en esta etapa corresponden por entero a la observación del proceso.

6.4.1.1. CARGA DE TRABAJO

En la tabla 48 se observa una gran variabilidad en las cargas de trabajo sobre todo en cuanto al coordinador se refiere. La elección de la familia de productos a mapear no ha resultado sencilla en algunos casos. Ha habido que hacer varios intentos en la elección para simplificar al máximo el mapa sin perder utilidad de cara al estudio futuro.

Los problemas han venido sobre todo de la necesidad de desagrupar o agrupar en varios o en un sólo mapa los diferentes componentes importantes de los productos a mapear. Cuando el producto consta de dos o más componentes importantes y cuando estos componentes siguen rutas diferentes pero compartiendo medios productivos, el enfoque que va adquirir el mapa requiere de un estudio previo. Este análisis habrá de detallar cuales son los productos o componentes definitivos seleccionados y la configuración macro del mapa.

Tabla 48. Elección del flujo de valor. Carga de trabajo. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Número de reuniones del equipo	1	1	2	1	1	1	1,16	1-2
Horas de equipo en reuniones.	2	2	6	2	2	1	2,5	1-6
Responsable del flujo de valor (Horas)	2	2	2	2	2	1	1,8	1-2
Facilitador (Horas)	4	0	0	2	2		1,33	0-4
Coordinador (Horas)	12	2	10	20	2	3	8,16	2-20
Guía asesor (Horas)	4	2	6	4	2	1	3,16	1-6
Consultor	4						4	0-4
Periodo de maduración (semanas)	2	1	3	2	1	1	1,66	1-3
Desviación respecto a planificación etapa (4 semanas).	0	0	0	0	0	0	0	0

6.4.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA FAMILIA

En ningún caso se ha empleado algoritmo alguno para definir familias. Todas las empresas las tenían lo suficientemente identificadas (ver tabla 49). En algún caso como en *Maier*, ha costado cierto tiempo la determinación de subfamilias de productos, ya que no estaba claro en los inicios del proyectos si dedicar un sistema productivo completo para todos los tipos de producto de la familia o crear uno más particularizado para cada subfamilia, decisión adoptada finalmente.

Tabla 49. Elección del flujo de valor. Identificación de familia. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Criterio empleado en identificación de familias (ver tabla 9)	1 Tipo de producto	9 Características de producto	1 Tipo de producto	7 Base competitiva	1 Tipo de producto	1 Tipo de producto
Algoritmo empleado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno

6.4.2. Creación del mapa inicial

6.4.2.1. CARGA DE TRABAJO

Gran carga de trabajo para el coordinador, responsable de la recolección de datos referentes al mercado y al sistema productivo, en algún caso (*AKL*) ha supuesto hasta 80 horas de trabajo el finalizar el mapa (ver tabla 50).

La toma de datos en planta ha resultado muy pesada sobre todo en los casos donde no ha habido posibilidad de contraste y consulta a Sistemas de Información y el número de variables diferentes que comprendía la familia a mapear era elevado. (número de referencias, consumos de estas, tiempos de operación, tamaños de lotes, etc.).

Tabla 50. Creación del mapa inicial. Carga de trabajo. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Número de reuniones del equipo	4	3	2	1	1	1	2	1-4
Horas de equipo en reuniones.	8	7	9	1	4	4	5,5	1-9
Responsable del flujo de valor (Horas)	2	2	4	1	4	4	2,83	1-4
Facilitador (Horas)	4	5	4	2	4	4	3,83	2-5
Coordinador (Horas)	80	40	30	40	10	8	34,66	8-80
Guía asesor (Horas)	8	8	10	2	4	4	6	2-8
Consultor	8						8	0-8
Periodo de maduración (semanas)	5	3	3	2	1	1	2,5	1-5
Desviación planificación (8 semanas).	0	0	0	0	0	0	0	0

6.4.2.2. EMPLEO DE FUENTES DE DATOS Y HERRAMIENTAS ADICIONALES

En los casos en los que ha habido que contar con un elevado número de datos, se ha requerido de cierto tratamiento de información y depuración de mapas hasta haber dado con la versión definitiva. Para llevar a cabo este refino, en absolutamente todos los casos se ha echado mano de herramientas informáticas como las hojas de cálculo (ver tabla 51). Éstas han ayudado a seleccionar las referencias A de las B y C, y calcular las medias ponderadas y los rangos de los datos del proceso productivo, etc. En definitiva, a focalizar la información verdaderamente relevante en un mapa inicial que no adquiera demasiada complejidad y sirva de punto de partida para el posterior desarrollo del mapa futuro.

Tabla 51. Creación del mapa inicial. Empleo de fuentes de datos y herramientas adicionales. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Sistemas de Información.						
-Requerimientos del mercado	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>
-Datos de procesos	<i>No</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>
-Datos de inventarios	<i>No</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Sí</i>	<i>Sí</i>
Herramientas adicionales.	<i>Hoja de cálculo</i>					

Por tanto, no se puede generalizar la información concerniente a la duración del mapeado provista por ciertos autores al subestimar en muchos casos la complejidad del sistema productivo a tratar, así como las limitaciones en cuanto a disposición y tratamiento de datos.

Estas observaciones se ven reforzadas por la información proveniente de la entrevista final que se resume en la siguiente tabla 52.

Tabla 52. Creación del mapa inicial. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	
Necesidad de SI	<i>Para demanda de clientes</i>	<i>Muy importante</i>	<i>Para demanda de clientes</i>	<i>Para demanda de clientes</i>	<i>Muy importante</i>	<i>Muy importante</i>	
Necesidad de datos in situ	<i>Imprescindible</i>	<i>No ha resultado muy necesaria</i>	<i>Imprescindible</i>	<i>Necesario</i>	<i>No ha sido necesario</i>	<i>No ha sido necesario</i>	
Grado de dificultad (1, 3, 9)							Moda
-Adecuación gráfica de iconos	3	3	1	1	1	1	1
-Tratamiento de datos en hojas de cálculo	9	9	9	1	3	3	9
-Necesidad de herramientas adicionales	1	1	1	1	1	1	1
-Otros							

Todas las organizaciones reconocen en algún grado importante la necesidad de recurrir a los Sistemas de Información (SI) para disponer de datos del proceso y mercado fiables. No es así en cuanto a la recogida de datos en planta, las empresas

que valoran como muy importante la recogida de datos *in situ* en planta son aquellas que, o bien no disponen de información centralizada, o bien ésta no es demasiado fiable. De todos modos, se puede concluir que el mejor resultado provendrá de un contraste inteligente entre ambas fuentes de información.

Los entrevistados, salvo en algún caso, también citan también la importancia que ha adquirido el tener que realizar el tratamiento de los datos mediante vías informáticas.

Por otro lado, no se ha considerado en ningún caso la necesidad de detallar mejor el mapa valiéndose de alguna otra herramienta gráfica, como por ejemplo el diagrama de procesos. En cuanto a la validez de los iconos empleados, si bien hay alguna problemática de planta concreta que no se refleja de la manera adecuada, se han podido desarrollar mapas comprensibles por el equipo, en algunos caso echando mano de iconos o gráficos ajenos al VSM.

6.4.3. Creación del mapa futuro

6.4.3.1. CARGA DE TRABAJO

En cuanto a la creación del mapa futuro, la tabla 53 muestra los resultados obtenidos por cada empresa.

Tabla 53. Creación del mapa futuro. Carga de trabajo. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Número de reuniones del equipo	4	2	2	2	2	1	2,16	1-4
Horas de equipo en reuniones.	8	4	6	4	6	4	5,33	4-8
Responsable del flujo de valor (Horas)	2	4	6	4	6	4	6	2-6
Facilitador (Horas)	8	2	3	4	6	4	4,5	2-8
Coordinador (Horas)	40	20	12	8	12	8	16,6	8-40
Guía asesor (Horas)	8	4	6	2	6	4	5	2-8
Consultor	8						8	0-8
Periodo de maduración (semanas)	2	2	2	3	1	1	1,83	1-3
Desviación planificación (8 semanas).	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se puede observar, la duración de la presente etapa varia bastante de caso a caso, pero se puede afirmar que ésta sobre todo depende de las horas de discusión del equipo. De hecho, la resolución de cada una de las 8 cuestiones previstas secuencialmente por la teoría del VSM, ha supuesto un consumo de tiempo importante, tanto en el análisis de cada tipo de escenario como en el estudio de la factibilidad de llevar a cabo los diferentes proyectos.

En esta etapa, la figura del coordinador es también la que mayor carga de trabajo conlleva. Esto se debe sobre todo a la preparación de las diferentes versiones de mapas futuros en los casos en que se ha requerido dibujar más de un escenario.

De todos modos, al no requerir esfuerzos en recogida de datos, la carga de trabajo puede llegar a ser sustancialmente menor que en la creación del mapa inicial.

6.4.3.2. APLICACIÓN DE CONCEPTOS *LEAN*

Los resultados más significativos de todo el estudio se derivan de la presente tabla 54 concluyente tanto de la observación del proceso de creación del mapa futuro, como del contraste con las respuestas facilitadas por cada equipo en la entrevista.

Tabla 54. Creación del mapa futuro. Aplicación de conceptos *lean*. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Takt time	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Flujo continuo	Sí	Sí	No	Sí	No	No
Sistema pull supermercado	No	No	No	Sí	No	No
Sistema pull secuencial (FIFO)	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Elección del proceso regulador	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Nivelación de la producción-mix.	Sí	Sí	Sí	Sí	Si	Si
Nivelación de la producción-volumen.	No	No	No	No	No	No
Empleo de heijunka	No	No	No	No	No	No
Otros conceptos (no lean)	TOC-DBR. Asignación carga-capacidad.		TOC-DBR. Asignación carga-capacidad. Secuenciación.	TOC-DBR. Asignación carga-capacidad	TOC-DBR. Asignación carga-capacidad. MRP	TOC-DBR. Asignación carga-capacidad.

Como se puede observar, no todos los conceptos o guías de actuación provistos por la teoría del VSM son demandados ni prevista su aplicación en los diferentes casos prácticos. Así, en 5 de los 6 casos también se contempla el empleo de aspectos más relacionados con la TOC, así como la utilidad del estudio carga-capacidad para asignación de referencias a medios productivos. También es de destacar una simulación efectuada en CIE mediante hojas de cálculo para corroborar unas pautas de secuenciación con un gran nivel de detalle.

En el anexo C dedicado a la exposición de cada caso se detalla de forma más pormenorizada el empleo de cada uno de los conceptos, tanto *lean* como no, en las empresas objeto del estudio.

El anexo E, aporta entre otras ideas y como punto de partida para posibles futuras aplicaciones del VSM, un refinamiento de la teoría (*theory refinement*); esto es, un enfoque más detallado y adaptado de las 7 pautas o guías de actuación del VSM fundamentado en lo cultivado en estos casos reales.

Así pues, comenzando por el **takt time**, éste ha sido empleado como referencia de ritmo productivo en todos los casos salvo en la empresa dedicada al mobiliario de madera, por la dificultad que entraña el fijar un ritmo ante tantas referencias y tiempos de procesamiento distintos que fluyen por el sistema productivo.

El **flujo continuo**, es comprendido y valorado por todos los casos pero sólo prevista su aplicación en algún grado por 3 de las 6 empresas. De hecho el flujo continuo requiere de una redistribución en planta, que alguna empresa (UEB) no puede abordar por motivos de seguridad, y las dos restantes ni se la plantean.

Los **sistema pull clásicos o de supermercado** han sido sólo aprobados por *Maier*, y siempre con cierta cautela y como proyecto a demostrar por vías de prueba-error y en entornos donde verdaderamente se cumplen los condicionantes con un factor de seguridad alto. Lo cual indica, que aún hoy en día, y a pesar de la divulgación continuada de estos sistemas de tirón, su implantación es muy limitada y ni siquiera están interiorizados los fundamentos de la técnica.

Los **sistemas pull secuenciales** o basados en líneas FIFO han sido aceptados por 5 de la 6 empresas, basándose sobre todo en la sencillez que pueden aportar a la planificación. El establecimiento de líneas FIFO requiere de recorridos de piezas lineales, es decir, debe estar estipulado para cada centro de trabajo la línea desde donde debe adquirir su material a procesar, y a su vez, la línea donde debe dejar el producto una vez procesado. Este hecho requiere del establecimiento de líneas FIFO sencillas que siguen rutas lineales y no cambiantes; por tanto, la asignación de centros de trabajo concretos a la fabricación de ciertas referencias concretas, teniendo en cuenta la saturación de la máquina.

Es en este punto donde adquiere sentido el estudio carga-capacidad de máquinas similares de una sección funcional. El fin será determinar las referencias

de la familia que procesará cada máquina de la sección, con el fin de simplificar al máximo las rutas de las diferentes piezas y siempre tratando de alguna manera de equilibrar la saturación de cada máquina.

La teoría sobre el VSM, cita el estudio carga-capacidad como determinante de la flexibilidad posible de cada medio productivo, pero no como herramienta de aplicación a la asignación de referencias, utilidad muy interesante de la que han echado mano 5 de las 6 empresas.

El concepto de **proceso regulador** también es en cierta medida valorado por los participantes. 5 de las 6 empresas están dispuestas a determinar el punto clave de programación de su sistema productivo, pero con dos distinciones respecto a la teoría VSM.

Por un lado, la coincidencia de este punto con el cuello de botella de la línea de producto en los 5 casos. Por otro lado, en 4 de los 5 casos, el establecimiento de un *buffer* mínimo delante del mismo (puede ir en forma de línea FIFO) y el lanzamiento de la cuerda del DBR a los primeros puntos de procesamiento aguas arriba. A partir de estos puntos secuenciados en base al ritmo de tambor marcado por el programa óptimo del cuello de botella las piezas fluirán por las líneas FIFO diseñadas. Por tanto, se puede afirmar que la elección del proceso regulador y el funcionamiento previsto tienen mayor relación con el enfoque TOC que con el de la Producción Ajustada.

También hay que citar la posibilidad interesante que se abre en un caso concreto (UEB) de integrar en el MRP el reaprovisionamiento de un componente particular, haciendo su suministro dependiente de su producto terminado correspondiente.

En cuanto a la **nivelación del mix de producción**, hay que decir que las empresas que han definido el cuello de botella como proceso regulador (5 de 6), realizarán la mezcla en el programa base optimizando el empleo del cuello de botella tal y como aboga la TOC (tambor del DBR), y no como vía para disminuir al máximo los lotes de fabricación y evitar la distorsión de la demanda aguas arriba como cita la teoría *lean*. Sólo en el caso restante (*Geyser*), se busca la reducción y mezcla

máxima de los lotes en el proceso regulador relacionado con el montaje de calentadores.

La reducción del **volumen de producción** no es aun asumida por las empresas. Todas ellas siguen opinando que su frecuencia de programación correspondiente es la adecuada. Si bien la reducción de los puntos a programar simplificará este proceso, las empresas no están dispuestas a invertir el tiempo ganado en mejorar la monitorización y control sobre el desempeño operativo.

La decisión anterior es la clave para no asumir el empleo de los **paneles heijunka** en ninguno de los casos y no plantearse el abordar proyectos de mejora de los suministros de componentes y piezas a líneas o centros de trabajo por medio de la racionalización de los recorridos de los recursos adaptados a la manutención de materiales.

Los respuestas provenientes de la entrevista final (ver tabla 55) tratan de ahondar en las razones de haber optado por el mapa futuro final.

Tabla 55. Creación del mapa futuro. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Salto cualitativo 1-5	4	3	3	4	2	2
Razón del salto	Cambio de paradigma	Se parte de una situación muy Ajustada	El concepto TOC-DBR. Estudio en profundidad de carga-capacidad	Sistema productivo orientado a producto	Concepto TOC-DBR. No se pueden hacer mejoras en la Dst en planta	TOC-DBR
Por qué no un mayor grado de ambición	Interiorización de conceptos lean	Falta de conocimiento en conceptos lean	Resistencia al cambio	Situación económica	Imposibilidad de mejorar Sistema físico	Lean es muy exigente
Necesidad de una vía intermedia	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí
Necesidad de simulación	No	No	Quizá sí	No	No	No

Por un lado, a pesar de no haber empleado todos los conceptos *lean* disponibles, las empresas consideran que el mapa futuro refleja un salto cualitativo medio-alto respecto a la situación inicial. Al preguntar por la razón principal que ha impedido un mayor grado de ambición en el mapa, las respuestas son variadas, desde la necesidad de llegar a un nivel intermedio como es el caso de AKL, hasta no

ver la necesidad real de más mejoras como es el caso de *Geyser*. *Maier* expone la limitación económica de poder realizar más mejoras, mientras que UEB expone la seguridad del proceso como razón para no abordar mejoras en la distribución en planta. Por último, la empresa XYZ muestra su necesidad por soluciones que no supongan un cambio de tanto nivel, tal y como aboga la Producción Ajustada.

La mayoría de las empresas apuesta por integrar conceptos que supongan soluciones más factibles de aplicar en un plazo de tiempo más corto y con menor requerimiento de esfuerzo como puede ser la TOC; lo que viene a corroborar los resultados provenientes de la observación.

Por último, la simulación de los flujos productivos del mapa futuro por medio de *software* especializado, no se ve por ahora como una necesidad por las empresas, aunque tres de seis empresas reconocen no tener conocimiento de este medio. Por tanto, las empresas estiman que el mapa futuro es un formato suficientemente adecuado para abordar a partir de ahí los planes de mejora.

6.4.4. Definición del plan de trabajo

En el presente punto 6.4.4 se exponen los resultados derivados de la definición del plan de trabajo.

6.4.4.1. CARGA DE TRABAJO

Tal y como se puede observar en la tabla 56, la definición del plan de trabajo no supone un excesivo esfuerzo. Requiere en primer lugar de una puesta en común de las acciones desplegadas en el mapa futuro, un cálculo de los recursos precisados y la determinación del orden de puesta en marcha de cada una de las acciones aprobadas. Dichos planes desplegados se muestran en el anexo C referente al análisis de cada caso.

Tabla 56. Definición del plan de trabajo. Carga de trabajo. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Número de reuniones del equipo	3	1	1	1	1	1	1,33	1-3
Horas de equipo en reuniones.	6	4	2	1	2	1	2,66	1-6
Responsable del flujo de valor (Horas)	6	4	2	1	2	1	2,66	1-6
Facilitador (Horas)	6	4	2	4	2	1	3,16	1-6
Coordinador (Horas)	10	8	4	8	4	2	6	2-10
Guía asesor (Horas)	6	4	2	1	2	1	2,66	1-6
Consultor	6						6	0-6
Periodo de maduración (semanas)	1	1	1	1	1	1	1	1
Desviación planificación (4 semanas).	0	0	0	0	0	0	0	0

6.4.4.2. CRITERIOS DE ORDENAMIENTO

La entrevista final en este punto, solicitaba información sobre el criterio de ordenamiento de los planes. Como se puede observar en la tabla 57, las respuestas son variadas pero se pueden estructurar en tres tipos: El 50% de las empresas aboga por implantar en primer lugar los proyectos más sencillos y con menor coste económico. Dos empresas defienden ir mejorando el sistema productivo en base a atacar primero el despilfarro estructural o más relevante (normalmente aquel que tiene que ver con la distribución en planta). Por último, Geysler defiende atacar primero aquel proyecto que tenga mayor urgencia su resolución.

Tabla 57. Definición del plan de trabajo. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Razón del ordenamiento de loops	Atacar despilfarro estructural	Mayor urgencia	Sencillez. Economía	Atacar despilfarro estructural	Sencillez. Economía	Sencillez. Economía

6.4.5. Implantación del plan de trabajo

Esta evaluación se realizará aproximadamente a los seis meses de la aprobación del plan. Por una lado, la observación consistirá en inspeccionar *in situ* el grado de cumplimiento de los planes. La entrevista final contrastará los datos recogidos por el investigador con la aportación realizada por el equipo implantador.

El grado de cumplimiento de cada proyecto particular se exhibe en el anexo C dedicado a analizar el desarrollo de cada caso.

La siguiente tabla 58 resume la información resultante de ambos métodos de toma de datos.

Tabla 58. Implantación del plan de trabajo. Observación y entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Porcentaje de planes cumplidos	75%	95%	100%	66%	35%	30%	66%	30-100%
Porcentaje de cumplimiento de cada proyecto	60% pr: 100% 40% pr: 0%	80% pr: 100% 20% pr: 75%	100% pr: 100%	66% pr: 100% 33% pr: 0%	28% pr: 100% 14% pr: 50% 57% pr: 0%	25% pr: 100% 12% pr: 50% 63% pr: 0%	No procede	No procede
Desviación respecto a planning en meses	2 meses	1 mes	0	3 meses	3 meses	4 meses	2 meses	0-3 meses
Razón de la desviación	Problemas con proveedores	Problemas con proveedores		Situación económica empresa	No prioritario	No prioritario		
Medición de indicadores de mejora	No	No	Sí	No	Sí	No		
Grado de mejora	No	No	Afianzamiento de nivel de servicio	No	Reducción stock en curso	No		
Satisfacción con el proceso de implantación	1	3	4	2	2	1		
Nº descargos ante la Dirección	6	2	1	1	0	0		
Intenciones futuras	Continuar	Continuar	Implantar TOC-DBR. Análisis carga-capacidad	Continuar en cuanto haya posibilidades de inversión.	Continuar.	Continuar.		

Como se puede observar a nivel general, salvo contados casos, el desarrollo de los planes iniciales ha sufrido retrasos debido a diferentes razones como, la operativa diaria de la empresa que impide concentrarse en mejoras tácticas, problemas con proveedores de maquinaria y falta de recursos económicos para seguir con los proyectos.

Por otro lado, cabe destacar la carencia generalizada de indicadores de mejora y la mediocre satisfacción con el proceso llevado a cabo durante los seis meses. De todos modos, todas las empresas tienen intención de continuar con los planes aprobados.

6.4.6. Resumen del proceso VSM en su conjunto

He aquí en la tabla 59 un compendio de las cargas reales dedicadas al proceso VSM. Por un lado, se muestra la cantidad de horas dedicadas por cada miembro, por otro lado, el periodo de maduración de la aplicación de cada caso y la desviación respecto a la planificación inicial, así como una mención a la etapa que más esfuerzo ha requerido.

Tabla 59. Resumen VSM. Carga de trabajo. Observación.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Número de reuniones del equipo	12	7	8	5	5	4	6,8	4-12
Horas de equipo en reuniones.	24	17	23	8	14	10	16	8-24
Responsable del flujo de valor (Horas)	12	12	14	6	14	10	11,3	6-14
Facilitador (Horas)	22	11	9	12	14	12	13,3	9-22
Coordinador (Horas)	142	70	56	76	28	21	65,5	21-142
Guía asesor (Horas)	26	18	24	9	14	10	16,8	9-26
Consultor	26							26
Periodo de maduración (semanas)	10	7	8	10	4	4	7,16	4-10
Desviación respecto planificación (12semanas).	0	0	0	0	0	0	0	0
Etapa más costosa	Mapa Actual	Mapa Actual	Mapa Actual	Mapa Actual	Mapa Futuro	Mapa Futuro		

Si bien establecer un tiempo medio de duración y carga de trabajo puede resultar aventurado por las variabilidades que se aprecian, si merece la pena recalcar ciertos aspectos resultantes del análisis.

Para 4 de 6 empresas la etapa más costosa ha sido el mapa actual, debido sobre todo a la necesidad de toma de datos *in situ* en la propia planta y al tratamiento de los mismos, etapa que ha condicionado la duración de resto del proyecto. En los dos casos restantes, la etapa que más tiempo ha requerido ha sido la configuración del mapa futuro (los datos para el mapa actual ya estaban disponibles y eran fiables), aunque sin la duración que ha supuesto el mapa actual para las 4 empresas antes mencionadas.

Estos resultados se ven corroborados por la entrevista final (ver tabla 60) en la que los participantes han valorado el esfuerzo realizado en cada etapa. Esta última tabla también expone las razones por la que se ha tardado más tiempo en la etapa más costosa; en el caso de que ésta haya sido el mapa actual, 3 de 4 etapas vuelven a subrayar la toma de datos mientras que *Geyser* menciona la problemática que supone reflejar en el mapa actual una cantidad significativa de suministros y el mapear células con el grado de detalle necesario en su caso. Las empresas que han tardado más con el mapa futuro citan la dificultad de interiorización y discusión de conceptos VSM.

El coordinador es el que mayor carga de trabajo debe asumir, de 21 horas mínimo a 142 horas máximo al total, es decir de 0,5 semanas a 3,5 semanas de tiempo a jornada completa de carga real, debido sobre todo a la labor encomendada de toma y tratamiento de datos y a toda la gestión documental.

En cuanto al periodo de maduración de los proyectos, la duración ha variado de 4 a 10 semanas dependiendo de la disponibilidad que ha podido tener cada equipo para su realización y de la eficiencia de las reuniones. Las 12 semanas planificadas inicialmente por tanto han sido suficientes, ya que no se ha dado ninguna desviación temporal en cuanto a los hitos principales.

Para finalizar, sí es importante recalcar que la duración y carga de los proyectos puede superar con creces las estimaciones aconsejadas por los autores.

La duración mínima vendría limitada por la labor del coordinador, que como antes se ha mencionado, le debería dedicar como mínimo unas 21 horas de trabajo, esto es, media semana dedicado exclusivamente al proceso, con una total disposición del resto de participantes y una coordinación perfecta en cuanto a las reuniones a convocar, 4 reuniones mínimo con 8 horas de duración total.

Tabla 60. Resumen VSM. Valoración de esfuerzo. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Moda	Rango
Puntuar mayor esfuerzo 1-3-9								
1.- Elección familia	3	3	3	3	1	1	3	1-3
2.- Creación mapa inicial	9	9	9	9	3	3	9	3-9
3.- Creación mapa futuro	3	3	3	3	9	9	3	3-9
4. Definición planes de mejora	1	1	1	1	1	1	1	1-1
Razón de dureza	Toma de datos	Número de suministros. Problemática de mapear células	Toma de datos	Toma de datos	Interiorización conceptos lean	Interiorización conceptos lean		
Razones de desviación					Muy rápido. Colaboración total	Muy rápido. Colaboración total		

6.4.7. Fortalezas y debilidades del VSM

Toda la información correspondiente a este apartado final tiene su origen en la entrevista de evaluación final. La información de la tabla 61 corresponde a que los usuarios evalúen globalmente el VSM como técnica para el rediseño de sistemas productivos tras su aplicación.

Tabla 61. Calificación VSM. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Media	Rango
Calificación VSM (1-5)	3	3	3	5	5	5	4	3-5

Como se puede ver, la calificación global ronda entre en rango de 3 a 5, cuyo valor medio corresponde a un 4, valoración, que sino excelente, se muestra como muy buena.

Las fortalezas o virtudes que se le valoran al VSM se reflejan en el número de impactos que recibe cada aspecto en las siguiente tabla 62.

Tabla 62. Fortalezas VSM. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Nº de impactos
Fortalezas (nombrar 3)							
Ayuda a visualizar todo el flujo de principio a fin.		X	X			X	3
Muestra el despilfarro y sus fuentes.		X		X			2
Proporciona un lenguaje común	X			X			2
Fuerza a que las decisiones sobre el flujo se visualicen y se puedan discutir							
Une los conceptos y las técnicas lean en un único enfoque sistémico	X		X	X	X		4
Sirve de base para un plan de implantación	X	X	X		X	X	5
Muestra la unión entre los flujos de material y de información					X	X	2
Posee una mayor utilidad que las herramientas puramente cuantitativas							

Las empresas valoran sobre todo el servicio que da el VSM como base para un plan de implantación futuro consensuado. También se valora muy positivamente el corpus que adquieren todas las técnicas *lean* en un único enfoque sistémico.

Contrasta esta satisfacción hacia la técnica frente a la calificación de nivel medio detectada hacia la propia ejecución posterior detectada anteriormente.

La siguiente tabla 63 muestra los aspectos a potenciar o debilidades del VSM detectados por los equipos.

Tabla 63. Debilidades VSM. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ	Nº de impactos
Debilidades (nombrar 3)							
Complementariedad con otras herramientas gráficas		X					1
Complementariedad con otros conceptos teóricos	X		X		X	X	4
Extender formación en la empresa sobre conceptos lean y VSM		X	X	X	X	X	5
Involucración de la Dirección				X			1
Tiempo y responsabilidades para el equipo				X	X		2
Excesivo nº de datos	X						1
Mayor adecuación a la tipología de planta		X				X	2
No resulta fácil la simplificación de la información en un mapa gráfico							
Problemas de dibujo spaghetti	X		X				2

Destacan dos aspectos por encima de los demás: La necesidad de extender la formación del VSM previo a obtener toda la potencialidad de la técnica y la necesidad de complementar el VSM con otras técnicas o conceptos teóricos, como por ejemplo la TOC.

Por último, al solicitar unas últimas observaciones de forma abierta a los entrevistados (ver tabla 64), estos muestran su satisfacción o bien subrayan las debilidades anteriormente citadas. *Geyser* destaca que a pesar de que su sistema productivo sea bastante ajustado, el VSM les ha aportado ayuda en sacar a la luz nuevas oportunidades de mejora en principio no planteadas.

Tabla 64. Observaciones finales. Entrevista final.

	AKL	GEYSER	CIE	MAIER	UEB	XYZ
Otras observaciones		<i>Otra vuelta de tuerca en entornos lean</i>	<i>Integrar conceptos como TOC-DBR</i>	<i>Muy útil</i>	<i>Muy interesante pero hace falta formación</i>	

6.5. RESUMEN

Esta sección 6 ha estado dedicada a mostrar etapa por etapa, y punto por punto, los resultados derivados del programa de investigación llevado a cabo en los seis casos seleccionados.

Es importante recalcar, que los datos expuestos provienen del formulario empleado en cada hito de la investigación (ver anexo B). Por otro lado, el anexo C recoge con detalle y una a una, todas las experiencias llevadas a cabo en la investigación.

La siguiente y última sección 7 se dedicará a mostrar las conclusiones del estudio, así como la contribución realizada y a perfilar las líneas posibles de estudio futuro.

7. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

7.1. INTRODUCCIÓN

En la presente sección 7 se extraen las conclusiones principales derivadas de la investigación. Estas conclusiones deberán realizar una aportación al conocimiento a partir de una generalización de los resultados para la unidad de análisis objeto de estudio. Todo ello, tras haber diseñado y desarrollado una investigación con las características de fiabilidad y repetitividad aprobadas (Yin, 1994).

Llegados a este punto, es interesante recordar una vez más el propósito principal y las hipótesis asociadas de la disertación: ***Determinar la aplicabilidad del VSM para el diagnóstico y desarrollo de mejoras en el sistema productivo.***

Hipótesis nº 1. El VSM soluciona todo problema de cariz logístico productivo en su ámbito de aplicación.

Hipótesis nº2. El VSM es una técnica valida para todo tipo sistema productivo enmarcado en la manufactura en serie de piezas discretas.

Hipótesis nº3. El VSM es suficiente de cara a definir el enfoque productivo del rediseño.

Hipótesis nº4. La eficiencia del proceso de aplicación del VSM es independiente de la disponibilidad de Sistemas de Información.

Hipótesis nº5. Los resultados del VSM son suficientes para justificar el rediseño.

Hipótesis nº6. La aplicación del VSM explota toda la potencialidad de los conceptos *lean*.

Hipótesis nº7. La aplicación del VSM es rápida (inferior a 40 horas de trabajo por participante).

Hipótesis nº8. El VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo.

Con el objeto de plasmar la trazabilidad de las conclusiones respecto al propósito e hipótesis iniciales de la investigación, la presentación de las mismas se llevará a cabo empleando tablas que relacionarán cada hipótesis concreta con los resultados de la investigación, que a su vez conducen mediante un proceso de triangulación a las conclusiones finales (Yin, 1994).

En dichas tablas por tanto, se referencia cada fuente de resultados expuesta con detalle en la sección 6 precedente.

7.2. CONCLUSIONES

7.2.1. Hipótesis nº 1. El VSM soluciona todo problema de cariz logístico productivo en su ámbito de aplicación

El VSM demuestra su validez para afrontar diferentes problemáticas logístico productivas internas a nivel de planta productiva. Las diferentes tipologías de problemas que se han tratado de abordar en la elección de los casos y los mapas han demostrado su valía a la hora de diagnosticar los problemas concretos del sistema productivo y lanzar proyectos de mejora futuros. Por otro lado, cada empresa ha demostrado su satisfacción para con la técnica en este aspecto.

De todas formas, en casos donde el nivel de detalle que se trata de reflejar demanda de mayor profundidad, por ejemplo a nivel de centros de trabajo, líneas o células de fabricación o montaje concretas, la ayuda del VSM es limitada, requiriendo de herramientas más orientadas a las mejoras de métodos de trabajo.

Esta conclusión proviene sobre todo del caso específico de *Geyser* (ver anexo C) y viene a corroborar las afirmaciones de Baudin (2002).

La siguiente tabla 65 resume las conclusiones del presente punto.

Tabla 65. Conclusiones. Rango de problemáticas logísticas.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
<i>H1.- El VSM soluciona todo problema de cariz logístico productivo en su ámbito de aplicación.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas iniciales, futuros y despliegue de proyectos de mejora (exposición de casos). • Validación de casos. • Calificación VSM en Entrevista final. • Fortalezas VSM en Entrevista final. 	<p><i>Se adecua bien a las diferentes problemáticas logísticas a nivel de planta.</i></p> <p><i>Problemas de nivel de detalle de centros de trabajo o procesos.</i></p>

7.2.2. Hipótesis nº2. El VSM es una técnica valida para todo tipo sistema productivo enmarcado en la manufactura en serie de piezas discretas

La selección de los casos ha demostrado captar un amplio rango de entornos productivos con características diferenciadas, siempre dentro de la unidad objeto de estudio como es el campo de empresas manufactureras en serie de piezas discretas. Como manufactura seriada de productos discretos se entiende la configuración basada en las líneas de flujo desconectadas en las que los lotes de productos discretos son fabricados en un número limitado de rutas identificables; asimismo las estaciones individuales entre las líneas no están conectadas por un sistema rítmico de manutención de materiales, por lo que se puede acumular inventario entre los centros.

Los mapas y planes acordados, así como la satisfacción mostrada por cada empresa, afirman la tesis de que el mapa es una técnica útil y aplicable en el campo empresarial abordado.

Sin embargo, en algún caso donde el sistema productivo se muestra más funcional y las referencias a mapear recorren largas rutas que transcurren más de una vez por los mismos centros de trabajo, el mapa requiere de cierta adaptación superior a la que se le supone, como es el caso de *CIE Legazpia* (ver anexo C). Por

otro lado, en algunas otras aplicaciones ha habido que realizar una priorización del exceso de información para plasmar con sencillez la realidad en los mapas actuales.

Por tanto, como conclusión final a este aspecto, se puede afirmar que el VSM es una técnica útil y aplicable siempre que el sistema productivo a rediseñar pertenezca al sector de la manufactura seriada, aunque en cada caso habrá de realizarse una adaptación y simplificación inteligente y acordada de los mapas a generar.

La tabla 66 resume estas conclusiones.

Tabla 66. Conclusiones. Campo de entornos productivos.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
<i>H2.- El VSM es una técnica válida para todo tipo sistema productivo enmarcado en la manufactura en serie de piezas discretas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas iniciales, futuros y despliegue de proyectos de mejora (exposición de casos). • Validación de casos. • Calificación VSM en entrevista final. • Fortalezas VSM en entrevista final. 	<p><i>Se adapta bien a diferentes entornos productivos de manufactura seriada.</i></p> <p><i>Problemas con rutas que transcurren por mismos centros.</i></p> <p><i>Necesidad de priorización y simplificación.</i></p>

7.2.3. Hipótesis nº3. El VSM es suficiente de cara a definir el enfoque productivo del rediseño

La conclusión más relevante proviene de este apartado. Por un lado, en numerosos casos se ha dado una forma particular de aplicar las guías de actuación del VSM, en la que la adopción práctica de conceptos relacionados con la TOC y de cálculos carga-capacidad para la asignación de piezas a máquinas han sido aportaciones novedosas.

Por otro lado, las respuestas provenientes de la entrevista final, que reafirman y corroboran la necesidad de completar y refinar la técnica integrando de alguna manera los dos conceptos aplicados y no citados en la literatura específica del VSM.

La presente disertación aporta, en base a la experiencia adquirida, una nueva vía de aplicar las pautas o guías de actuación del VSM en la que se integran ambos

conceptos, ninguno de ellos directamente relacionado con la Producción Ajustada (ver punto 7.6 titulado “refinamiento de la teoría”).

La tabla 67 sintetiza las conclusiones referentes a la integración del VSM con otros conceptos.

Tabla 67. Conclusiones. Integración con otros conceptos.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
H3.- El VSM es suficiente de cara a definir el enfoque productivo del rediseño.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas iniciales, futuros y despliegue de proyectos de mejora (exposición de casos). • Creación mapa futuro. Aplicación de conceptos lean. • Creación mapa futuro. Entrevista final. • Debilidades VSM. Entrevista final. 	<p>Necesidad de integrar conceptos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TOC. • Asignación de centros de trabajo en base a análisis carga-capacidad.

7.2.4. Hipótesis nº4. La eficiencia del proceso de aplicación del VSM es independiente de la disponibilidad de Sistemas de Información

En cuanto al apoyo que deben dar los Sistemas de Información (SI), la conclusión es que si bien no son imprescindibles, si la empresa ya cuenta con ellos como fuente de datos fiable, estos favorecen de manera importante la elaboración del mapa de la situación inicial, agilizan el proceso de obtención de datos y el contraste con los datos obtenidos en planta. Por tanto, se podría concluir que si bien la fuente de información más apropiada es la recogida de datos *in situ* en planta y se aconseja la realización de visitas a la misma para formalizar los mapas, este método podría verse complementado con el apoyo de las bases de datos concernientes al sistema productivo.

De la misma forma, el empleo de herramientas informáticas como las hojas de cálculo ha sido general en todos los casos prácticos. Estas herramientas ayudan en el tratamiento, simplificación y representación adecuada de los datos de los procesos en sus respectivos mapas; en algún caso incluso se han empleado con el fin de visualizar y simular posibles escenarios venideros y apoyar el proceso de graficar el mapa futuro.

Por último, los casos analizados no han echado mano de herramientas o algoritmos matemáticos existentes de cara a enfocar los mapas en base a elegir la familia de productos a graficar. Las empresas tenían una distinción bastante clara de las familias de productos que se procesan en sus plantas. De todas formas, resulta aventurado garantizar la no necesidad de empleo de dichas herramientas, ya que en este aspecto el seguimiento de seis casos no es suficiente.

La tabla 68 muestra las conclusiones derivadas de este aspecto en síntesis.

Tabla 68. Conclusiones. Necesidad de apoyo de herramientas informáticas.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
<i>H4.- La eficiencia del proceso de aplicación del VSM es independiente de la disponibilidad de Sistemas de Información</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elección del flujo de valor. Identificación familias. • Creación mapa inicial. Empleo de SI como fuentes de datos y herramientas adicionales. • Resumen VSM. Entrevista final. 	<p><i>Necesidad de apoyo con SI y herramientas de tratamiento de datos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Los SI agilizan el trabajo.(contrastar con datos en planta). • Hojas de cálculo para tratamiento correcto de la información. <p><i>La identificación de familias es relativamente sencilla no hacen falta herramientas o algoritmos adicionales.</i></p>

7.2.5. Hipótesis nº5. Los resultados del VSM son suficientes para justificar el rediseño

En lo referente a la necesidad de demostrar las virtudes del mapa futuro al personal de la empresa, se puede concluir que el VSM requeriría en numerosos casos de un apoyo en base a herramientas económico-financieras que traten de reflejar las mejoras logísticas en beneficios económicos que justifiquen los esfuerzos e inversiones a llevar a cabo. De hecho, en las empresas analizadas siguen imperando el enfoque tradicional de contabilidad analítica.

En cuanto a la propia demostración de las mejoras que aportaría a nivel de desempeño productivo el rediseño del sistema, no parece que herramientas informáticas de simulación de flujos productivos sean demasiado apreciadas a nivel práctico; el mapa futuro es suficiente para corroborar el desempeño futuro. Por tanto se puede concluir que en este aspecto el VSM se muestra valido por si solo, sin embargo, hay que reconocer que hay un gran desconocimiento por parte de las

empresas en cuanto a las potencialidades de herramientas para la simulación de flujos productivos.

Ver resumen de estas conclusiones en tabla 69.

Tabla 69. Conclusiones. Necesidad de demostración de mejoras.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
H5.- Los resultados del VSM son suficientes para justificar el rediseño.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas iniciales, futuros y despliegue de proyectos de mejora (exposición de casos). • Perfil de equipos formados. Criterio para inversiones. • Creación mapa futuro. Entrevista final. 	<p>A nivel de demostración logística son suficientes los mapas, no hay necesidad de simulación.</p> <p>A nivel económico, hay necesidad de herramientas que ayuden a transformar mejoras logísticas en económicas.</p>

7.2.6. Hipótesis nº6. La aplicación del VSM explota toda la potencialidad de los conceptos *lean*

Para que un equipo humano con experiencia a nivel productivo pueda aplicar y sacar todas la potencialidades del VSM, hace falta aun trabajar en el ámbito de la divulgación de conceptos como la justificación de nivelar los *mix* y volúmenes de producción, sistemas *heijunka*, racionalización del acopio y retirada de materiales e incluso, la aplicabilidad de los sistemas *pull* y el mismo concepto de ritmo productivo como el *takt time*. Tal y como se ha citado en los resultados de la investigación, el grado de conocimiento y de aplicación de tales conceptos y técnicas ha sido muy limitado.

A pesar de que la divulgación y difusión de las bases o principios en los que se sustenta modelo de la Producción Ajustada es alta, se ha podido constatar una carencia formativa; tanto en la profundización del modelo en si, como en el conocimiento y convencimiento hacia las técnicas recién citadas, así como en la adaptabilidad de dichas técnicas al tipo de producción específico de la propia empresa.

Por tanto, se podría afirmar que si los conceptos concernientes a la Producción Ajustada y al VSM fueran más conocidos, los mapas futuros podrían

adquirir mayor grado de ambición o por lo menos podrían ser desarrollados con un superior potencial de mejora.

Por otro lado, las empresas con personal dedicado en parte al desarrollo y mejora de sistemas productivos como *Maier*, tienen la ventaja de tener garantizado ese nivel de formación requerido para la aplicación del VSM con todas las potencialidades que esconde. No en vano *Maier* ha sido una de las empresas que más originalidad y más innovación ha aportado y más éxito ha obtenido en el desarrollo del mapa futuro acordado (ver sección 5 referente a la exposición del desarrollo de este mismo caso).

La siguiente tabla 70 expone un resumen de las recién citadas conclusiones.

Tabla 70. Conclusiones. Aplicación de conceptos lean.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
<i>H6.- La aplicación del VSM explota toda la potencialidad de los conceptos lean</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Validación de casos. • Perfil de equipos formados. Nivel lean. • Formación recibida. • Creación mapa futuro. Aplicación de conceptos lean • Implantación del plan de trabajo. 	<p><i>Nivel de formación en VSM bajo.</i></p> <p><i>Conceptos desconocidos para la mayoría.</i></p> <p><i>Conceptos no aplicados en los mapas futuros.</i></p>

7.2.7. Hipótesis nº7. La aplicación del VSM es rápida (inferior a 40 horas de trabajo por participante)

El tiempo y esfuerzo requerido para la aplicación de las etapas del VSM desde la elección de la familia hasta el despliegue de los planes de mejora se ha mostrado muy variable en cada caso. Lo que sí se puede concluir es que el coordinador es la figura con mayor carga de trabajo. También se puede afirmar que la etapa cuello de botella en la mayoría de los casos es la creación del mapa inicial, debido a la toma detallada de los datos del proceso productivo. Tiempo que puede ser agilizado con la ayuda de los Sistemas de Información. En todo caso, las estimaciones de tiempo propuestas por ciertos autores se muestran en exceso halagüeñas; sólo en dos de los casos la carga total acumulada por cada miembro ha sido inferior a las 40 horas definidas como referencia base.

Ver tabla 71 de resumen de conclusiones.

Tabla 71. Conclusiones. Tiempo y esfuerzo requerido.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
H7.- La aplicación del VSM es rápida (inferior a 40 horas de trabajo por participante)	<ul style="list-style-type: none"> • Carga de trabajo de cada etapa. • Resumen VSM. Carga de trabajo. 	Duración variable. Etapa más larga: mapa inicial. Mayor carga de trabajo: coordinador.

7.2.8. Hipótesis nº8. El VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo

Se puede certificar la validez del VSM como referencia base de cara a rediseñar los sistemas productivos, ya que así lo atestigua la definición o despliegue de los planes de acción a partir del mapa futuro y las fortalezas reconocidas por los equipos en la entrevista final.

De todos modos, también se puede afirmar que si bien el VSM sirve como base para el desarrollo del mapa y planes futuros, esto no garantiza la correcta implantación de los proyectos de mejora aprobados, como constatan algunos resultados. Otra vez llegados aquí, se confirma que la empresa que posee parte del organigrama orientado a aplicar conceptos *lean* (caso *Maier*) tiene mayor posibilidad de llevar a buen puerto los proyectos aprobados por ser estos exclusivos a las responsabilidades propias de esos puestos.

La tabla 72 muestra estas conclusiones derivadas del estudio.

Tabla 72. Conclusiones. Validez como referencia.

Hipótesis	Fuentes de resultados	Conclusiones
H8.- El VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del plan de trabajo. Entrevista final. • Implantación del plan de trabajo. • Fortalezas VSM. Entrevista final. 	Perfectamente valido. La implantación no es la más adecuada. Organigrama Maier el más adecuado.

7.3. LIMITACIONES

Como toda investigación, esta también presenta varias limitaciones de cara a la generalización de las conclusiones. Como punto más importante, reseñar que si el

número de casos hubiera sido superior probablemente las conclusiones hubiesen salido reforzadas. No obstante, y tras la revisión de la literatura en estudios de casos, se ha demostrado que seis empresas pueden cubrir un amplio espectro de la unidad objeto de la investigación sin comprometer demasiado los recursos disponibles. De hecho, los seis casos elegidos demuestran una gran diversidad en cuanto a tipología y problemática productiva y la aplicación del VSM se ha llevado con normalidad en cada una de ellas.

7.4. LÍNEAS FUTURAS

Como línea futura más reseñable, Los resultados del estudio múltiple de casos han demostrado la necesidad de integrar conceptos como la TOC y como el estudio carga-capacidad en las pautas de actuación del VSM. Por tanto, se demuestra la necesidad de un refinamiento de la teoría (*theory refinement*) respecto a estos aspectos en concreto (Yin, 1994), (Voss et al. 2002). El punto 7.5. presenta un modelo completado del VSM en el que se integran ambos conceptos mediante el empleo de ejemplos didácticos sencillos. Luego, esta disertación propone como una posible línea futura de investigación el estudio de la aplicabilidad de este nuevo modelo de VSM en otra serie de casos.

Otra posible línea futura de estudio consistiría en analizar la relación entre indicadores de desempeño logístico con indicadores económicos. De esta forma se facilitarían la toma de decisiones para abordar planes con mayor grado de ambición. El punto de partida podría ser el estudio científico desarrollado por Tubino y Suri (2000) en referencia al QRM o Manufactura de Respuesta Rápida.

Por último, si bien el VSM ha demostrado ser una técnica útil en el rediseño y mejora de los sistemas productivos de empresas de manufactura seriada, sería interesante ampliar el presente estudio a otros sectores y tipología de empresas.

7.5. REFINAMIENTO DE LA TEORÍA

7.5.1. Introducción al refinamiento

A continuación se evocan las siete pautas o guías de actuación del VSM basadas en la Producción Ajustada de cara al desarrollo del mapa futuro,

1. Producir respecto al *takt time*.
2. Implantar flujo continuo siempre que sea posible.
3. Emplear supermercados para controlar la producción siempre que el flujo continuo no pueda extenderse aguas arriba.
4. Intentar llevar el programa del cliente a un único proceso de producción denominado proceso regulador.
5. Nivelar el *mix* de producción.
6. Nivelar el volumen de producción.
7. Mejorar las eficiencias de los medios productivos y desarrollar la habilidad de EPEI cada día (para hacerlo después cada turno, cada hora, cada *pallet*, hasta cada *pitch*).

7.5.2. Estudio carga-capacidad para asignación

Este sencillo estudio se enmarca en secciones funcionales con máquinas similares que procesan diferentes referencias que aguas abajo se dirigen a otra sección funcional con otra vez similares máquinas entre si. El fin será determinar las referencias de la familia que procesará cada máquina de la sección, con el fin de simplificar al máximo las rutas de las diferentes piezas y siempre tratando de alguna manera de equilibrar la saturación de cada máquina.

El VSM ya cita el estudio carga-capacidad como herramienta a emplear, pero con el objeto de calcular la flexibilidad posible de cada medio productivo en la séptima etapa, no para la asignación de referencias.

El estudio carga-capacidad que aquí se referencia, tiene sentido realizarlo en la segunda etapa, es decir, en el análisis de implantación del flujo continuo. En el caso de que sea posible la asignación, lo interesante sería realizar una nueva distribución en planta y concatenar en la medida de lo posible las máquinas asignadas aguas abajo. En el caso de que no sea posible la redistribución de las máquinas en planta, siempre cabe la posibilidad de desarrollar flujos a tirón muy sencillos en el caso de que el proceso regulador se encuentre aguas abajo, o líneas FIFO en el caso de que el proceso regulador se encuentre aguas arriba.

Las siguientes figuras ilustran con un ejemplo de forma mucho más sencilla el sentido del estudio. En la situación inicial (ver figura 35) se observa como las referencias X e Y pueden recorrer rutas diferentes a través de las dos secciones funcionales.

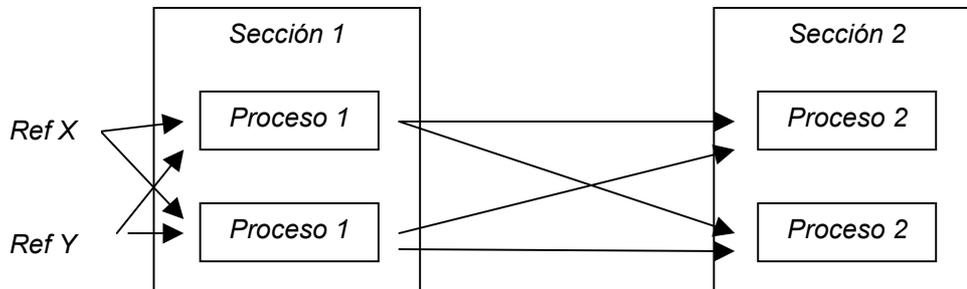


Fig. 35. Ejemplo. Situación inicial.

La asignación carga-capacidad consistiría en calcular la carga que supone la fabricación de cada referencia en cada máquina en un periodo dado, con el objeto de asignarlas y simplificar los flujos.

En la figura 36 del ejemplo, se aprecia como cada referencia satura de igual forma y de manera suficiente cada máquina como para poder realizar la asignación.

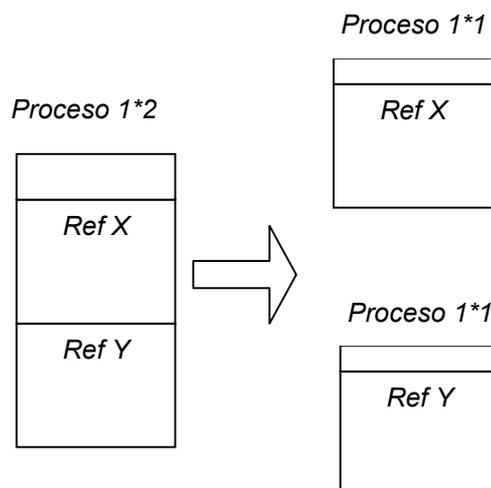


Fig. 36. Ejemplo. Cálculo carga-capacidad.

Así pues, la situación ideal de cara a mejorar el flujo consistiría en una nueva distribución en planta orientada a cada referencia (ver figura 37).

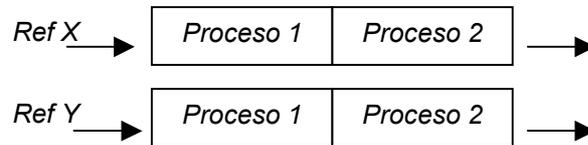


Fig. 37. Ejemplo. Situación ideal.

Como se observa., La figura 37 de la situación ideal muestra un nueva distribución en planta en flujo continuo. En el caso de que no sea posible lograrla, existen las siguientes dos opciones (ver figuras 38 y 39) dependiendo de la situación del proceso regulador.

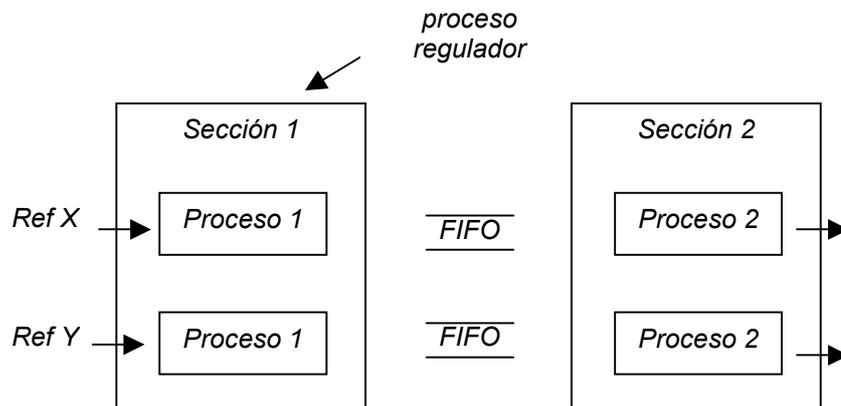


Fig. 38. Ejemplo. Líneas FIFO.

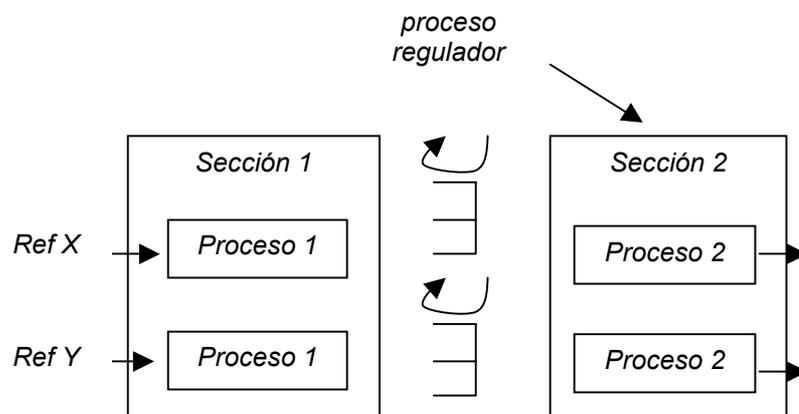


Fig. 39. Ejemplo. Sistemas pull de supermercado

No cabe duda de que el sistema productivo es más sencillo que el inicial, la desventaja proviene de las variaciones que puede darse en los volúmenes de producción de cada referencia a lo largo del tiempo. En la situación inicial, los incrementos de demanda de una referencia pueden verse compensados por decrementos de la otra referencia. En cambio, si ya están asignados los medios productivos, estos han de tener la capacidad suficiente de absorber la variabilidad en la producción de sus respectivas referencias asignadas.

Por tanto, y a modo de conclusión, esta sencilla herramienta, integrada y aplicada de manera adecuada en la segunda etapa, puede facilitar la visión de un posible mapa futuro.

7.5.3. Integración de la TOC

El VSM no presta excesiva atención a la existencia de cuellos de botella en el sistema, ya que busca el equilibrado de todos los procesos con respecto al *takt time*. Pese a ello, en muchos casos se puede seguir dando un desequilibrio en la capacidad de los diferentes centros productivos; aquel centro que limite la capacidad productiva de la cadena será el cuello de botella.

La única mención a la programación de la producción teniendo en cuenta el cuello de botella la realiza Rother (2004) para entornos productivos que trabajan bajo pedido con un amplio rango de productos posibles. Para estos casos, aconseja lanzar el programa al proceso más aguas arriba a intervalos regulares y con volúmenes de producción basados en la limitación del cuello de botella.

La experiencia ha demostrado que los preceptos basados en la TOC también pueden emplearse en un campo más amplio de entornos. Así pues, resulta de interés integrar dichas posibilidades en la teoría referente al VSM.

Tras llevar a cabo la etapa número 4 en la que se determina el proceso regulador, la siguiente fase consiste en determinar el *mix* de producción para el mismo. Según la Producción Ajustada, la nivelación ha de ser la máxima posible para el proceso regulador, siempre teniendo en cuenta el tamaño del contenedor en el que se depositan las piezas o el *pitch*. La TOC por otro lado, aconseja realizar el

programa que más rendimiento genere en el sistema, esto es, la secuencia óptima para el cuello de botella. Por tanto, para los casos en los que exista un cuello de botella claro en el sistema, debería ser conveniente nivelar la producción en el proceso regulador en base al ritmo óptimo que puede seguir la limitación.

Así, es lógico suponer que la programación del proceso regulador será más sencilla si éste punto coincide con el cuello de botella, ya que será el mismo proceso regulador el que condicione el programa directamente sin necesidad de tener adaptarlo desde un cuello de botella externo. De esta forma el mismo proceso regulador hace la misma función de tambor o *drum* tal y como aboga la sistemática DBR de la TOC-

Por tanto, sí hay un interés para que ambos puntos coincidan, tal y como lo han demostrado varias empresas en la presente investigación. La cuestión que es necesaria aclarar es la posibilidad existente de situar el proceso regulador en el mismo cuello de botella.

En el apartado 2.7.1.2.4. dedicado a analizar el proceso regulador, se han citado dos casos diferentes en el posicionamiento del mismo. El primer caso se refiere a una producción contra stock de producto terminado, mientras que el segundo reseña una producción en la que el interfaz orden/inventario se situó más aguas arriba y en la que parte del proceso se realiza bajo pedido. Hay que subrayar que dicho interfaz ha sido posicionado en base a una decisión estratégica previa. Como comentario, señalar que Olhager (2003) es uno de los pocos autores que propugna el establecimiento del interfaz teniendo en cuenta el posicionamiento del cuello de botella.

Así, en sistemas contra stock de producto terminado puros, existe la posibilidad de situar el proceso regulador en diferentes puntos, dependiendo del monto total de inventario que se asuma así como de la complejidad de la gestión que suponga cada decisión. Es en este punto en el que el posicionamiento del proceso regulador en el mismo cuello de botella no es citada por la literatura y sí supondría otro criterio más para decantar la decisión.

La siguiente figura 40 ilustra un caso de un sistema productivo en el que proceso regulador se ha posicionado en el 2º proceso cuello de botella.

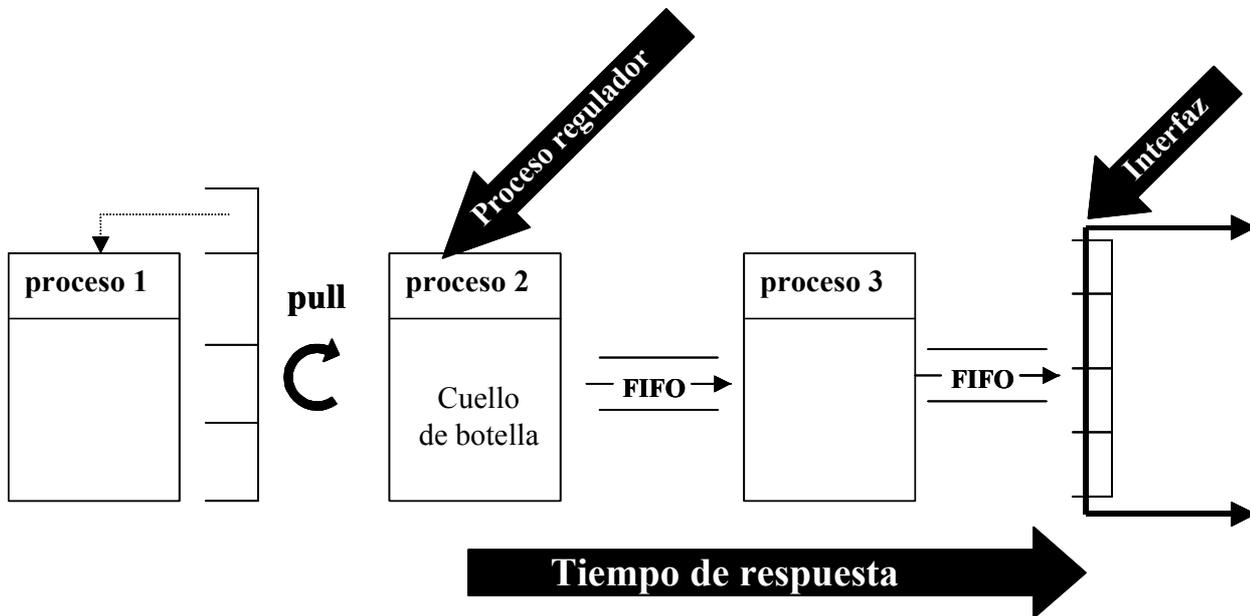


Fig. 40. Sistema contra stock. Proceso regulador situado en cuello de botella.

Para casos no contra stock puros, ya se ha citado que según los preceptos del VSM solamente debería de programarse un único punto y éste ya vendría predeterminado por el posicionamiento del interfaz, por lo que no hay posibilidad de situar el proceso regulador en el cuello de botella, a menos que coincida éste con el proceso inmediatamente posterior al interfaz..

La siguiente figura 41 muestra un ejemplo de producción no contra stock pura en el que el interfaz se encuentra entre el 1º y 2º proceso, por lo que el proceso regulador debe corresponder con el 2º y se da el caso de que el cuello de botella se situa en el 1º.

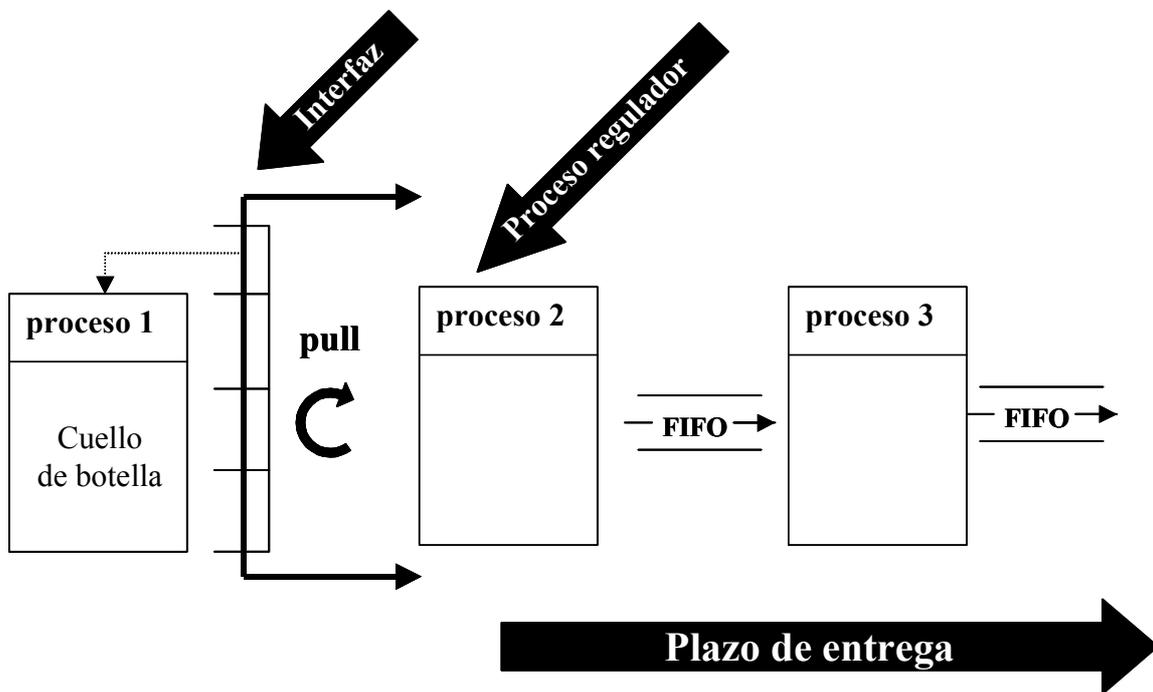


Fig. 41. Producción contra stock no pura. Proceso regulador determinado por interfaz.

Como conclusión, la teoría del VSM debería dejar claro y asentar los siguientes puntos:

1. El posicionamiento del interfaz condiciona la posición del proceso regulador.
2. En sistemas contra stock de producto terminado, puede resultar de interés situar el proceso regulador en el cuello de botella y así abrir posibilidades de actuar con un tipo de programación DBR.
3. En casos donde no es posible situar el proceso regulador en el cuello de botella, la programación del proceso regulador deberá tener en cuenta siempre la capacidad máxima del cuello de botella.
4. Por último, para situaciones en las que el rediseño del sistema productivo se abre a todas las posibilidades, o bien se quiere diseñar un sistema partiendo de cero; el mismo interfaz podrá también ser establecido en base a la situación prevista del cuello de botella, o incluso a la inversa, se podrá decidir donde situar el cuello de botella en base al interés de mercado de situar el interfaz en algún punto determinado.

Así pues, interesaría enriquecer la teoría VSM mediante el empleo de las dos aportaciones al modelos llevadas cabo. La integración de conceptos basados en la TOC y la herramienta de cálculo carga-capacidad para la asignación de referencias a centros concretos.

7.6. CONTRIBUCIÓN

La presente sección 7 ha expuesto las conclusiones del estudio. Éstas responden al propósito inicial de la investigación y determinan la aplicabilidad del VSM como técnica para el rediseño de sistemas productivos en entornos de manufactura seriada.

Por otro lado, el estudio también ha servido como contribución al profundizar en más aspectos de su empleo y obtener conclusiones con las que:

- Promover pautas de actuación así como técnicas y herramientas complementarias disponibles para un empleo eficiente del VSM.
- Definir unos recursos mínimos en tiempo y equipo humano para su correcta aplicación.
- Aportar líneas futuras de estudio y aplicación para completar algunas carencias de la técnica.

Por tanto, se puede atestiguar la validez del VSM como técnica de apoyo al rediseño y mejora de los sistemas productivos en empresas de manufactura seriada y con diversidad de problemáticas logístico productivas. Así lo confirma tanto la satisfacción de las empresas como el análisis de los resultados.

No obstante, el empleo del VSM en las diferentes experiencias ha demostrado ciertas carencias y debilidades de la técnica en cuanto a:

1. Aconsejar pautas de actuación a seguir por el equipo implantador.
2. Despliegue y aportación de técnicas y conceptos complementarios de apoyo.

3. Nivel de formación exigido.

7.6.1. Pautas de actuación.

En cuanto al primero de los puntos, dicha disertación viene a contribuir con la aportación de ciertas pautas o guías de actuación dirigidas a los equipos que quieran aplicar el VSM y que han tenido sus frutos en las experiencias llevadas a cabo.

El VSM se puede desarrollar con mayor agilidad con el soporte de herramientas de ayuda para la recogida y tratamiento de datos. Por un lado, los Sistemas de Información de la empresa pueden apoyar la labor de recolección de datos. Por otro lado, no hay que desechar el empleo de herramientas informáticas como las hojas de cálculo para el correcto tratamiento de los datos a procesar.

El tiempo y esfuerzo requerido es muy variable, es difícil determinar la duración que puede tener, pero en todo es importante reconocer que la figura del coordinador es la que mayor carga de trabajo va a asumir y que en el caso de que no se dispongan de datos fiables en los Sistemas de Información, la fase de creación del mapa inicial va a ser el que limite la duración del proceso.

El disponer en el organigrama de personal específico con formación y dedicación al rediseño de los sistemas productivos garantiza obtener mayor potencialidad de la técnica y la obtención de mejores resultados en las implantaciones.

7.6.2. Técnicas y conceptos complementarios.

Como contribución en este aspecto, recalcar el interés en enriquecer la teoría VSM mediante las dos aportaciones al modelo llevadas cabo y desarrolladas en el punto 7.5.. La integración de conceptos basados en la TOC y la herramienta de cálculo carga-capacidad para la asignación de referencias a centros concretos.

Por otro lado, y de cara a que se agilice todo el proceso de aplicación, interesaría completar el VSM con alguna herramienta que relacione los indicadores

logísticos con indicadores económico financieros que rigen en muchos casos las decisiones de las empresas.

7.6.3. Nivel de formación.

El VSM es una técnica que requiere de un nivel alto de capacitación y formación del personal, sobre todo en conceptos avanzados de la Producción Ajustada, lo que impide en muchos casos el obtener toda la potencialidad de la técnica por falta de interiorización y convencimiento de ciertos conceptos como la producción nivelada en mezcla y volumen y en cuanto a sistemas de tirón. Así, la formación y divulgación previa de estos conceptos es importante para obtener lo máximo posible de la aplicación del VSM.

Por tanto y para finalizar, si bien el VSM ha demostrado su validez por medio de la presente investigación, el perfeccionamiento teórico de la técnica en los aspectos recientemente citados podría convertirla en la técnica de referencia en el ámbito del rediseño de sistemas productivos.

8. REFERENCIAS

8. REFERENCIAS

- Abdulmayek, F.A. y Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and Value Stream Mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*. Vol. 1107, pp. 223-236.
- Aguilar-Savén R.S. (2004) Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*. Vol. 90, No 2, pp. 129-149.
- Alreck, P.L. y Settle, R.B. (1985). *The survey research handbook*, Illinois, EEUU, Irwin.
- Arbulu, R.J., Tommelein, I.D., Walsh, K.D., Hershauer, J.C., (2003), Value stream analysis of a re-engineered construction supply chain, *Building Research and Information*. Vol. 31, No. 2 pp. 161-171.
- Ashworth, C.M. (1988) Structured Systems Analysis and Design Method (SSADM). *Information and Software Technology*, Vol. 30 No. 3.
- Ahlström, P. (1998). Sequences in the implementation of lean production. *European Management Journal*. Vol. 16, pp. 3327-334.
- Ball, P. (2004). Lean and Agile. Approaches to manufacturing and process improvement. (documento web), www.dmem.strath.ac.uk/csm, (visitado en abril de 2004).
- Baines T.S., Harrison D.K. , Kay J.M. y Hamblin, D.J. (1998), A consideration of modelling techniques that can be used to evaluate manufacturing strategies, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 14. pp. 369-375.
- Baker, P., (2003). We're all in this together, *Works Management*, No. 30, pp. 30-33.
- Baudin, M. (2002). *Lean Assembly. The Nuts and Bolts of making assembly operations flow*. Nueva York, EEUU, Productivity Press.
- Bernus P., Nemes, L. .y Williams T.J., (1996), *Architectures for Enterprise Integration*, Londres, Reino Unido, Chapman and Hall.

-
- Braglia, M., Carmignani, G. y Zammori, F. (2006). A new Value Stream Mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*. Vol. 44, No. 18-19 pp. 3929-3952.
- Bready, R. (2000). *Microsoft bookshelf*. Seattle, EEUU, Microsoft.
- Brown, K.L. e Inman, R.A. (1993). Small business and JIT: A managerial overview. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 13, No. 3, pp. 57-66.
- Bruce, M., Daly, L. y Towers, N. (2004). Lean or agile. A solution for supply chain management in the textiles and clothing industry?. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 24, No. 2, pp. 151-170.
- Burbidge J. L. (1971). Production flow analysis. *Production Engineering*. Vol. 50, No. 4-5, pp. 139-152
- Burns, R. (2000). *Introduction to research methods*. Londres, Reino Unido, Sage Publications.
- Chase, R.B., Aquilano, N.J. y Jacobs, F.J. (2000). *Administración de producción y operaciones*, Colombia, Mc Graw Hill.
- Checkland, P. (1981), *Systems thinking, systems practice*. New Jersey, EEUU, Wiley.
- Chen, H., Frank, M.Z. y Wu, O.Q. (2005). What actually happened to inventories of american companies between 1981 and 2000? *Management Science*. Vol. 51, No. 7 pp. 1015-1031.
- Christopher, M. y Towill, D.R. (2000). Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. *Supply chain management: An international journal*. Vol. 4, pp. 206-213.
- Collins, R.S. y Cordon, C. (1997). Survey methodologies issues in manufacturing strategy and practice research. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 17, pp. 697-706.
- Cooney, R. (2002). Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 22, No. 10 pp. 1130-1147.
- Coughlan, P. y Goghlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 22, pp. 230-240.
- Crespo, A. (1993). *Técnicas PUSH-PULL de fabricación: caracterización, análisis y alternativas*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- Davenport, T.H., (1993). *Process Innovation: Reengineering work through Information Technology*. Boston, Massachusetts, EEUU, Harvard Business School Press,
- Delamont, S. (1992). *Fieldwork in educational settings: methods, pitfalls and perspectives.*, Londres, Reino Unido, Falmer.

- Denzin, N.K. (1988). *The research act: a theoretical introduction to sociological methods.*, Nueva Jersey, EEUU, Prentice-Hall.
- De Toni, A., Caputo, M. y Vinelli, A. (1988). Production management techniques: Push–Pull Classification and Application conditions. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 8, No. 2, pp. 35-51.
- De Toni, A. y Tonchia, S. (2002). New production models: a strategic view. *International Journal of Production Research*. Vol. 40, No. 18, pp. 4721-4741.
- Dicken, P. (2003). *Global shift*, Londres, Reino Unido, Sage Publications.
- Dougmeints, G., Breuil, D. y Pun, L. (1983). *La gestion de la production assistée par ordinateur.*, Burdeos, Francia, Hermes.
- Downs, E., Clare, P. y Cole, I. (1988). *Structured Systems Analysis and Design Method: Application and Context*. Londres, Reino Unido, Prentice Hall.
- Duggan, K.J. (2002). *Creating mixed model value streams. Practical lean techniques for building to demand*. Nueva York, EEUU, Productivity Press.
- Drickhamer, D. (2006). Mail flow. *Material Handling Management*. Vol. 61, No. 3 pp. 26-34.
- Duguay, C., Landry, S. y Pasin F. (1997). From mass production to flexible-agile production. *International Journal of Production and Operations Management*. Vol. 17, No. 12 pp. 1183-1195.
- Dyer, W. y Wilkins, A.L. (1999). Better stories, not better constructs, to generate better theory: a rejoinder to Eisenhardt.. *Academy of management review*. Vol. 16, pp. 613-619.
- Eden, C. y Huxham, C. (1997). *Handbook of organizational studies*, Londres, Reino Unido, Sage Publications.
- Eisenhardt, K.M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*. Vol. 14, pp. 532-550.
- European Commission (2004) *Manufuture, a vision for 2020. Assuring the future of manufacturing in Europe*, Luxemburgo.
- Flynn, B.B., Schroeder R.G., Flynn, E.J., Sakakibara, S. y Bates K.A. (1997). World-class manufacturing project: overview and selected results. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 17, No. 7-8, pp. 671-685.
- Gaither, N. y Frazier, G. (2002). *Operations management*, Ohio, EEUU, South-Western.
- Garson, G.D. (2002). *Guide to writing empirical papers, theses and dissertations.*, Nueva York, EEUU, Marcel Dekker Inc.

-
- George, M.L. (2002). *Lean six sigma: combining Six Sigma quality with Lean speed*, Nueva York, EEUU, Mc Graw Hill.
- Gill, J. y Johnson, P. (1991). *Research methods for managers*, Londres, Reino Unido, Chapman publishing Ltd.
- Gillham, B. (2002). *Developing a questionnaire*, Londres, Reino Unido, Continuum.
- Goldratt, E.M. (1986). *La carrera*, Monterrey, Méjico, Castillo.
- Goldratt, E.M. (1993). *La meta: un proceso de mejora continua*, Madrid, España, Díaz de Santos.
- Goldratt, E.M. (2003). *Production the TOC way with simulator*, Massachusetts, EEUU, The North River Press.
- Goyal, S.K. y Deshmukh, S.G. (1992). A critique of the literature on Just In Time manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 12, No. 1. pp. 18-28.
- Greenfield, T. (1996). *Research methods: guidance for postgraduates*, Londres, Reino Unido, Arnold.
- Gregory, A. (2003), Look before you leap. *Manufacturing computer solutions*, Febrero. 30-31.
- Gregory, A. (2004), Running like clockwork, *Works Management*, Vol. 57, No. 2, 14-16.
- Hammer, M. (1990), Reengineering work don't automate, obliterate, *Harvard Business Review*, Vol. 68, No. 4, pp. 18-25.
- Hancock, W.M. y Zayko, M.J. (1998). Lean Production. Implementation problems. *IIE solutions*. Vol. June, pp. 38-42.
- Hall, R.W. (1981). *Driving the productivity machine: production and control in Japan*, Falls Church, EEUU, American Production and Inventory Control Society.
- Harris, R., Harris, C. y Wilson, E. (2003). *Making materials flow*, Massachusetts, EEUU, The lean enterprise institute.
- Harrison, A. (1992), *Just In Time Perspective*, Londres, Reino Unido, Prentice Hall.
- Hayes, R.H., Pisano, G., Upton, D. y Wheelwright, S. (2005), *Pursuing the competitive edge*, New Jersey, EEUU, Wiley.
- Hayes R.H. y Wheelwright S.C. (1979a). Link manufacturing process and product life cycle. *Harvard Business Review*. Vol. 57, pp. 133-140.
- Hayes R.H. y Wheelwright S.C. (1979b). The dynamics of product-process life cycles. *Harvard Business Review*. Vol. 57, pp. 127-136.
- Hines, P. y Essain A. (1999), Value stream mapping: a distribution industry application, *Benchmarking*:

-
- an International Journal*, Vol. 6, No. 1. pp. 60-77.
- Hines, P., Holweg, M. y Rich N. (2004). Learning to evolve. A review of contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 24, No. 10, pp. 994-1011.
- Hines, P. y Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 17, pp. 46-64.
- Hines, P y Taylor, D. (2000), *Going Lean: A guide for implementation*, Cardiff, Reino Unido, Lean Enterprise Research Center, Cardiff Business School.
- Hoekstra, S. y Romme, J., (1992). *Integrated Logistic Structures: Developing Customer Oriented Good Flows*. Londres, Reino Unido, Mc. Graw Hill.
- Holweg, M. (2000). The order fulfilment process in the automotive industry. 3daycar. *System and organisation streams*. Julio. pp. 1-54.
- Holweg, M. y Pil, F.K. (2004). *The second century. Reconnecting customer and value chain through build to order*, Londres. Reino Unido, The MIT Press.
- Holweg, M. (2006), The genealogy of lean production, *Journal of Operations Management*. Article In Press.
- Hopp, W.J. y Spearman, M.L. (2000) *Factory physics: foundations of manufacturing management*, New York, EEUU, Mc Graw Hill.
- Hopp, W. J. y Spearman, M.L. (2002). *Factory physics*. White paper series. To pull or not to pull, what is the question? (documento web), www.aug.edu, (visitado en mayo de 2004).
- Hsin-Pin, F., Tien-Hsiang C. y Ming-Ji W. (2001). A case study of the SME's organizational restructuring in Taiwan. *Industrial Management and Data Systems*. Vol. 101, No. 9 pp. 492-501.
- Huang, P.Y., Rees, L.P. y Taylor III, B.W. (1983). A simulation analysis of the japanese Just In Time technique (with Kanbans) for a multiline, multistage production system. *Decision Sciences*. Vol. 14, No. 3, pp. 326-344.
- Huang, C.C. y Liu, S.H. (2005), A novel approach to Lean control for Taiwan-funded enterprises in mainland China, *International Journal of Production Research*, Vol. 43. No 12, pp. 2553-2575.
- Hunt, I., O'Sullivan, D., Rolstadas, A., Horan, M. y Precup, L. (2004), Survey of manufacturing curricula from around the world, *Production Planning and Control*, Vol. 15, No. 1 , pp. 71-79.
- Huson, M. y Nanda, D. (1995). The impact of Just In Time manufacturing on firm performance in the US. *Journal of Operations Management*. Vol. 12, pp. 297-310.

-
- Hyer, N. y Wemmerlöv, U. (2002) *Reorganizing the factory*, Portland, Oregon, EEUU, Productivity Press.
- Ikei S.A. (2002) *Economía Vasca. Evolución sectorial (1976-2001)*. (documento web), www.cajalaboral.com, (visitado en octubre de 2004)
- Jacobs, J., (2003), Towbar maker is pulled by demand, *Works Management*, No. 10, pp. 10-13.
- James, T. (2006). Powering the transformation, *IEE Manufacturing Engineer*. Vol. 85, pp.126-31.
- James-Moore, S.M. y Gibbons, A. (1997). Is lean manufacturing universally relevant? An investigative methodology. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 17, No. 9, pp. 899-911.
- Jin-Hai, L., Anderson, R.A. y Harrison, R.T. (2003). The evolution of agile manufacturing. *Business Process Management Journal*. Vol. 9, No. 2, pp. 170-189.
- Jones, D.T., Hines, P. y Rich, N. (1997). Lean logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. Vol. 27, pp. 153-173.
- Keyte, B. (2002). *Value Stream Mapping and Management*. APICS Greater Jacksonville Seminar. (documento web), www.lean.org, (visitado en enero de 2004)
- Kitchenham, B., Pickard, L. y Pfleeger, S.L. (1995). Case studies for method and tool evaluation. *IEEE Software*. Vol. 12, pp. 452-62.
- Krajewski, L.J. y Ritzman, L.P. (1996). *Operations management. Strategy and analysis*, EEUU, Addison-Wesley publishing company.
- Lamming, R. (1993). *Beyond Partnership: Strategies for Innovation and Lean Supply*. Londres, Reino Unido, Prentice Hall.
- Lario, F.C., Poler, R., y Ortiz (2004). *Gestión de la cadena de suministro colaborativa. Un modelo decisional de ingeniería e integración inter-empresarial*, Cancún, Méjico,
- Lean Enterprise Institute (2004). *What is the theory of constraints, and how does it compare to lean thinking*. (documento web), www.lean.org, (visitado en abril de 2004)
- Lee, L.C. (1989). A comparative study of the push and pull production systems. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 9, No. 4, pp. 5-18.
- Lee, C.Y. (1993). A recent development of the integrated manufacturing system: A hybrid of MRP and JIT. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 13, No. 7, pp. 22-56.
- Lehendakaritza (1998). *Información sobre la Comunidad Autónoma del País Vasco ofrecida por el servicio de información de la presidencia de la comunidad*. (documento web),

-
- www.euskadi.net, (visitado en septiembre de 2004).
- Leonard-Barton, D. (1990). A dual methodology for case studies: synergistic use of a single site with replicates multiple sites. *Organisation Science*. Vol. 1, pp. 248-266.
- Mac Beth, D. y Ferguson, N. (1994). *Partnership sourcing, an integrated Supply Chain approach*. Londres, Reino Unido, Pitman.
- Mc Cutcheon, D. y Meredith, J. (1993), Conducting case study research in operations management, *Journal of Operations Management*, Vol. 11 No.3, pp. 239-256.
- Mackle, K. (2003), Take a walk downstream. *Metalworking production*, January, pp. 14-15.
- Marca D.A., Mc Gowan, C.L: (1988), *SADT: Structured Analysis and Design Technique*, Londres, Reino Unido. Prentice Hall.
- Marchwinski, C. (2004). *2004 State of Lean report*. (documento web), www.lean.org, (visitado en mayo de 2004).
- Marchwinski, C. y Shook, J. (2003) *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*, Massachusetts, EEUU, Lean Enterprise Institute.
- Mather, H. (1999) *How to profitably delight your customers*. Cambridge, EEUU, Woodhead.
- Meal, H.C. (1984). Putting production decisions where they belong. *Harvard Business Review*. Vol. 62, pp.102-111.
- Meredith, J. (1998). Building operations management theory through case and field research. *Journal of Operations Management*. Vol. 16, pp. 441-454.
- Merriam-Webster's unabridged dictionary (2000). EEUU, Merriam-Webster.
- Miles, M.B. y Huberman, A.M. (1984). *Qualitative data analysis: a sourcebook of new methods*, Londres, Reino Unido, Sage Publications.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical approach to management*. Norcross, EEUU, Industrial engineering and management press.
- Narasinham, R., Swink, M. y Kim, S.W. (2006). Disentangling leanness and agility: An empirical investigation. *Journal of Operations Management*. Vol. 24, pp. 440-457.
- Naruse, T. (2003). *Equalized and synchronized production*, Nueva York. EEUU, Productivity Press.
- Navarro, M., Olarte, F.J. y Rivera, O. (1997). *Fuentes estadísticas para un análisis comparado de la industria de la CAPV.*, Bilbao, Universidad de Deusto.
- Nave, D. (2002). How to compare six sigma, lean and the theory of constraints. *Quality progress*. Vol.

35, No. 3, pp. 73-78.

- Naylor, J.B., Naim, M.M. y Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the otal supply chain. *International Journal of Production Economics*. Vol. 62, 107-118.
- Ochoa, C. (1991). *El flujo de materiales como aspecto determinante en el diseño e implantación de sistemas de gestión de la producción en plantas industriales*. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco.
- Ochoa, C. y Arana, P. (1996). *Gestión de la producción. Concetos, tipología de problemas, métodos, problemas de implantación.*, San Sebastian, Editorial Donostiarra.
- Ohno, T. (1993) *El sistema de producción Toyota*, Barcelona, España, Ediciones Gestión 2000.
- Olhager, J. (2003) Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, Vol. 85, No 3, pp. 319-329.
- Oyarbide, A. (2003). Manufacturing systems simulation using the *principles of system dynamics*. Tesis doctoral, Cranfield University. Reino Unido.
- Pandya, K. (1995), Review of modelling technicques and tools for decision making in manufacturing management. *IEEE Proceedings. Science, Measurement and Technology*. Vol. 142, No 5, pp. 371-377.
- Paper, D.J., Rodger J.A. y Pendharkar, P.C. (2001). A BPR case study at Honeywell. *Business Process Management Journal*. Vol. 7, pp. 285-99.
- Pavnaskar, S.J., Gershenson, J.K. y Jambekar, A.B., (2003), Classification scheme for Lean manufacturing tools, *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 13, pp. 3075-3090.
- Peaucelle, J.L. (2000). From Taylorism to post-Taylorism. Simultaneously pursuing several management objectives. *Journal of Organizational Change Management*. Vol. 13, No. 5 pp. 452-467.
- Phillips, E.M. y Pugh, D.S. (2000). *How to get a PhD: a handbook for students and their supervisors*, Londres, Reino Unido, Open University Press.
- Pilkington, A. y Fitzgerald, R. (2006). Operations management themes, concepts and relationships: a forward retrospective of IJOPM. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 26, No. 11, pp. 1255-1275.
- Rahman Shams-ur (1998). Theory of constraints. A review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 18, 336-355.

-
- Renfro, B. (2006). Translating Lean. How efficiency tools can make your pressroom hum. *Flexo*. Julio, pp. 50-51.
- Roboam, M. (1993). *La méthode GRAI. Principes, Outils, Démarche et Pratique*, Toulouse, Francia, Teknea.
- Robson, C. (2002). *Real word research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*, Massachusetts, EEUU, Blackwell.
- Rother, M. y Harris, R. (2001) *Creating continuous flow*, Massachusetts, EEUU, Lean Enterprise Institute.
- Rother, M. y Shook, J. (1998) *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*, Massachusetts, EEUU, Lean Enterprise Institute.
- Rother, M. (2004). Value Stream Mapping in a make to order environment. (documento web), www.lean.org, (visitado en abril de 2004).
- Safayeni, F., Purdy, L., Van Engelen, R. Y Pal, S. (1991). Difficulties of Just-in-Time Implementation: A Classification Scheme. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 11, No. 7, pp. 27-36.
- Sakakibara, S., Flynn, B.B. y Schroeder R.G. (1993). A framework and measurement instrument for Just In Time manufacturing. *Production and Operations Management*. Vol. 2, No 3. pp. 177-194.
- Sakakibara, S., Flynn, B.B., Schroeder, R.G. y Morris, W.T. (1997). The impact of Just In Time manufacturing and its infraestructure on manufacturing performance. *Management Science*. Vol. 43, pp.1246-1257.
- Saunders, M., Lewis, P. y Thornhill, A. (1997). *Research methods for business students*, Londres, Reino Unido, Pitman publishing.
- Schippers, W, A, J. (2000) *Structure and applicability of quality tools*. Tesis doctoral. Eindhoven University of Technology, Holanda.
- Schonberger, R.J. (1986). *Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity*, Nueva York, EEUU, The Free Press.
- Seth, D. y Gupta V., (2005). Application of Value Stream Mapping for Lean operations and cycle time reduction: an Indian case study, *Production planning and control*, Vol. 16, No. 1, 44-59
- Shah, R. y Ward, P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*. Vol. 21, pp. 2129-149.
- Shingo, S. (1981) *Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint.*, Tokyo.

Japón, Japan management association.

- Shingo, S. (1985) *A revolution in manufacturing: The SMED system*, Massachusetts, EEUU, Productivity Press.
- Shook, J. (2002). Misunderstandings about Value Stream Mapping, flow analysis and takt time. (documento web), www.lean.org, (visitado en enero de 2004).
- Sillince, J.A.A. y Sykes, G.M.H. (1993). Integrating MRPII and JIT: A management rather than a technical challenge. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 13, No. 4, pp. 18-31.
- Singh, R.K., Kumar S., Choudhury, A.K. y Tiwari, M.K., (2006). Lean tool selection in a die casting unit: a fuzzy-based decision support heuristic. *International Journal of Production Research*, Vol. 44, No. 7, pp. 1399-1429.
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A. y Johnston, R. (1998). *Operations management*, Londres, Reino Unido, Prentice Hall.
- Smalley, A., (2004), *Creating level pull*, Massachusetts, EEUU, The Lean Enterprise Institute
- Snow, C.C. y Thomas, J.B. (1994). Field research methods in strategic management. Contributions to theory building and testing. *Journal of Management Studies*. Vol. 31, No. 4, pp. 457-480.
- Sohal, A.S., Keller, A.Z. y Fouad, R.H. (1988). A review of literature relating to JIT. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 9, No. 3, pp. 15-25.
- Sohal, A.S., Ramsay, L. y Samson, D. (1993). JIT manufacturing: Industry analysis and a methodology for implementation. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 13, No. 7, pp. 22-56.
- Stalk, G. y Hout, T. (1990), *Competing against time: How time based competition is reshaping global markets*. Nueva York, EEUU, The Free Press.
- Stanescu, A.M., Dumitrache I., Curaj, A., Caramichai, S.I. y Chircor, M. (2002). Supervisory control and data acquisition for virtual enterprise. *International Journal of Production Research*, Vol. 4, No. 5, pp. 3545-3559.
- Sterman, J.D. (2000). *Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world*. EEUU, Mc Graw Hill Higher Education.
- Sullivan G.W., Mc Donald T.N. y Van Aken E.M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and computer integrated manufacturing*. Vol. 18, pp. 255-265.
- Suri, R. (1998). *Quick Response Manufacturing*, Portland, Oregon, EEUU, Productivity Press.
- Suri, R. (2003). *QRM and POLCA: A winning combination for manufacturing enterprises in the 21st*

-
- century. Center for Quick Response Manufacturing. (documento web), <http://www.apics-nwie.org/QRM.pdf>, (Visitado en febrero de 2004).
- Suzaki, K. (1987). *The new manufacturing challenge*, Nueva York, EEUU, The Free Press.
- Tapping, D., Luyster, T. y Shuker, T. (2002a) *Value Stream management. Eight steps to planning, mapping and sustaining Lean Improvements*, Nueva York, EEUU, Productivity Press.
- Tapping, D. y Shuker, T. (2002b) *Value Stream management for the lean office. Eight steps to planning, mapping and sustaining lean improvements in administrative areas*, Nueva York, EEUU, Productivity Press.
- The Productivity Press development team (2002) *Pull production for the shopfloor*, Nueva York, EEUU, Productivity Press.
- Tomlinson, C. (2002). Application of lean techniques in a discrete manufacturing environment. *Control*. Noviembre. pp. 23-26.
- Tubino, F. y Suri, R. (2000). What kind of "numbers" can a company expect after implementing Quick Response Manufacturing? *Quick Response Manufacturing Proceedings*, Michigan, EEUU, pp. 943-972. Society of Manufacturing Engineers Press.
- Van Hoek R. (2001), The rediscovery of postponement a literature review and directions for further research. *Journal of Operations Management*, Vol. 19, pp. 161-184.
- Vicens, E. y Alemany, M.E. (2001). *Metodología para el diseño y operación de los sistema de ayuda a la toma de decisiones en planificación jerárquica de la producción*. (documento web), <http://io.us.es/cio2001/cd/articulos/UPV/UPV-16.ht>, (visitado en enero de 2005).
- Voelkel, J.G. y Chapman, C., (2003), Value Stream Mapping: This tool puts you and your customer on the same page, *Quality Progress*, May, pp. 65-69.
- Voss, C., Tsiriktsis, N. y Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 22, No. 6, pp. 589-613.
- Ward, P. y Zhou, H. (2006). Impact of information technology integration and Lean/Just In Time practices on Lead-Time performance. *Decision Sciences*. Vol., 37, No. 2, pp. 177-203.
- Watson, K.J., Blackstone, J.H. y Gardiner, S.C. (2006). The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. *Journal of Operations Management*. Article in press,
- Waurzyniak, P. (2005). Lean ay NUMMI. *Manufacturing Engineering*. Vol. 135, pp. 373-84.
- White, R.E. y Prybutok, V. (2001). The *relationship between JIT practices and type of production system*. *The International Journal of Management Science*. Vol. 29, pp. 113-124.
- Williams, T.J., Bermus, P., Brosvic, D.y Chen, D. (1994) Architectures for integrating manufacturing

activities and enterprises. *Computers in Industry*. Vol. 24, pp. 111-140.

Williams T.J. (1998), *The Purdue Enterprise Reference Architecture and Methodology (PERA)*, en Molina A., Sanchez J.M. y Kusiak A. ed. *Handbook of Life Cycle Engineering: Concepts, Tools and Techniques*. Londres, Reino Unido, Chapman and Hall.

Winter, R.S. (2000). *Manual de trabajo en equipo*, Madrid, España, Díaz de Santos.

Woll, C.A. (2003). *Identifying value in instructional production systems: mapping the value stream*. Tesis doctoral, Utah State University. Department: Instructional Technology.

Womack, J.P. (2001). *Jim Womack's email messages: 10 lean steps for surviving the recession*. (documento web), www.lean.org, (visitado en enero de 2004)

Womack, J.P. (2002a). *Jim Womack's email messages: LEI-s new indicator that can't lie*. (documento web), www.lean.org, (visitado en enero de 2004)

Womack, J.P. (2002b). *The product family matrix: Homework before Value Stream Mapping*. (documento web), www.lean.org, (visitado en enero de 2004)

Womack, J.P. y Jones D.T. (1994). From lean production to the lean enterprise. *Harvard Business Review*, Vol. 72, pp. 93-103.

Womack, J.P. y Jones D.T. (1996a). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*. Vol. 74, pp. 140-150

Womack, J.P. y Jones, D.T. (1996b). *Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*, Londres, Reino Unido, Touchstone books.

Womack, J. y Jones, D. (1997). Apply lean thinking to a value stream to create a lean enterprise. *The antidote*. Vol. 8., pp. 11-14.

Womack, J.P., Jones, D.T. y Roos D. (1990). *La máquina que cambió el mundo*, Madrid, España, Mc Graw Hill.

Womack, J.P., Womack, J. y Jones, D.T. (2002). *Seeing the Whole: Mapping the extended Value Stream*, Massachusetts, EEUU, Lean Enterprise Institute.

Wu, B. (1996). *Manufacturing systems design and analysis. Context and techniques*, Londres, Reino Unido, Chapman and Hall

Yang Hua L. y Van Landeghem, H. (2005). *Simulation based Value Stream Mapping: the formal modelling procedure*. 12th European Concurrent Engineering Conference, 79-85. Toulouse, Francia.

Yin, R.K. (1993). *Applications of case study research*, Thousands Oaks, EEUU., Sage Publications.

Yin, R.K. (1994). *Case study research*, Thousands Oaks, EEUU., Sage Publications.

Yusuf, Y.Y. y Adeleye, E.O. (2002) A comparative study of lean and agile manufacturing with a related survey of current practices in the UK. *International Journal of Production Research*. Vol. 40, No. 17 pp. 4545-4562.

Zhongjun, T., Rongqiu, C. y Xuehong, J. (2005). An innovation process model for identifying manufacturing paradigms. *International Journal of Production Research*. Vol. 43, No. 13 pp. 2725-2742.

ANEXOS

ANEXO A. ICONOS, MAPAS Y PLANIFICACIÓN VSM

ANEXO A. ICONOS, MAPAS Y PLANIFICACIÓN VSM

Tabla 73. Iconos de material VSM (Marchwinski et al., 2003).

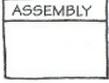
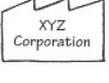
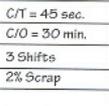
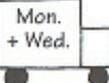
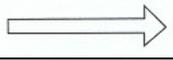
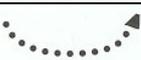
Iconos de material	Representa	Notas
	Proceso.	Una caja de proceso representa un área de flujo. Todos los procesos deben estar identificados. También se emplea para departamentos, como Control de Producción.
	Fuentes externas.	Se emplea para mostrar clientes, proveedores, y procesos de producción externos.
	Caja de datos.	Se emplea para registrar información concerniente a un proceso de fabricación, departamento, cliente, etc.
	Expediciones y entregas en camión.	Anotar frecuencia de expediciones.
	Inventario.	Anotar cantidad y tiempo.
	Movimiento de material de producción por empuje.	Material que es producido y movido hacia delante antes de que lo necesite el siguiente proceso; usualmente basado en una programación.
	Movimiento de producto terminado al cliente.	
	Ruta del lechero.	
	Transporte expedito.	
	Supermercado.	Inventario controlado de piezas que se emplea para programar la producción.
	Retirada.	Tirar materiales, habitualmente desde un supermercado.
	Transferencia de cantidades controladas de material entre procesos en una secuencia de 1º que entra, 1º que sale.	Indica un método para limitar la cantidad y asegurar un flujo FIFO de material entre procesos. La cantidad máxima debe ser anotada.
	Buffer o Stock de Seguridad.	Se debe anotar si es buffer o Stock de Seguridad.

Tabla 74. Iconos de información VSM (Marchwinski et al., 2003).

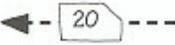
Iconos de información	Representa	Notas
	Flujo de información manual.	Por ejemplo, programa de producción o de expediciones.
	Flujo de información electrónica.	Por ejemplo vía Intercambio Electrónico de datos (EDI).
	Información.	Describe un flujo de información.
	Kanban de producción la línea discontinua indica el camino del Kanban).	Kanban "unidad por cada contenedor". Tarjeta o elemento que muestra y permite a un proceso cuantas unidades y de qué referencia deben ser producidas.
	Kanban de retirada o de transporte.	Tarjeta o elemento que ordena al acarreador coger y transportar piezas (por ejemplo desde un supermercado al proceso consumidor).
	Señal kanban.	Kanban "unidad por cada lote". Señala que se ha llegado a un punto de reaprovisionamiento y que debe ser producido otro lote. Se emplea cuando el proceso proveedor debe producir en lotes ya que se requieren preparaciones.
	Buzón kanban.	Lugar donde se colectan los Kanban y se mantienen hasta su transporte.
	Kanbans llegando en lotes.	
	Nivelación de la carga.	Herramienta que se emplea para interceptar lotes de kanbans y nivelar el volumen y mix de los mismos para un periodo de tiempo.
	Centro de control.	Frecuentemente un sistema computerizado como un MRP.
	Teléfono.	Habitualmente empleado para expedir información.
	Ordenes.	Frecuentemente en formato electrónico.

Tabla 75. Iconos generales VSM (Marchwinski et al., 2003).

Iconos generales	Representa	Notas
	Operario.	Representa un a persona vista desde arriba.
	Señales kaizen.	Muestra necesidades de mejoras en un mapa en procesos específicos que son críticos para conseguir la visión del flujo del valor.
	Programación ir y ver.	Ajusta programas basándose en verificar niveles de inventario.

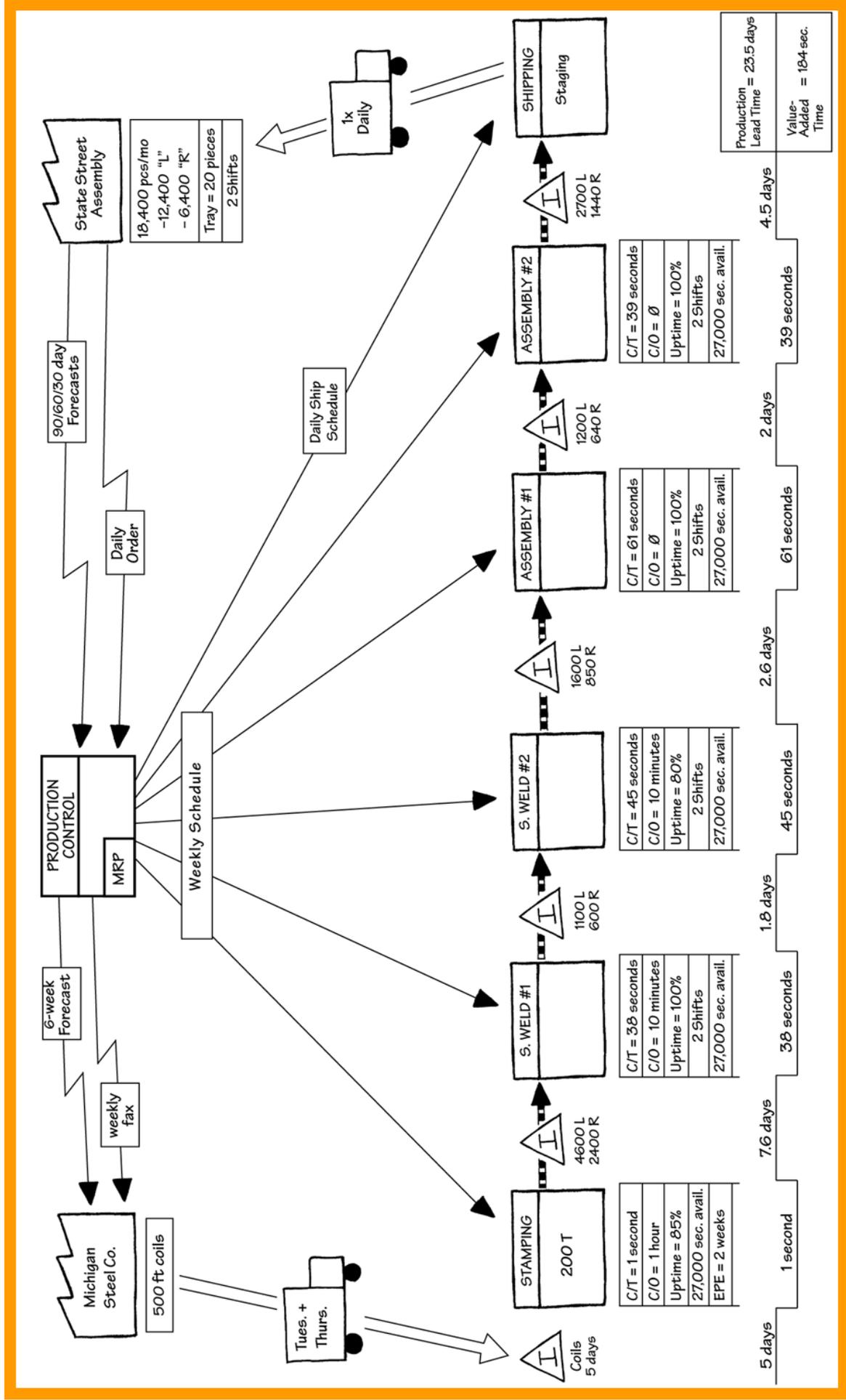


Fig. 42. Mapa de la situación inicial de un ejemplo de empresa (Rother et al., 1998)

Análisis de la aplicabilidad de la técnica VSM en el rediseño sistemas productivos

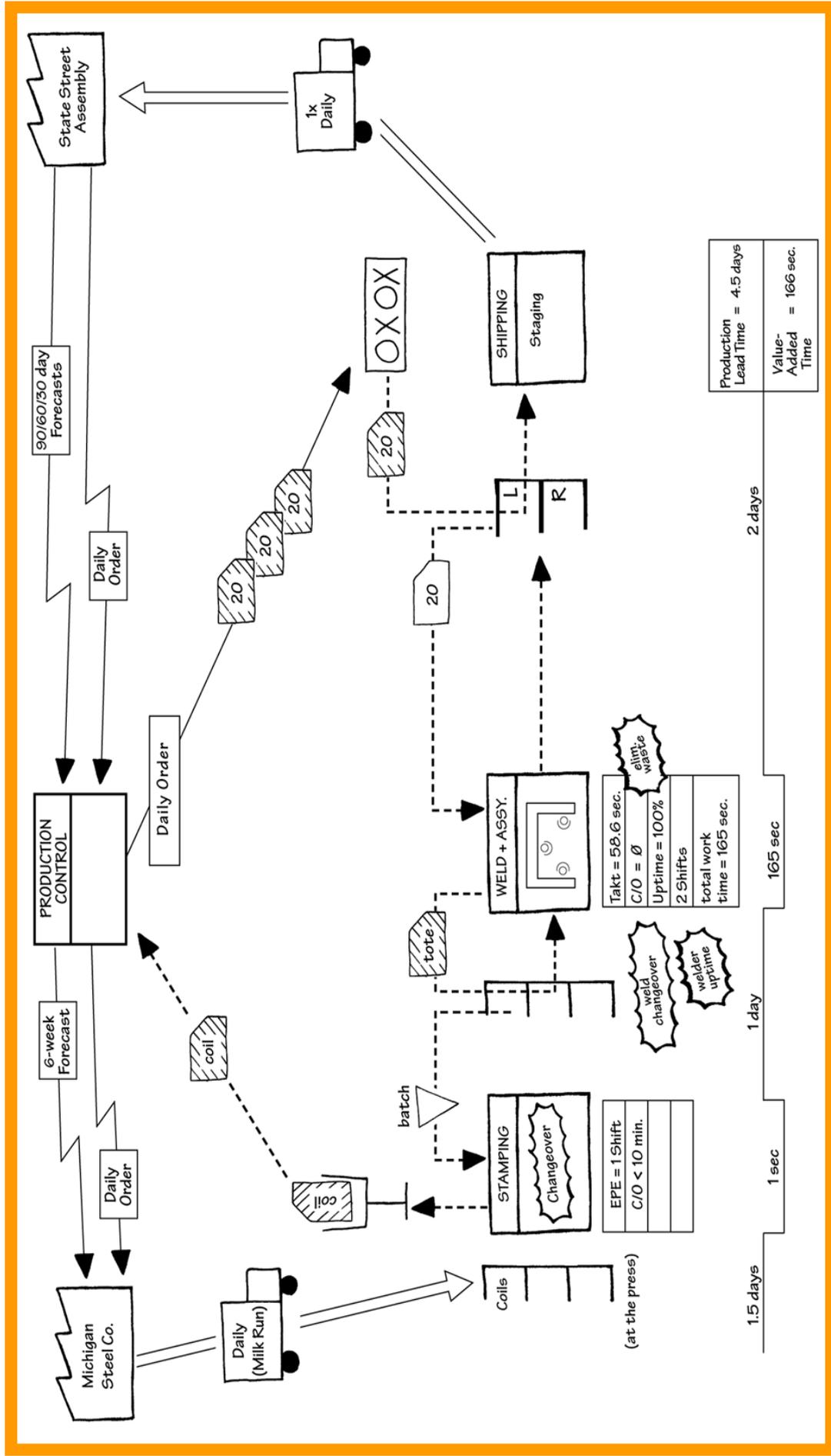


Fig. 43. Mapa de la situación futura del mismo ejemplo de empresa (Rother et al., 1998)

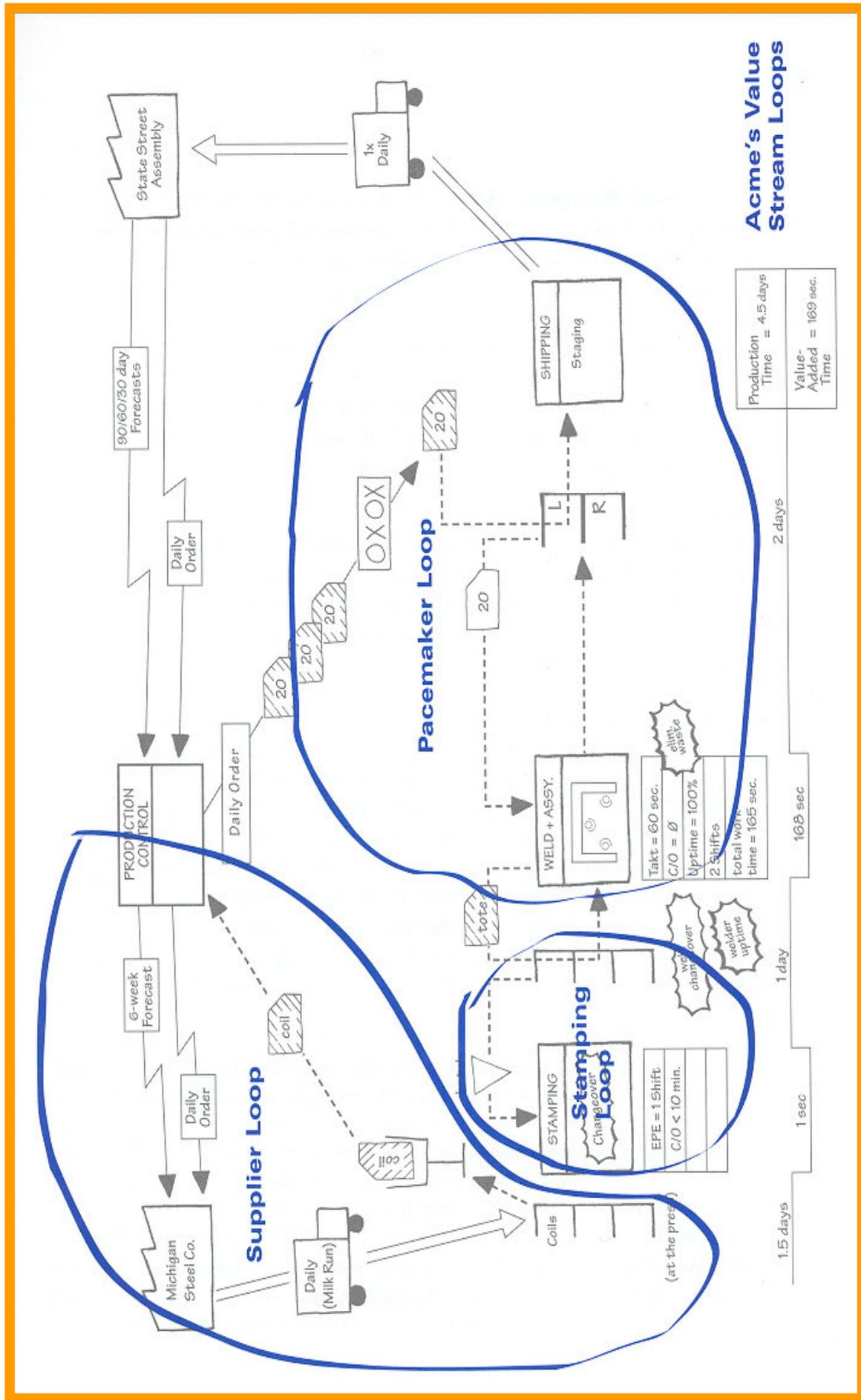


Fig. 44. Determinación de lazos. (Rother et al., 1998)

Fecha:		PLAN ANUAL DE LA CADENA DE VALOR.												Firmas.						
Director:		Programa mensual												Director	Sindicato	Ingeniería	Mto.			
Val. Stream Mgr:																				
Objetivos familia	Loop	Objetivo	Meta (cuantificable)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rble.	Dptm implicado	Revisor	Revisión Fecha	
Mejorar la rentabilidad de los "paneles de dirección".	1.- Proceso Regulador	Flujo cont. sold-mont.	Stock en curso=0																	
		Kaizen a 168 seg.	Tcl<168 seg																	
		cambio soldadura	Tc<30 seg.																	
	2.- Prensa de estampación	Eficiencia de sold. n°2	Ef=100%																	
		Pull de PT	2 días de PT																	
		Rutas del acarreador	Programa Pull																	
	3.- Proveedor	Pull en la prensa	Inv.= 1día + programa Pull																	
		Cambio de estampas	Lote=300/160u. Tc<10min.																	
			Pull bobinas diariamente	Entrega diaria y MP <1,5 días.																
	Familia de productos: Paneles de dirección																			

Fig. 45. Ejemplo de planificación de proyectos de mejora (Rother et al., 1998).

ANEXO B. FORMULARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

ANEXO B. FORMULARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

B1.- INTRODUCCIÓN

El presente documento muestra los diferentes formularios de recogida de datos empleados durante la investigación. Cada uno de ellos corresponde a diferentes fases de la investigación, persigue diferentes propósitos así como emplea diferentes métodos de recogida de información.

A continuación se numeran dichas fuentes de información y se realiza una breve descripción de las mismas.

1. Entrevista telefónica para validación de casos.
2. Entrevista de definición de equipo.
3. Observación del proceso VSM.
4. Entrevista final de evaluación.

B1.1. Entrevista telefónica para validación de casos

Objetivos

Validar la diversidad de las empresas manufactureras de producción seriada seleccionadas (Miles et al., 1984).

Contrastar los datos de la empresa y la información sobre el proyecto fin de carrera solicitado.

Caracterizar la tipología del sistema productivo de la línea de producto a tratar en el proyecto.

Ampliar conocimientos sobre las experiencias particulares relacionadas con el desarrollo de la Producción Ajustada llevadas a cabo en la empresa en cuestión. Valorar el nivel alcanzado en cuanto a la Producción Ajustada.

Etapa de aplicación

Esta entrevista se realiza en la Etapa número 1. "Selección de empresas" (ver tabla 16). Una vez efectuada la fase de filtrado y selección de empresas dedicadas a la producción seriada dispuestas a realizar un proyecto relativo a solucionar un problema relacionado con el sistema productivo.

Tras haber realizado y evaluado la conformidad del caso se planteará a cada empresa la aplicación del VSM.

Medio

Entrevista telefónica con el interlocutor de la empresa.

Duración prevista

0,25 horas.

B1.2. Entrevista de definición de equipo

Objetivo

Determinar el perfil del equipo formado y el nivel de compromiso y convencimiento alcanzado tras la formación en VSM.

Etapa de aplicación

En la misma etapa nº1 “Selección de empresas”. Tras la creación de los equipos de aplicación de VSM y una vez formado este en relación a la Producción Ajustada y al VSM. Será el hito previo a la etapa nº2 de aplicación de VSM.

Medio

Entrevista al equipo tras la fase de formación. La primera parte se cumplimenta con todos los miembros del equipo. La segunda parte la responde únicamente el responsable del flujo de valor.

Duración prevista

0,5 horas.

B1.3. Observación del proceso VSM

Objetivo

Recoger información de tipo cuantitativa durante las etapas de aplicación del VSM. Esta información será posteriormente cruzada con la proveniente de la entrevista final.

Etapas de aplicación

La observación se dará durante todas las fases de aplicación del VSM en la Etapa nº2 de la investigación “Aplicación de la técnica VSM”.

Medio

El equipo investigador irá adquiriendo los datos solicitados en el formulario durante los meses planificados.

B1.4. Entrevista final de evaluación

Objetivo

Obtener el contraste o la triangulación necesaria para validar la información proveniente del equipo investigador con las impresiones derivadas del equipo implantador (Denzin, 1988), (Voss et al. 2002), (Eisenhardt, 1989). Es la entrevista clave o más importante de toda la investigación.

Obtener información adicional difícil de adquirir mediante la previa.

Etapas de aplicación

La entrevista final se dará en la etapa nº3 "Evaluación del VSM". Los resultados de dicha entrevista se contrastarán con la información recogida durante la investigación. Esta evaluación se realizará a los 6 meses de la aprobación del plan. Para tal fin se puede aprovechar la última visita de observación.

Medio

Entrevista al equipo.

Duración prevista

1 hora.

B1.5. Consideraciones para el empleo de los formularios

Son cuestionarios semi-estructurados en los que hay preguntas tanto abiertas como cerradas, dependiendo del carácter de la información que se quiera obtener.

Entre las preguntas cerradas se dan dos tipos de casos en los que se requiere una respuesta numérica. A continuación se expone su modo de empleo.

Calificación de 1 a 5

En las cuestiones a responder mediante una calificación numérica, se da la opción de elegir entre 5 niveles de los cuales se citan aquí los significados de los valores extremos.

1: Negativo, poco importante, poca influencia, muy bajo.

5: Muy positivo, muy importantes, mucha influencia, muy alto.

Calificación 1, 3, 9

En algunos otros casos se requiere una valoración ponderada en la que se da opción a elegir entre tres niveles 1, 3 y 9. El valor de cada uno de ellos se presenta a continuación:

1: Baja influencia, poco valor.

3: Media influencia, valor medio.

9: Alta influencia, alto valor.

B2. ENTREVISTA TELEFÓNICA PARA VALIDACIÓN DE CASOS

1.- Repaso y comprobación de los apartados de la información referente a la definición técnica y a la captación preliminar del proyecto.

- Título del proyecto.
- Empresa.
- Descripción/enmarque.
- Objetivos.
- Sector empresa.
- Tipo de producto.
- N° de operarios.
- Responsable del proyecto en la empresa.
- Título académico.
- Cargo.

2.- Descripción del sistema productivo de la línea de producto donde se sitúa el problema.

- Descripción de la familia de productos.
- Número de referencias que conforman la familia.
- Principales procesos de fabricación.
- Proceso IVAT (Hines et al. 1997).
- Tipo de distribución en planta.
 - Funcional u orientada al proceso.
 - Orientada al producto.
 - Híbrida: numerar procesos funcionales y los enfocados al producto.
- Tipo de producción.
 - Contra stock.
 - Bajo pedido.
 - Ensamblaje bajo pedido.
 - Otro.

Nombrar experiencias previas de proyectos *lean* lanzados (completar tabla 76)

Tabla 76. Experiencias lean.

Experiencia	Si/No
<i>Reducción de los tiempos de cambio.</i>	
<i>Sistemas pull.</i>	
<i>Entregas JIT de proveedores.</i>	
<i>Rediseño de la distribución en planta.</i>	
<i>Nivelación de la producción.</i>	
<i>Otras (mejoras de eficiencias)</i>	

¿Cuándo se comenzó con estas experiencias?

¿Se sigue con las mismas? (sí/no).

Éxito alcanzado: 1-5. (1: fracaso, 5: éxito absoluto).

Razones o claves para su éxito y/o fracaso.

Nota global de nivel *lean* (Calificar de 1 a 5 por el entrevistador tras una evaluación de las 5 respuestas anteriores).

B.3. ENTREVISTA DE DEFINICIÓN DE EQUIPO

Cuestionario dirigido al equipo

Tabla 77. Plantilla de perfil de equipo.

<i>Figura</i>	<i>Cargo</i>	<i>Titulación</i>	<i>Años de experiencia.</i>	<i>Liberación VSM. (sí/no)</i>	<i>Nivel inicial lean (1 a 5)</i>	<i>Convencimiento tras formación (1 a 5)</i>
Rble. del flujo de valor.						
Facilitador						
Miembro extra 1						

Cuestionario dirigido al responsable del flujo

¿Qué criterio se aplica para realizar inversiones? (marcar la más importante).

1. Justificación económica a pesar de los problemas que supone la cuantificación monetaria de mejoras logísticas.
2. Justificación significativa a nivel de mejora de desempeño productivo (indicadores como reducción de periodo de maduración, reducción de recorridos...).
3. Mínima justificación a nivel de desempeño logístico.

B4. OBSERVACIÓN

B4.1.- Elección del flujo de valor

Carga de trabajo

- Número de reuniones del equipo:
- Horas dedicadas a las reuniones:

Carga de trabajo de cada figura del equipo (completar tabla 78).

Tabla 78. Plantilla de carga de trabajo.

Figura	Horas dedicadas (reuniones incluidas)
<i>Responsable del flujo de valor</i>	
<i>Facilitador.</i>	
<i>Coordinador.</i>	
<i>Guía asesor.</i>	

Periodo de maduración de la etapa.

Desviación respecto a planificación inicial de la etapa (en principio son 4 las semanas planificadas).

Proceso de elección de la familia de productos

Criterio empleado (marcar en tabla 79).

Tabla 79. Diferentes vías para agrupar productos (Hyer et al., 2002).

Criterio para identificar macrofamilias de productos		Ejemplo
1.- Tipo de producto.	<i>Cada familia la conforman productos del mismo tipo o misma función.</i>	<i>Motores y generadores</i>
2.- Mercado.	<i>Mercado geográfico o tipo de cliente: distribuidor, final, etc.</i>	<i>Europa, Norteamérica</i>
3.- Clientes.	<i>Familia de productos que se venden a uno o varios clientes concretos.</i>	<i>Una familia para dos clientes dominantes, el resto de productos conforman una tercera familia.</i>
4.- Grado de contacto con el cliente.	<i>Agrupar productos de acuerdo con el grado de influencia que tiene el cliente sobre el producto final.</i>	<i>Todos los productos stockados en una familia, todos los fabricados bajo pedido en otra, etc.</i>
5.- Volumen de venta.	<i>Agrupar productos con similar volumen de ventas.</i>	<i>Alto volumen, bajo volumen.</i>
6.- Patrones de pedidos.	<i>Agrupar productos en base a los diferentes patrones de recibir pedidos.</i>	<i>Series largas y repetitivas por un lado, series cortas e irregulares por otro.</i>
7.- Base competitiva.	<i>Agrupar productos en base a sus argumentos de venta.</i>	<i>Por un lado los de bajo coste y rápida entrega, por otro los productos personalizados.</i>
8.- Tipo de proceso.	<i>Aquellos productos con similares procesos en la misma familia.</i>	<i>Todos los que requieren montaje por un lado, todos los que no por otro.</i>
9.- Características de productos.	<i>Productos con similares características físicas o materias primas.</i>	<i>Grandes vs. pequeños, ligeros vs. pesados, etc.</i>

Nombrar algoritmo o método empleado en la agrupación (P-Q, ABC, Matriz de familia de productos...)

B4.2. Creación del mapa inicial

Carga de trabajo

- Número de reuniones del equipo:
- Horas dedicadas a las reuniones:

Carga de trabajo de cada figura del equipo (completar tabla 80).

Tabla 80. Plantilla de carga de trabajo.

Figura	Horas dedicadas (reuniones incluidas)
<i>Responsable del flujo de valor</i>	
<i>Facilitador.</i>	
<i>Coordinador.</i>	
<i>Guía asesor.</i>	

Periodo de maduración de la etapa.

Desviación respecto a planificación inicial de la etapa (en principio son 8 las semanas planificadas).

Disponibilidad de datos

Empleo de Sistemas de Información como apoyo a la recogida de datos *in situ* en planta en los siguientes aspectos (completar tabla 81).

Tabla 81. Plantilla de empleo de Sistemas de Información.

Aspecto	Si/No
<i>Demanda clientes.</i>	
<i>Datos de procesos.</i>	
<i>Datos de inventarios.</i>	

Herramientas adicionales

Citar herramientas o soportes adicionales para reflejar mejor la situación actual en el mapa: diagramas de procesos, tratamiento de datos en hojas de cálculo...

B4.3.- Creación del mapa futuro

Carga de trabajo

- Número de reuniones del equipo:
- Horas dedicadas a las reuniones:

Carga de trabajo de cada figura del equipo (completar tabla 82).

Tabla 82. Plantilla de carga de trabajo.

Figura	Horas dedicadas (reuniones incluidas)
<i>Responsable del flujo de valor</i>	
<i>Facilitador.</i>	
<i>Coordinador.</i>	
<i>Guía asesor.</i>	

Periodo de maduración de la etapa.

Desviación respecto a planificación inicial de la etapa (en principio son 8 las semanas planificadas).

Nivel lean del mapa futuro

Aplicación de conceptos *lean* en el mapa futuro (completar tabla 83).

Tabla 83. Plantilla de conceptos *lean*.

Concepto	Empleo (Sí/No)
<i>Takt time</i>	
<i>Flujo continuo.</i>	
<i>Sistema PULL de Supermercado.</i>	
<i>Sistemas PULL secuencial (FIFO)</i>	
<i>Elección de proceso regulador</i>	
<i>Nivelación de la producción-mix.</i>	
<i>Nivelación de la producción-Volumen.</i>	
<i>Empleo de paneles heijunka.</i>	

Citar aplicaciones de conceptos no directamente relacionados con la Producción Ajustada.

B4.4.- Definición del plan de trabajo

Carga de trabajo

- Número de reuniones del equipo:
- Horas dedicadas a las reuniones:

Carga de trabajo de cada figura del equipo (completar tabla 84)

Tabla 84. Plantilla de carga de trabajo.

Figura	Horas dedicadas (reuniones incluidas)
Responsable del flujo de valor	
Facilitador.	
Coordinador.	
Guía asesor.	

Periodo de maduración de la etapa.

Desviación respecto a planificación inicial de la etapa (en principio son 4 las semanas planificadas).

B4.5. Implantación del plan de trabajo

Esta evaluación se realizará a los 6 meses de la aprobación del plan y la observación consistirá en una visita a planta y el contraste con el *planning*.

- Porcentaje de planes cumplidos.
- Porcentaje de cumplimiento de cada proyecto.
- Desviación respecto a *planning* en tiempo.

B4.6. Resumen del proceso VSM en su conjunto

Carga de trabajo

- Número de reuniones del equipo:
- Horas dedicadas a las reuniones:

Carga de trabajo total de cada figura del equipo (completar tabla 85).

Tabla 85. Plantilla de carga de trabajo.

Figura	Horas dedicadas (reuniones incluidas)
Responsable del flujo de valor	
Facilitador.	
Coordinador.	
Guía asesor.	

Periodo de maduración total.

Desviación respecto a planificación inicial (en principio son 12 las semanas planificadas).

Etapa más costosa.

B5. ENTREVISTA FINAL DE EVALUACIÓN

El equipo contestará a una serie de preguntas formuladas en base a la secuencia de las etapas.

B5.1. Elección de familia

No hay preguntas.

B5.2. Creación del mapa inicial

Impresión sobre el apoyo prestado por los Sistemas de Información disponibles en la empresa para la recogida de datos.

¿Hasta que punto ha resultado necesaria la recogida *in situ* de datos en planta?

¿Cuáles han sido las mayores dificultades para reflejar la situación actual en el mapa? (Ponderar 1, 3 o 9)

- Adecuación gráfica de iconos.
- Necesidad de tratamiento de datos en hojas de cálculo.

- Necesidad de herramientas adicionales (diagramas de procesos...)
- Otros.

B5.3. Creación del mapa futuro

¿Qué salto cualitativo refleja el mapa respecto a la situación actual (1 a 5)?

¿A qué razón se debe ese salto cualitativo?

¿Por qué no un mayor grado de ambición (Marchwinski, 2004)? Citar una razón principal.

- Resistencia tradicional al cambio.
- Falta de conocimiento para la implantación.
- Falta de crisis para crear una sensación de urgencia.
- El sistema de contabilidad de costes tradicional no reconoce el valor financiero de las mejoras a nivel de planta.
- Resistencia de los mandos.
- La Producción Ajustada se ve como una moda.
- Fracaso al intentar desplazar responsables de poner frenos al cambio.
- Resistencia de los trabajadores.
- Resistencia de los supervisores.
- Fracaso de anteriores proyectos relacionados con la Producción Ajustada.
- Otras razones (exponerla):

¿Es necesaria una vía de alcance intermedio?

¿Es necesario el empleo de herramientas de simulación teniendo en cuenta el tiempo y esfuerzo requerido) para la demostración de las mejoras en la situación futura?

B5.4. Definición del plan de trabajo

Razón por la que se ha optado por el criterio de ordenamiento de los *loops*.

B5.5. Implantación del plan de trabajo.

A los 6 meses contrastar con el equipo los datos provenientes de la observación.

- Porcentaje de planes cumplidos.
- Porcentaje de cumplimiento de cada proyecto.
- Desviación respecto a planning en tiempo.

Razón de la desviación.

Medición de indicadores de mejora (Sí/No).

¿En el caso de que se hayan medido, que mejora se ha dado?

Satisfacción con el proceso de implantación (1 a 5).

¿Se ha realizado algún descargo ante la Dirección? ¿Cuántos?

¿Qué intenciones futuras hay respecto al planning inicial?

B5.6. Resumen del proceso VSM.

(Hasta la etapa nº4: "Definición del plan de trabajo").

Ponderar el esfuerzo (1,3,9) de cada una de las siguientes etapas.

1. Elección familia
2. Creación mapa inicial.
3. Creación mapa futuro.
4. Definición de planes de mejora.

Razón por la que la etapa más dura ha resultado ser tal.

Enumerar las principales razones por las que ha habido desviaciones respecto a la planificación inicial (en el caso de que haya desviaciones).

B5.7.- Fortalezas y debilidades del VSM

Calificación del VSM como herramienta para el diagnóstico y mejora de los sistemas productivos (Calificación de 1 a 5).

Fortalezas

Calificar cada una de las ventajas aportadas por la bibliografía (Nombrar las tres más importantes) (Rother et al., 1998):

- Ayuda a visualizar todo el flujo del producto de principio a fin.
- Muestra no sólo el despilfarro sino que también las fuentes del despilfarro o de las ineficiencias del sistema productivo.
- Proporciona un lenguaje común.
- Fuerza a que las decisiones sobre el flujo se visualicen y se puedan discutir, sin dejar que esas decisiones se den u ocurran por defecto.
- Une los conceptos y las técnicas *lean* en un único cuerpo o enfoque sistémico, haciendo que los proyectos de mejora que se aborden tengan un punto de partida claro y estratégico, evitando el lanzamiento de proyectos puntuales, individuales y con implicaciones desconocidas a nivel global.
- Sirve de base para un plan de implantación.
- Muestra la unión entre los flujos de material y de información.
- Posee una mayor utilidad que las herramientas puramente cuantitativas para describir que factores afectan a los indicadores.

Debilidades

Citar las tres que se consideren más importantes.

Necesidad de:

- Complementariedad con otras herramientas gráficas.

- Complementariedad con otros conceptos teóricos.
- Extender formación en la empresa sobre conceptos *lean* y VSM.
- Involucración de la Dirección.
- Tiempo y responsabilidades para el equipo.
- Excesivo nº de datos.
- Mayor adecuación a la tipología de planta.
- No resulta fácil la simplificación de la información en un mapa gráfico.
- Problemas de dibujo spaghetti.

Otras observaciones sobre el VSM

B5.8.- Confidencialidad

¿Acepta la empresa que se nombre su experiencia en la documentación generada de la investigación?

ANEXO C. EXPOSICIÓN DE CASOS

C1 ASTIGARRAGA KIT LINE

C1.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Astigarraga Kit Line (AKL) es una empresa sita en Azpeitia (Gipuzkoa) e integrada en el grupo denominado *Astigarraga Group* dedicado al sector del mueble. Dicho grupo se creó en 1980, su crecimiento en facturación ha sido constante a lo largo del tiempo y a fecha de 2005 cuenta con unos 100 trabajadores, 2 plantas de producción y tres firmas integradas.

AKL es la marca que se dedica al fabricación de muebles *kit*, es decir, muebles que se venden embalados y sin montar, sus canales de distribución mayoritarios son las grandes superficies de bricolaje; así, multinacionales como *Leroy-Merlin* y *Aki* son sus clientes más importantes. Concretamente, las dos líneas de producto que se dedica a fabricar AKL, son estanterías y botelleros, las cuales comparten tanto la planta como los medios productivos. Son 70 aproximadamente los trabajadores empleados en AKL.

C1.2 ESTUDIO DEL CASO: ESTANTERIAS KIT

AKL está inmerso en un mercado con cada vez con mayores exigencias por parte de clientes muy poderosos. El catálogo de productos debe ampliarse cada año, los plazos de entrega son muy cortos y estrictos, y la demanda se incrementa con el tiempo.

El sistema productivo de AKL, por origen histórico, no se encuentra adaptada a los requerimientos a los que se ve cada vez más sometida. El sistema productivo es de orientación funcional, los stocks se acumulan por la complejidad de las rutas y

las cada vez más numerosas variantes. De esta forma, los periodos de maduración se alargan, con la necesidad de contar con inventarios de producto terminado con los que responder a los plazos de entrega de dos días impuestos por los clientes. Conjuntamente, para añadir más complejidad a la situación, las eficiencias de medios productivos, en algunos casos bastante obsoletos, son bajas y el sistema de gestión de la producción apenas se apoya en Sistemas de Información centralizados.

Ante esta tesitura, la dirección de la empresa, se replantea dar un giro radical al proceso de producción y con el apoyo de una consultora (*Hobest*) y de un proyecto solicitado a la Universidad de Mondragón, aborda un proyecto denominado *Indartu* dirigido a la racionalización del sistema productivo.

Dicho proyecto de racionalización tiene un horizonte inicial de unos tres años. El VSM se plantea como técnica de diagnóstico y de orientación de los proyectos concretos con los que iniciar el rediseño del sistema productivo. Más en concreto, se decide aplicar el VSM en la familia de las estanterías, por su gran volumen de producción y porqué a priori se puede justificar la dedicación plena de medios productivos a dicha familia.

C1.3 APLICACIÓN DEL VSM

C1.3.1 Perfil del equipo

La siguiente tabla 86 muestra el perfil del equipo formado por parte de la empresa.

Tabla 86. Perfil del equipo AKL.

Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Director Industrial</i>	<i>Formación Profesional</i>	15	No	2	3
<i>Facilitador</i>	<i>Director de Producción</i>	<i>Formación Profesional</i>	20	No	1	2
<i>Miembro extra</i>	<i>Consultor</i>	<i>Ingeniería</i>	20	No	5	5

Como datos a reseñar se pueden citar:

Por un lado, la participación en el equipo de un consultor de apoyo en la toma de decisiones. Por otro, la importancia en el organigrama de los miembros del equipo y la gran experiencia a nivel de producción que atesoran estos.

Salvo el consultor, el resto de miembros se muestra bastante exceptivo ante el rediseño del sistema productivo; en principio, el convencimiento de cara a hacer posibles las mejoras bajo un enfoque de Producción Ajustada es bastante bajo. De todos modos, las exigencias en cuenta a demostración previa de las mejoras se ciñe a criterios productivos más que a económicos, por lo que se demuestra la capacitación del personal en el área productiva y el animo de cambio.

C1.3.2 Elección del flujo de valor

Tal y como antes se ha citado, la decisión inicial fue graficar el mapa del sistema productivo de la familia de productos de estanterías dejando de la lado en un principio a los botelleros. Los componentes más importantes de los que está formada una estantería son dos: las baldas y los laterales. Una estantería diferirá de otra en los siguientes aspectos: anchura de baldas y laterales, cantidad de baldas y longitud de laterales y los acabados y colores de superficie. Al total, hoy en día, el catálogo de AKL se amplía a 492 referencias de estanterías diferentes; con una tendencia clara a aumentar esta oferta año a año.

El sistema productivo consta de dos partes desacopladas mediante un inventario de producto neutro. En la primera parte o subsistema, partiendo de tablonés de madera, se van realizando operaciones de arranque de viruta, transformando los materiales y configurando la estructura física de cada balda y lateral. En el segundo subsistema, una vez se parte de la balda o lateral almacenado como producto neutro, se ejecutan operaciones de acabado superficial en una lijadora y se van dando los diferentes colores en una instalación de pintura determinada. Dadas estas características de proceso, el equipo decide comenzar la experiencia del *Value Stream Mapping* (VSM) mediante el mapeado del primer subsistema, graficando tanto los laterales como las baldas en un solo mapa.

C1.3.3 Mapeado de la situación inicial

En la figura 47 se puede visualizar el mapa inicial definitivo. Hay que decir que la colecta de datos del mapa fue una ardua tarea y tuvo que realizarse completamente en planta. El tratamiento posterior de los datos fue llevado a cabo mediante hojas de cálculo, con el fin de simplificar y reflejar la información más relevante en el mismo mapa.

Este mapa presenta las propiedades que se describen a continuación.

VSM ACTUAL. FAMILIA ESTANTERIAS AKL. MP - PN

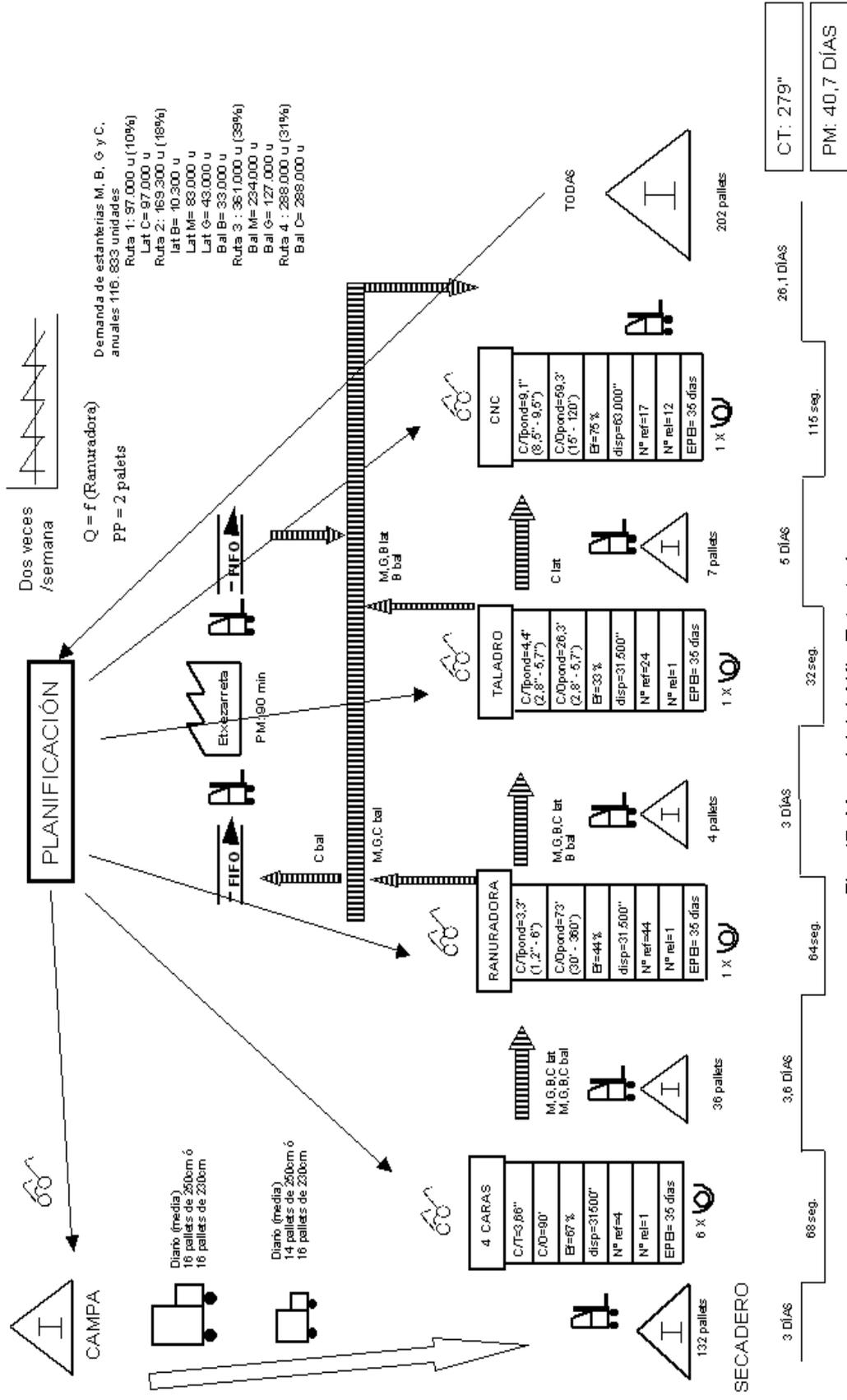


Fig. 47. Mapa inicial AKL. Estanterías.

Demanda

La demanda de estanterías del año 2004 asciende a unas 117.000 unidades. Esta demanda se reparte en los diferentes tipos de baldas y laterales, que se diferencian en subfamilias dependiendo de la ruta física que siguen desde materia prima hasta producto neutro. Hay que tener en cuenta que cada estantería cuenta con dos laterales y diferente número de baldas dependiendo de la referencia.

Esta primera demanda que desencadena la producción, proviene de necesidades de reaprovisionamiento del almacén de producto neutro. Éste, va siendo vaciado a medida que se van acabando y pintando los diferentes componentes que aprovisionan, a su vez, el almacén de producto terminado, que va siendo consumido por el cliente final, al trabajar AKL contra stock respecto a él.

Sistema físico

Las diferentes subfamilias de baldas y laterales comparten casi todos los medios productivos de la planta. Asimismo, llama la atención la cantidad de rutas dispares que sigue cada componente dependiendo de sus características físicas. Por otro lado, y aunque no se refleje en el mapa, hay que citar que la familia de botelleros, así como otras piezas o componentes menores como zócalos, también comparten algunos medios productivos.

Si se analizan los datos de los procesos, los tiempos de ciclo ponderados, las eficiencias de máquina y los volúmenes de producción que se procesan en cada medio, se puede decir que hay un cuello de botella bastante claro localizado en la ranuradora.

Por otro lado, la eficiencia y la fiabilidad de la mayoría de los medios es verdaderamente baja. Esta razón junto con la cantidad de rutas y referencias diferentes hace que el stock en curso se acumule de manera notoria.

Sistema de información

Como antes se ha citado, es un sistema de punto de pedido del almacén de producto neutro el que desencadena la producción aguas arriba. Este medio de reaprovisionamiento no se encuentra para nada sistematizado, pero genéricamente se basa en que el director de producción, con una frecuencia aproximada de dos veces por semana, revisa el estado del almacén para ver que necesidades de reaprovisionamiento hay, y posteriormente, basándose en el estado de los stocks en curso, programar a diario cada centro de trabajo, siempre teniendo en cuenta los lotes de fabricación mínimos con los que puede operar el cuello de botella. En definitiva, es un proceso completamente manual, sin la ayuda de ningún tipo de apoyo informático; todo se basa en el buen hacer y experiencia del Director de Producción.

Indicadores empleados

El indicador más importante que refleja el estado del sistema productivo es el periodo de maduración desde materia prima hasta producto neutro. Éste asciende a unos 41 días de media para un contenido de trabajo de cada estantería de unos 5 minutos. La razón principal, tal como se ha comentado anteriormente, se refiere a la baja fiabilidad de los medios productivos, el tamaño de los lotes de fabricación y a la cantidad de rutas y referencias que se operan por cada centro de trabajo.

Una racionalización del sistema productivo deberá incidir verdaderamente en reducir este periodo de maduración y las necesidades de tal cantidad de stock en curso. El aumento de eficiencias también se ve como un punto claro que se deberá atacar, pero el equipo opta primero por incidir en los despilfarros estructurales antes de tratar los problemas de fiabilidad.

C1.3.4 Mapeado de la situación futura

Tras un análisis y discusión de propuestas el equipo optó por desarrollar el mapa futuro que se muestra en la figura 48. La exposición de sus principales características se realizará en base a seguir las pautas de actuación del VSM.

1.- Cálculo del takt time

En el mapa futuro se puede observar que hay un incremento de variantes así como de demanda desde 117.000 a 160.000 unidades para el año 2005, muestra de la evolución del mercado. El *takt time* correspondiente a esta demanda se podría calcular perfectamente, de hecho el resultado daría unos 45 segundos por unidad de estantería. No obstante, al darse tal cantidad de variantes de laterales y baldas, con tiempos de procesamiento y rutas tan dispares, el *takt time* por ahora queda lejos de llegar a ser una referencia del ritmo productivo. He aquí la razón por la que no ha tenido tanta utilidad en el presente caso.

2.- Flujo continuo

La adquisición de un nuevo taladro (bajo coste de compra) y una nueva ranuradora, con la que liberar el cuello de botella (éste pasa a ser la máquina denominada “4 caras”), permitirá asignar la capacidad de una línea de máquinas a la fabricación de baldas y la capacidad de la otra línea a la fabricación de laterales (ver figura 49). De hecho, y como resultado de un análisis, el 78% de los laterales y el 93% de las baldas siguen las dos rutas fijadas por la líneas asignadas, lo cual hace que se justifique la definición de éstas. Sin embargo, dados los problemas de eficiencia que tienen los medios productivos, se ha decidido dejar un espacio para la implantación de pulmones en forma de líneas FIFO. Por tanto, más que un flujo continuo, se debería considerar una concatenación de centros productivos en base a líneas FIFO que protejan las máquinas de posibles inactividades. De todos modos, al iniciarse un proceso de redistribución en planta, los resultados de la tesis han considerado como positiva la aplicación gradual de este concepto,

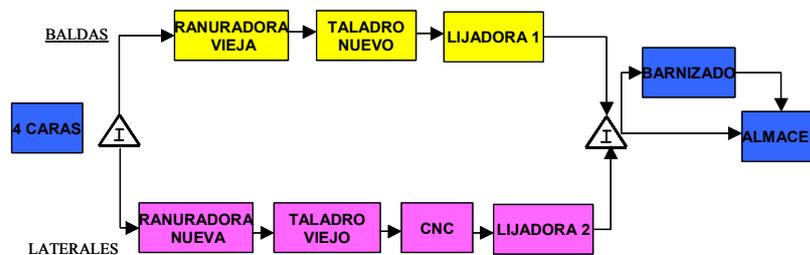


Fig. 49. Asignación de líneas a baldas y laterales.

3.- Sistemas pull

Debido al posicionamiento del proceso regulador y a la cantidad de referencias diferentes que se mecanizan, se ha desestimado la opción de implantar sistemas *pull* de supermercado. En cuanto a los sistemas *pull* secuenciales, estos se ven reflejados en las líneas FIFO antes descritas.

4.- Proceso regulador

Como proceso regulador se ha optado por el nuevo cuello de botella o máquina "4 caras". Aguas abajo a partir de este primer proceso, dependiendo de que el componente se trate, lateral o balda, éste seguirá su camino vía líneas FIFO. Los operarios de producción deberán ser capaces de identificar la subfamilia de producto y orientar su ruta hacia el centro adecuado.

5.- Nivelación de la producción

El *mix* de producción estará basado en el lote mínimo a procesar por el cuello de botella. Para ello, se ha decidido implantar un sistema informatizado de reaprovisionamiento del almacén de producto neutro por punto de pedido. En un principio se ha estimado trabajar con un sencillo programa diseñado para tal fin que monitorice la situación del almacén e informe sobre las necesidades de reaprovisionamiento. Más adelante en el tiempo, se tratará de integrar el programa con el sistema ERP que se está implantando a nivel global en AKL.

El nuevo sistema de punto de pedido (ver figura 50), se basa en pedir a fabrica cada referencia cuando la cantidad de ésta llegue a un nivel determinado. Este punto se basa en el periodo que hará falta para programarlo. El lote de fabricación dependerá del lote mínimo del cuello de botella y el periodo de fabricación irá en función, a su vez, del EPEI definido para la referencia en cuestión.

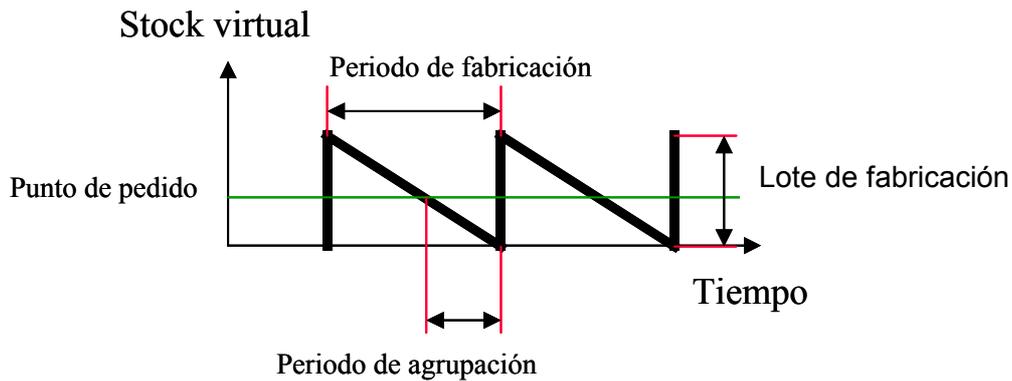


Fig. 50. Sistema de reaprovisionamiento del almacén de producto neutro.

En cuanto al volumen de producción, si bien el programa informático permitirá una monitorización más continua del estado del almacén de producto neutro, el Director de producción seguirá lanzando a planta el programa de fabricación diariamente.

6.- Mejora de eficiencias

Aunque el tema de las ineficiencias de numerosos centros de trabajo es acuciante, el equipo pretende priorizar el cambio de distribución en planta para reducir los despilfarros más estructurales. Las reducciones del tiempo de cambio, la mejora del mantenimiento y el análisis de los problemas de calidad se abordarán en una segunda etapa.

Por último, en lo que respecta al mapa futuro, se observa que el periodo de maduración no sufre ninguna mejora espectacular. Esto se debe a que los cálculos de los pulmones iniciales se han realizado con una cobertura inicial muy amplia para evitar sorpresas. De todas formas, existe un compromiso por parte del equipo de ir recalculando estas líneas FIFO en la medida que el nuevo sistema productivo responda.

C1.3.5 Definición del plan de trabajo

El plan de trabajo definido por el equipo (ver figura 51) se basa en dos principales líneas de actuación, ambas integradas en el proyecto macro denominado *Indartu*.

La primera línea, relacionada sobre todo con el rediseño del sistema productivo y reducción del despilfarro estructural en base a una nueva distribución en planta, la cual se orientará en un mayor grado a la línea de productos de estanterías; todo ello, apoyado con un sistema de gestionar la producción más informatizado.

La segunda línea de actuación se dará una vez establecida la nueva distribución y sistemática de trabajo. Su principal foco de actuación será la reducción del despilfarro local en base a mejorar las eficiencias de los centros de trabajo (particularmente y comenzando por el cuello de botella). Estos proyectos se deberán llevar a cabo con la participación e implicación de los operarios de las líneas. Todavía se encuentra sin definir exactamente la planificación, pero la primera intención es abordar la mejora de los tiempos de preparación mediante la técnica SMED, para después y paulatinamente, analizar y mejorar el mantenimiento de los medios, con lo que pasar por último a mejorar la tasa de calidad. Tal y como se ha comentado, la duración definitiva no ha sido establecida. De todos modos, la dinámica de mejora continua emprendida nunca deberá de detenerse.

Fecha:		PLAN ANUAL DE LA CADENA DE VALOR.												Firmas.					
Director:		Programa mensual												Director	Sindicato	Ingeniería	Mto.		
Val. Stream Mgr:																			
Objetivos familia		Objetivo	Meta (cuantificable)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rble.	Dptm implicado	Revisión Revisor	Fecha
Julio 2004																			
José Juan Astigarraga																			
Loop		Diseño detallado del /ay-out.																	
		Programa informático de punto de pedido																	
		Compra taladro y ranuradora																	
Despilfarro estructural		Instalación de taladro y ranuradora																	
		Implantación nuevo /ay-out																	
Racionalización SP estanterías		Integración de punto de pedido en ERP																	
		Reducción tiempos de cambio (SMED)																	
Mejora Continua		Mantenimiento.																	
		Calidad																	
		Nuevo cálculo líneas FIFO.																	
Familia de productos: Estanterías																			

Fig. 51. Plan anual de la cadena de valor AKL.

C1.3.6 Implantación del plan de trabajo

La revisión del grado de implantación de los proyectos abordados se ha dado aproximadamente a los seis meses de la definición de los mismos (ver figura 52).

La mayoría de las acciones previamente definidas ya han sido ejecutadas, pero se ha dado un importante retraso de unos dos meses en la llegada de la nueva maquinaria adquirida; retraso que ha incidido de manera importante en la implantación de la nueva distribución en planta y en la satisfacción del equipo hacia el grado de implantación. De todos modos, y a pesar del retraso, el camino emprendido sigue en marcha sin vuelta atrás.

Fecha:		Febrero 2005		REVISIÓN DEL FLUJO DE VALOR.					Firmas.			
Director:		José Juan Astigarraga		Objetivo cuantificable		Condiciones de progreso	Evaluación	Problemas restantes		Ideas para objetivos del año próximo		
Val. Stream Mgr:		Loop		Objetivo cuantificable		Condiciones de progreso	Evaluación	Problemas restantes		Ideas para objetivos del año próximo		
Objetivo a nivel de planta		Loop		Diseño detallado del lay-out.			100%					
				Programa informático de punto de pedido			100%					
				Compra taladro y ranuradora			100%					
				Instalación de taladro y ranuradora			0%					
				Implantación nuevo lay-out			0%					
				O: Éxito A: limitado X: Fracaso				Familia de productos: Estanterías.				

Fig. 52. Revisión del flujo de valor AKL.

C1.4 ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO AKL

Como conclusiones más importantes del caso AKL, se pueden destacar las siguientes:

La aplicación del VSM ha supuesto una gran carga de trabajo, sobre todo debido a la falta de disposición de datos de planta, lo cual ha derivado en largas horas de recogida de datos por parte del coordinador del equipo. El tratamiento de estos datos mediante hojas de cálculo tampoco ha resultado una labor fácil, dadas las cantidades de variantes y datos a procesar. De todos modos, este primer trabajo realizado ha servido de punto de partida para adquirir la primera información objetiva y fiable de la situación real de planta.

Por otro lado, si bien el mapa futuro no refleje un flujo ajustado al máximo, el salto cualitativo respecto al mapa inicial es sustancial. No hay que obviar que el punto de partida del proyecto está basado en un sistema de Producción en Masa muy tradicional y donde el cambio de cultura va a ser un reto importante. El proyecto comenzado con la aplicación del VSM es estratégico a varios años vista, y a pesar de que hay ciertos retrasos y se ha partido de cierto escepticismo por parte del equipo en cuanto al logro de mejoras, las acciones encaminadas ya han dado sus primeros frutos, comenzando por la visualización del mapa futuro VSM.

C2 GEYSER GASTECH S.A.

C2.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Geyser Gastech S.A. es una *joint venture* que nace en 1996, fruto del acuerdo al que llegan sus dos socios con un 50% del capital cada uno: *Fagor Electrodomésticos S.Coop.*, perteneciente a *Mondragón Corporación Cooperativa (MCC)*, y la multinacional europea *Vaillant Group*.

La planta de *Geyser Gastech* (en adelante *Geyser*) está ubicada en la localidad guipuzcoana de Bergara. En ella se producen calentadores de agua instantáneos a gas, la comercialización corre a cuenta de cada uno de los propietarios, centrándose así la empresa en el diseño y desarrollo del producto, así como en su fabricación. Se da la particularidad, por tanto, de que socios-accionistas y clientes coinciden.

Esta planta tiene una capacidad productiva que alcanza el millón de aparatos al año y en la actualidad trabajan 360 personas, de las que un 25 % son directivos y técnicos cualificados.

La gama de productos de cada socio es similar, a pesar de que el *mix* de ventas difiere, debido a que acceden a diferentes posicionamientos y distintos mercados (únicamente compiten en el mercado español y luso).

En total, se trabaja con una gama que ronda las 300 referencias de producto final, las cuales se diferencian en los siguientes aspectos:

- Caudal o capacidad para calentar al minuto (litros/minuto)
- Tipo de gas
- Tipo de encendido
- Presión de agua
- Mercado al que va dirigido

C2.2 ESTUDIO DEL CASO: LÍNEA 5L

Este proyecto se enmarca en la necesidad de racionalización y optimización de la distribución en planta general, debido a los siguientes factores:

- Cambios constantes de producto y de proceso.
- Búsqueda de mejoras de productividad.
- Limitación de espacio.

A continuación se muestra la distribución en planta genérica de Geyser, en marzo de 2004, inicio del proyecto (ver figura 53).

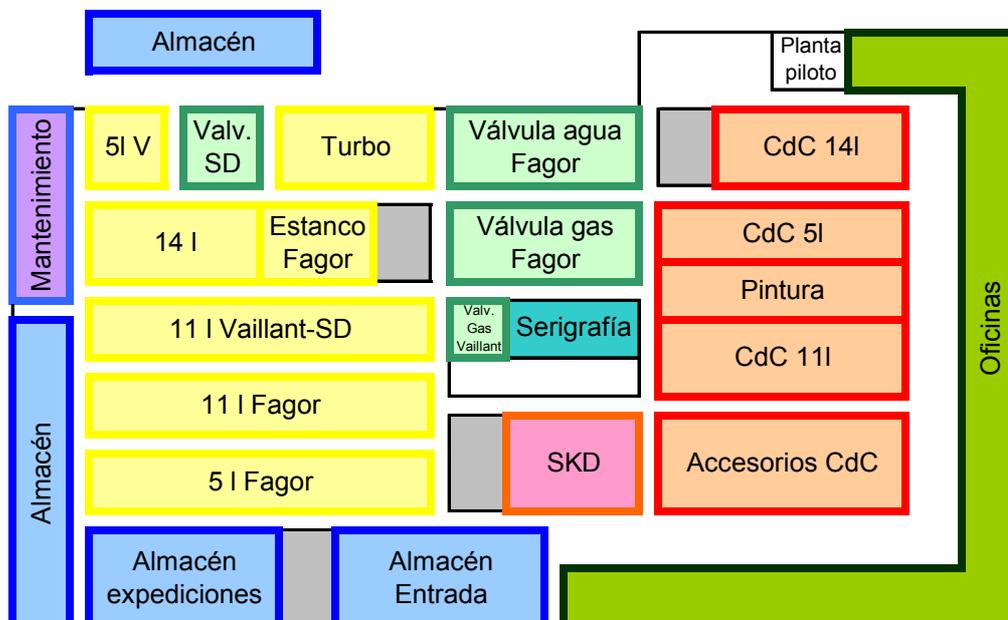


Fig. 53. Lay-out inicial (original en color).

La planta productiva, con una superficie ocupada de 12.500 m², está distribuida en diferentes áreas: fabricación del cuerpo de caldeo, montaje de

válvulas, montaje final, almacén; serigrafía y SKD (este último es el área de embalaje de componentes para el montaje final en países que así lo requieran).

Concretamente, se pretende que la optimización de la distribución en planta provenga del estudio y racionalización del área de montaje final de calentadores. En este área se realiza el ensamblado, control final y embalaje del calentador completo. Existen diferentes líneas de montaje final en función de la capacidad del calentador y del cliente al que va dirigido.

En este sentido, se ven posibilidades de unificar las dos células de ensamblado de 5 litros, *Fagor* y *Vaillant*, en esta última, junto con calentadores marca *Vaillant*, también se montan calentadores de la marca *Saunier Duval* (SD).

La aplicación del VSM se centrará en realizar un diagnóstico del sistema productivo dedicado a la fabricación y montaje de calentadores de 5 litros de caudal, para así, analizar las implicaciones y mejoras que se pueden obtener a partir de la agrupación de las dos líneas y asimismo visualizar otras posibilidades de mejora.

C2.3 APLICACIÓN DEL VSM

C2.3.1 Perfil del equipo

La aplicación del VSM la llevará a cabo un equipo en el que las figuras del responsable del flujo de valor y la del facilitador serán cubiertas por la misma persona (ver tabla 87), un técnico de procesos dedicado a la industrialización y mejora de los diferentes áreas productivas de *Geysers*.

A pesar de que no cuente con liberación inicial para el VSM, su formación y convencimiento en el ámbito de la Producción Ajustada es excelente, no en vano *Geysers* es reconocida como una empresa avanzada en el campo.

Tabla 87. Perfil del equipo Geysler.

Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial Lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Técnico de procesos</i>	<i>Ingeniería en Organización</i>	4	No	5	5
<i>Facilitador</i>	<i>Técnico de procesos</i>	<i>Ingeniería en Organización</i>	4	No	5	5

C2.3.2 Elección del flujo de valor

Tal y como ha sido comentado anteriormente, el ejercicio de mapeado se realizará sobre la familia de calentadores de 5 litros de caudal. Inicialmente hay dos líneas o células de montaje final dedicada cada una de ellas a las marcas *Fagor* y *Vaillant* (o SD) respectivamente.

C2.3.3 Mapeado de la situación inicial

La figura 54 muestra el mapa inicial realizado para reflejar la situación de partida de la familia de productos elegida.

A continuación se detallan las características más reseñables del mapa inicial:

Demanda

La demanda anual de calentadores de 5 litros asciende a unas 129.000 unidades. Esta demanda, proveniente de los grandes almacenes reguladores de los socios, se muestra bastante constante a nivel agregado a lo largo del año.

Como se puede observar, el 70% del consumo corresponde a *Fagor*, que se traduce en un ritmo o *takt time* ponderado de 1,13 min/u de su correspondiente célula de montaje final frente a los 2,59 min/u de la célula de *Vaillant*.

Sistema físico

En cuanto al sistema físico, se aprecian los numerosos procesos compartidos con otras familias de calentadores: fabricación y pintura del cuerpo de caldeo, montaje de las diferentes válvulas, serigrafiado e imprenta. En cambio, la fabricación de los cortatiros y quemadores se lleva a cabo en puestos específicos dedicados a la familia de 5 litros.

En lo que a las células de montaje se refiere, en ellas se llevan a cabo diferentes operaciones que se podrían agrupar en: ensamblado, control final y embalaje. El personal dedicado al montaje final se reparte en dos funciones denominadas "MODO" y "MODA", esto es, personal dedicado exclusivamente a operaciones de ensamblado, control y embalaje, y mano de obra dedicada a funciones auxiliares como mantenimiento de componentes y labores de sustitución de compañeros.

Por otro lado, los datos que aparecen reflejados en el mapa son medias ponderadas de los datos correspondientes a las diferentes referencias que se transforman en cada proceso.

Sistema información

Los almacenes reguladores de *Fagor*, *Vaillant* y *SD* envían sus pedidos con diez días de antelación a *Geyser* (ocho para fabricar y dos días de transporte). Estos pedidos son diariamente introducidos en el MRP y éste a su vez lanza las ordenes de compra y de fabricación a los diferentes proveedores y áreas de fabricación valiéndose del sistema D+8, es decir, se comienza la fabricación de los calentadores con 8 días de antelación a su salida de fabrica. En el caso de las ordenes destinadas a montaje final, éstas son enviadas con un día de antelación a su salida.

Indicadores empleados

La superficie ocupada por ambas células suponen 496,2 m², como se puede observar en el pequeño croquis que muestra la distribución en planta de las células de montaje final en el mapa de la figura 53. Éste será uno de los indicadores más importantes elegidos por el equipo de cara a reflejar la mejora futura.

Por otro lado, se espera que las necesidades de personal también se reduzcan por las nuevas posibilidades que se abren para equilibrar y saturar de manera más óptima los diferentes puestos. No obstante, también se habrán de detallar otras mejoras más cualitativas.

C2.3.4 Mapeado de la situación futura

La figura 55 ilustra el mapa futuro ideado en base a seguir las pautas de actuación del VSM. Las propiedades del mapa futuro se expondrán en base a explicar la adopción de cada una de dichas pautas.

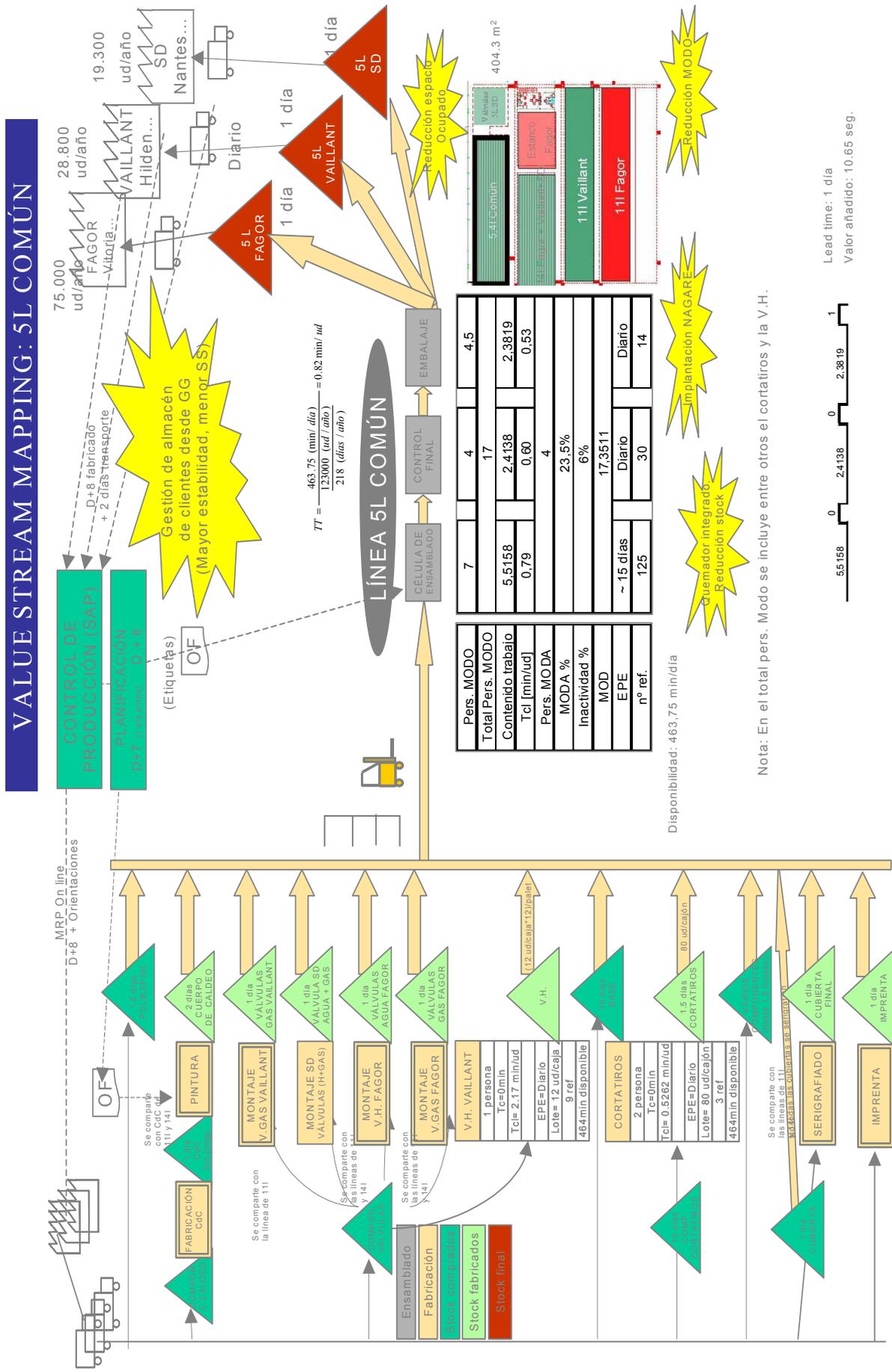


Fig. 55. Mapa futuro GEYSER. Líneas 5L (original en color).

1.- Cálculo del takt time

El *takt time* o ritmo medio de la nueva célula es de 0,82 min/u (49,2 seg/u). El cálculo está realizado en base a un esperado decremento de la demanda para el presente año en los calentadores *Fagor* de 5 litros, en beneficio de aquellos calentadores de mayor capacidad. Es necesario recalcar la ponderación del *takt time*, ya que son 92 las referencias que se espera pasen por la nueva célula.

2.- Flujo continuo

En lo que al flujo continuo se refiere, se reseñan dos puntos. Por un lado, la integración del proceso de fabricación del quemador en la célula, con su correspondiente ahorro de stock en curso, y por otro lado la implantación de un nuevo modo de trabajo de flujo continuo unitario en la misma, el sistema *nagare*.

El sistema *nagare* consiste en que cada operario de la célula recorre todos sus puestos siendo el responsable de todo el montaje de cada unidad de calentador. Este sistema se diferencia del tradicional en el que cada operario realizaba unas pocas operaciones del montaje en cada puesto predeterminado (ver figura 56).

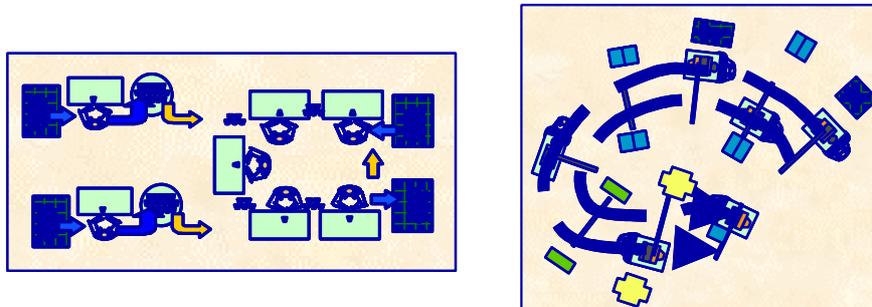


Fig. 56. Sistema de células tradicional vs. *nagare*.

Este sistema ya ha sido implantado con éxito en diferentes células de montaje final en *Geyser*. De hecho, en todas ellas se ha podido comprobar que tras adaptarlas al nuevo método de trabajo, las mejoras de productividad, de calidad y ergonomía han sido realmente ciertas, a pesar del incremento de movimientos de operarios y de la necesidad de mayor polivalencia por parte de estos.

3.- Sistemas pull

Debido a la cantidad de componentes a suministrar a las células, se ha desestimado la implantación de sistemas *pull*. El sistema de gestión de la producción sigue como tal.

4.- Proceso regulador

Al desestimarse la adopción de nuevos Sistemas de Información, la elección del proceso regulador no adquiere sentido.

5.- Nivelación de la producción

La nivelación del *mix* de la producción implica la rotación de 92 referencias en una sola célula. No cabe duda de que esta labor se vuelve más complicada al agrupar las dos células.

El volumen de producción no varía, al desestimarse el incremento de frecuencia de entrega de ordenes a planta.

6.- Mejora de eficiencias

Por un lado, el incremento de referencias que van a procesarse en una sola célula, y por otro, un futuro plan a medio plazo de reducir el horizonte de planificación a D+6, obliga a que la célula se adapte a lotes cada vez más pequeños de productos a ensamblar. Si bien el tiempo de preparación de la célula es casi nulo, los aprovisionamientos de los diferentes componentes de cada referencia han de ser ágiles. En este sentido, se prevén posibilidades de mejora de los acopios a células, pero no en un futuro inmediato. Este cambio previsto a una planificación D+6, también se facilitará mediante la monitorización y gestión de los almacenes reguladores de los clientes desde la propia planta de Geyser. De todos modos, y tal como se ha citado, éste es un plan a medio plazo que no está directamente relacionado con la optimización de la distribución en planta.

En resumen, con la unificación de ambas líneas se espera reducir el espacio a 404.3 m², que supone una reducción del 18,5%, el cual traducido a ahorro en coste de oportunidad por aprovechar el espacio para la fabricación de otras familias, supone unos 12.000 € anuales.

En lo que a personal "MODO" se refiere, se espera una reducción importante de unas 5 personas aproximadamente, de 22 iniciales a 17 en la nueva célula, debido asimismo por el decremento de la demanda de calentadores de 5 litros. En definitiva, un ahorro monetario importante y fácilmente cuantificable.

C2.3.5 Definición del plan de trabajo

El hito final, la implantación y puesta en marcha de la nueva célula se fija para Junio de 2005. Los planes de mejora aprobados para tal fin se detallan en la figura 57. Tales planes se encuentran estructurados en tres grandes bloques:

El primero es el diseño definitivo del *lay out*. Se trata del diseño detallado de la distribución en planta a partir de las especificaciones de puestos, tiempos de operación y reparto de tareas en las diferentes zonas de trabajo para las 92 referencias a montar.

El segundo bloque de trabajo se refiere a la adquisición y adecuación de los puestos de trabajo definidos para la nueva sistemática en *nagare*.

El tercer y último bloque concierne a las fases correspondientes a la puesta en marcha de la célula: liberación de espacio, fabricación de primeras series de prueba, adiestramiento de trabajadores y la implantación progresiva de las tres áreas de las que consta la célula: ensamblaje, control final y embalaje.

C2.3.6 Implantación del plan de trabajo

A los seis meses de la definición del plan (febrero de 2005), se realiza la primera revisión (ver figura 58). El hito para tal fecha correspondía con la adecuación o liberación del espacio pertinente para la implantación definitiva de la célula. A fecha de esta revisión, tal hito se encuentra cumplimentado tras el definitivo diseño del funcionamiento de la célula y de su distribución; solamente se da un pequeño retraso en la entrega por parte de los proveedores de algunos nuevos puestos. De todos modos, el equipo se encuentra satisfecho con el adecuado progreso del proyecto y esperanzado con el cumplimiento de las fechas definidas.

Fecha:		Febrero 2005		REVISIÓN DEL FLUJO DE VALOR.					Firmas.		
Director:		Inigo Ramirez de Ocariz		Objetivo cuantificable	Condiciones de progreso	Evaluación	Problemas restantes	Ideas para objetivos del año próximo			
Val. Stream Mgr:		Loop		Estudios de tiempos.		100%					
Objetivo a nivel de planta				Diseño detallado del lay-out.		100%					
				Adecuación de puestos.		100%					
				Adquisición de nuevos puestos.		75%	Retraso proveedores.				
				Acondicionamiento área (liberación de espacio).		100%					
				O: Éxito A: limitado X: Fracaso			Familia de productos: Calentadores 5 litros.				

Fig. 58. Revisión del flujo de valor Geyser.

C2.4 ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO GEYSER

La aplicación del VSM en *Geysler* puede ser considerada exitosa a pesar de que inicialmente existía cierto escepticismo sobre su adaptación al sistema productivo de calentadores.

El punto de partida del proyecto, mostraba un perfil de empresa muy ajustado donde *a priori* las mejoras no eran sencillas de vislumbrar. De hecho, el sistema físico de *Geysler* es muy avanzado en cuanto a incurrir en muy pocos despilfarros estructurales.

El VSM ha tenido que apoyarse por un lado, en herramientas informáticas para la adquisición y tratamiento de datos y por otro lado, en la ayuda de herramientas gráficas más orientadas al diseño y equilibrado de células, ya que el nivel de diseño de la nueva célula requería de utilidades a un nivel de detalle más depurado o *micro*.

No obstante, el VSM ha servido para dar una visión global de todo el sistema productivo dedicado a la fabricación y montaje de calentadores y visualizar nuevas oportunidades de mejora que en un principio ni se imaginaban.

El sistema de información o de gestión de la producción no ha sido modificado, de todos modos el equipo es consciente de los planes existentes a medio plazo en cuanto a la disminución del horizonte de planificación y de la necesidad de aumento de flexibilidad que traerá ello consigo.

Por último, también es importante reseñar el correcto y positivo desarrollo de los planes aprobados al finalizar el mapa futuro. Apenas ha habido retrasos y estos se han dado por causas ajenas a la empresa. No cabe duda de que el esfuerzo inicial realizado por el equipo en tratar de monetarizar las mejoras cuantitativas más importantes, ha facilitado la labor posterior de convencimiento tanto del equipo, como del personal implicado en el desarrollo de los planes de mejora.

C3 CIE LEGAZPIA

C3.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

CIE Automotive (CIE) es una corporación industrial creada el año 2002 a consecuencia de la unión entre las empresas *Egaña S.A*, *GSB Acero* y *GSB Forja*. Hoy en día, es un un grupo europeo importante dedicado a la fabricación de componentes de automoción. El número actual de trabajadores asciende a 5400 en las 22 plantas productivas repartidas por todo el mundo y estructuradas en las siguientes divisiones:

- Acero.
- Aluminio.
- Forja y mecanizado.
- Metal.
- Plástico.

CIE Legazpia, situada en la población de su mismo nombre, es una de las plantas productivas integradas en la división de forja y mecanizado. Cuenta con 420 trabajadores y aunque su actividad principal es la forja de componentes de automóvil en caliente, también se dedica al diseño y fabricación de utillajes de forja y a tratamientos térmicos de piezas y utillajes.

Los clientes con los que *CIE Legazpia* trabaja bajo pedido, son los principales *Tier 1* del sector de la automoción. Las piezas forjadas son componentes de seguridad que se montan en los diferentes módulos de dirección, suspensión y transmisión de los vehículos.

El sector de automoción es de una gran exigencia hacia sus proveedores. Por un lado, la tendencia a la reducción constante de suministradores tanto *Tier 1* como *Tier 2* exige a CIE a ser muy competitiva. Por otro lado, el encarecimiento de la principal materia prima, el acero, obliga a trabajar con márgenes ajustadísimos; y por último, la variabilidad de la demanda a la que se ve sometida por parte de sus clientes obliga a que sus sistemas productivos requieran de la flexibilidad suficiente.

C3.2 ESTUDIO DEL CASO: MATRICERÍA

Dicha variabilidad de la demanda, unida a un fuerte incremento de ésta durante los últimos tiempos, ha traído consigo un aumento importante de la carga de trabajo que ha ocasionado demoras importantes en la entrega de los pedidos. Esta situación obliga a CIE a optimizar la gestión de sus recursos productivos. En esta línea, se ha comenzado a analizar y rediseñar el proceso de pedido-entrega de los productos.

Uno de los subprocesos que tiene una influencia importante en el periodo de maduración y plazo de entrega de las piezas forjadas, es el relativo a la fabricación del utillaje, matriz o estampa con la que forjar en caliente una serie limitada de la referencia solicitada por el cliente. Dicho proceso de fabricación parte de piezas rectangulares o cilíndricas de acero que se van mecanizando por arranque de viruta hasta conformar el componente requerido, para posteriormente montarlo en el conjunto matriz. Así, el objetivo del presente proyecto se enmarca en la reducción y fijación del periodo de maduración de fabricación de utillajes.

El proceso de planificación de la planta de matricería, desde el pedido hasta la entrega de los utillajes a forja, genéricamente consiste en que una vez a la semana, partiendo de las ordenes aprobadas de forja, se revise en el stock de estampas la existencia de los utillajes necesarios; si estos utillajes no existen, se revise la carga de matricería a semana vista, fecha para la que habrán de estar disponibles los utillajes en forja. Si la carga excede a la capacidad, se plantee la posible subcontratación de las operaciones de mecanizado; y si en cambio, hay suficiente capacidad, el responsable de matricería proceda a programar la secuencia

de fabricación para posteriormente lanzar las ordenes y realizar el seguimiento y control.

El proceso parece sencillo y lógico, pero no es robusto, con frecuencia se dan una serie de problemas que se pueden estructurar en los siguientes puntos:

1. Entrada de ordenes urgentes sin haber sido planificadas en la reunión semanal.
2. Petición de mayor número de utillajes que los necesarios para cubrir con seguridad la cantidad de piezas a forjar.
3. Las especificaciones de utillajes que se encuentran en curso son modificadas.
4. Problemas de aprovisionamiento de materia prima.
5. Problemas de previsión de la carga y capacidad semanal que suponen las ordenes de fabricación de utillajes.
6. Falta de criterios claros de programación de ordenes en planta de matricería.

Los primeros cuatro problemas, se dan por falta de conocimiento y cumplimiento del proceso predeterminado de planificación por las figuras responsables. La línea de actuación decidida por CIE en este caso será la divulgación y seguimiento del proceso correctamente explicitado entre los agentes participantes del mismo.

Los dos últimos problemas, en cambio, que se podrían resumir en falta de conocimiento práctico de la capacidad real del sistema productivo de matricería, han requerido de la puesta en marcha de un proceso de diagnóstico y análisis del sistema de producción de estampas. La técnica base empleada para tal fin ha sido el VSM y el estudio se ha desarrollado sobre la unidad de producción denominada UP3 dedicada a todo el proceso de fabricación de la familia de "tulipas".

C3.3 APLICACIÓN DEL VSM

C3.3.1 Perfil del equipo

Los miembros del equipo formado para la aplicación, son por un lado, el responsable logístico de la unidad de producción UP3 de la matricería, y por otro lado, el responsable de la producción en dicha área (ver tabla 88). El primero tiene una formación de Ingeniería y sus conocimientos sobre la Producción Ajustada son altos. El responsable de producción, en cambio, cuenta con un gran experiencia en la producción de estampas, aunque su convencimiento sobre las mejoras posibles en base a los conceptos *lean* es algo menor.

Tabla 88. Perfil del equipo CIE.

<i>Figura</i>	<i>Cargo</i>	<i>Titulación</i>	<i>Años de experiencia.</i>	<i>Liberación VSM. (sí/no)</i>	<i>Nivel inicial lean (1 a 5)</i>	<i>Convencimiento tras formación (1 a 5)</i>
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Rble Logística área</i>	<i>Ingeniería</i>	<i>7</i>	<i>No</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Facilitador</i>	<i>Rble. Producción área</i>	<i>Formación Profesional</i>	<i>20</i>	<i>No</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

C3.3.2 Elección del flujo de valor

Tal y como se ha citado previamente, el flujo de valor seleccionado ha sido la unidad de producción UP3. Se trata de la fabricación de utillajes para la forja de la familia de piezas denominadas Tulipas.

Cada referencia a forjar requiere de un juego de tres matrices. Cada matriz corresponde a una operación, golpe o conformación de prensa. Así como la primera es para dar la preforma a la pieza, la última le da el acabado definitivo. Por otro lado, cada una de esas matrices, requiere del montaje de varios componentes mecanizados, siendo éstas: la estampa inferior, el punzón superior y el expulsor. De ahí que cada referencia a forjar exija del mecanizado de nueve piezas, el producto de tres matrices por tres componentes cada una. Si unimos a esto la problemática de la vida limitada de la matriz por la exigencia del proceso de forja en caliente, se llega a la conclusión de que la fabricación de matrices es un modelo claro de producción seriada.

C3.3.3 Mapeado de la situación inicial

En el caso CIE, el mapeado de la situación inicial de las matrices UP3, se abordó mediante la graficación de varios mapas, un mapa por cada tipo de ruta de cada componente que conforma la matriz, así, el número de mapas ascendió a seis:

1. Estampa inferior. 1ª operación.
2. Estampa inferior. 2ª y 3ª operación.
3. Expulsores. 1ª operación.
4. Expulsores. 2ª y 3ª operación.
5. Punzón superior. 1ª operación.
6. Punzón superior. 2ª y 3ª operación.

En la figura 59 se puede observar el ejemplo del mapa referido a la Estampa inferior 1ª operación. La figura 60 muestra un gráfico en el que se han agrupado las seis rutas posibles. Para visualizar las rutas con mayor sencillez, se ha desdoblado el único torno existente en dos fases: fase 1 (Torno F1) y fase 2 (Torno F2), Por otro lado, hay que añadir, que los únicos recursos dedicados plenamente a la familia UP3 son el recién citado torno y el centro de erosión, de hecho, se diferencian del resto de cuadros en un color más oscuro y en no tener dibujado el símbolo "#". Así, el resto de centros productivos o procesos se comparten con las otras unidades de producción o UP-s.

A continuación se analizan en mayor profundidad los puntos referidos a la demanda, sistema físico y de información y a los indicadores empleados.

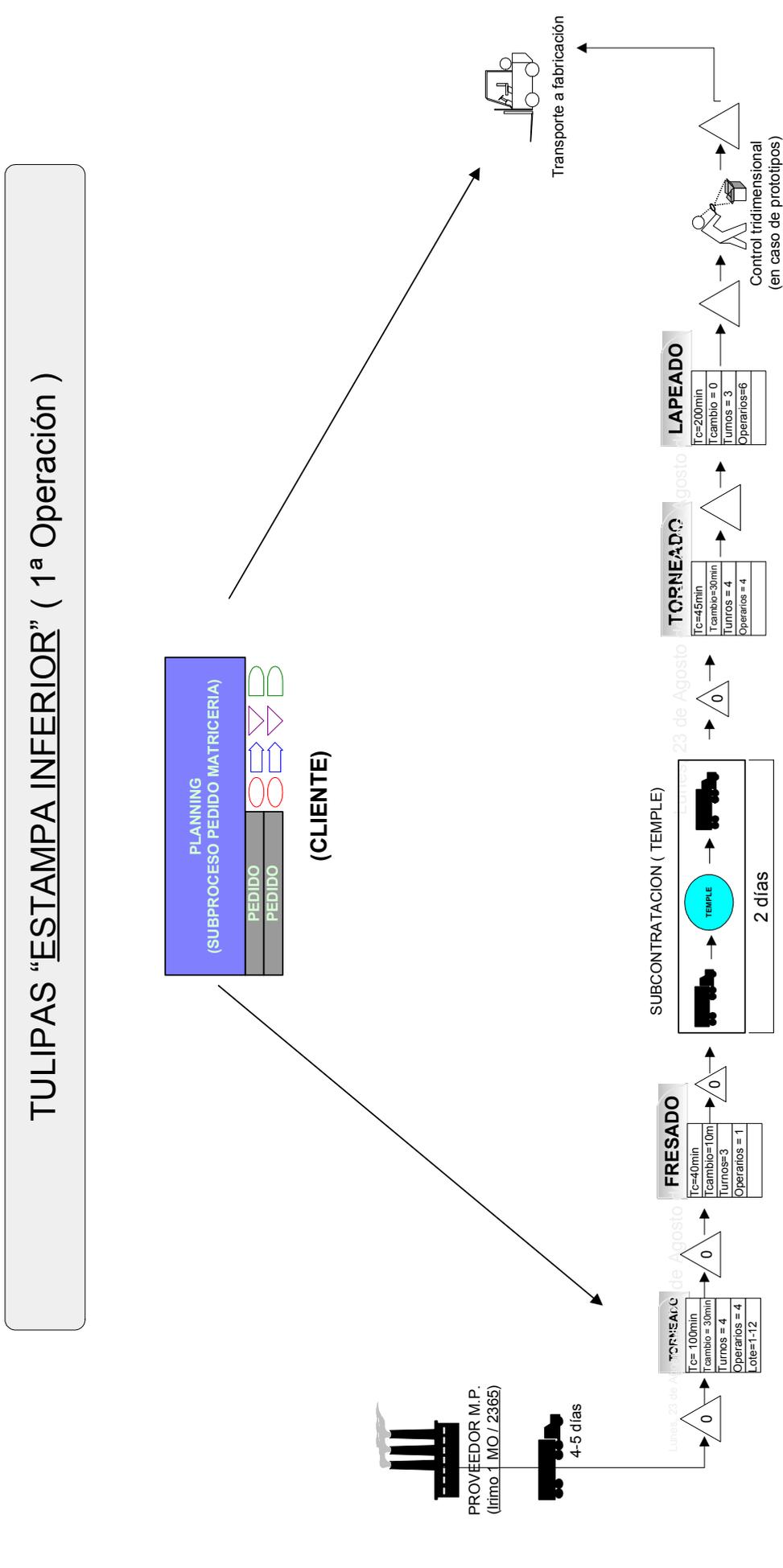


Fig. 59. Mapa inicial CIE. Estampa inferior. 1ª operación.

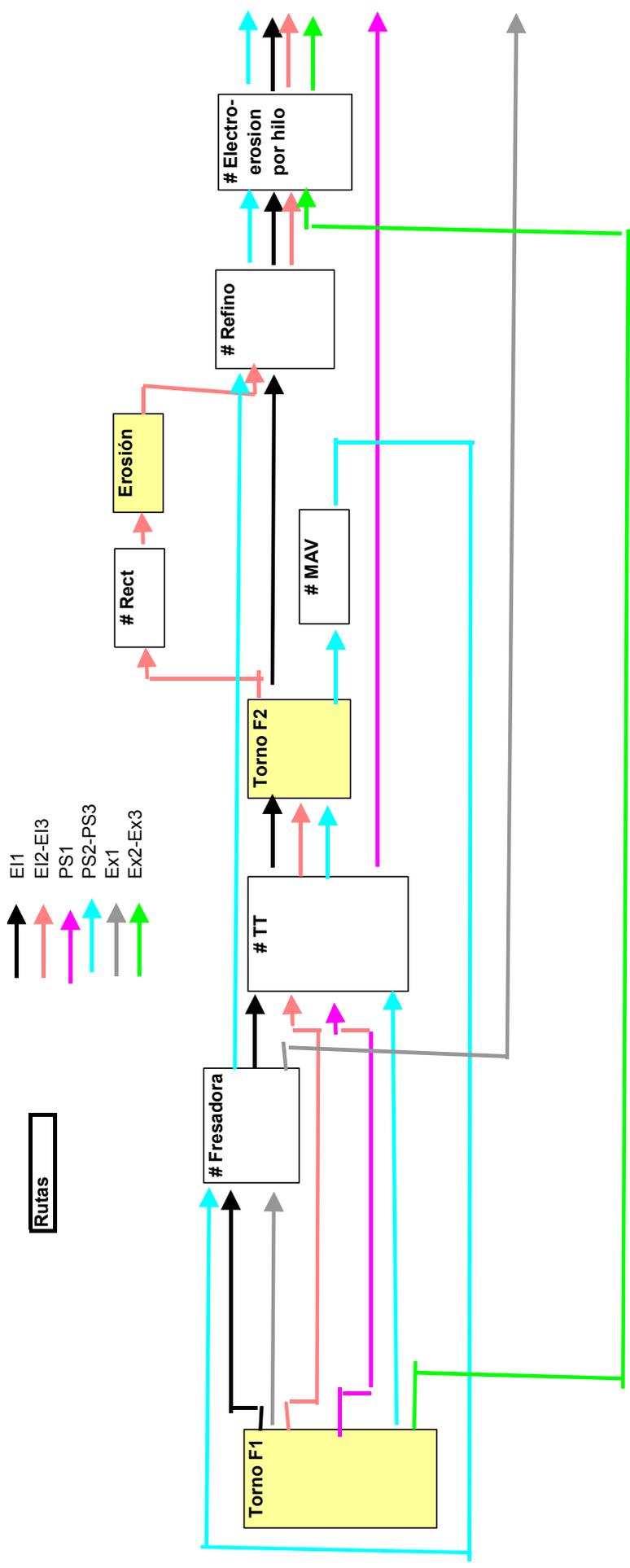


Fig. 60. Rutas de componentes CIE. Matricería UP3 (original en color).

Demanda

La demanda de matrices se basa en un pedido semanal de un número variable de matrices. No existe certeza ni de la capacidad, ni de la situación del momento del sistema productivo, si a esto se unen los problemas citados anteriormente de inserción de nuevas ordenes urgentes y anulación o modificación de otras, el sistema resulta ineficiente y las ordenes sufren grandes demoras en sus entregas.

Uno de los objetivos del proyecto por tanto, será definir la carga máxima semanal que habrá de soportar la planta de mecanizados. Una vez definida esta carga no se podrá permitir ninguna variación de ésta durante la semana.

Sistema físico

El sistema físico (ver figura 60) se muestra muy complejo, son seis las rutas que hay que gestionar y nueve los componentes diferentes por cada orden; además la orden no se da por cumplimentada hasta la llegada de los nueve componentes al premontaje de las matrices.

Por otro lado, son sólo dos las máquinas destinadas exclusivamente a la UP3, el resto se comparten para otro tipo de piezas. La estructura del taller es por tanto funcional y tampoco hay una intención inicial de duplicar medios productivos ni de reorientar la distribución en planta; en definitiva, el equipo asume que el sistema físico se mantiene durante un futuro cercano y que hay que sacar partido de la gestión correcta de la información.

Sistema de información

Aunque las rutas son complejas, el sistema de información empleado es sencillo. El responsable de producción recoge los pedidos semanales, los secuencia en base a criterios no definidos y pone cada orden y su materia prima correspondiente a pie de la primera máquina de cada ruta. A partir de ahí, cada maquinista procesa cada trabajo y una vez finalizado lo envía al siguiente proceso en base a la programación de finida por el responsable.

Los operarios por tanto, conocen las rutas de cada componente perfectamente por experiencia y por la etiqueta que lleva el material. El problema lo ocasionan los diferentes y variables criterios de secuenciación que se emplean a nivel de planta. Hay que recalcar que una orden no se da por entregada a forja hasta que el más lento de sus nueve componentes llegue al final del proceso.

Indicadores empleados

El indicador principal empleado será el cumplimiento del periodo medio de maduración de la fabricación de matrices, desde que entra la materia prima a planta hasta que salen los nueve componentes premontados en tres matrices. El horizonte inicial establecido como objetivo ha sido el de una semana.

C3.3.4 Mapeado de la situación futura

El mapeado de la situación futura se ha tratado de dibujar siguiendo las pautas *lean* aportadas por el VSM, sin embargo, debido a la problemática concreta de la matricería UP3, estas guías de actuación ha habido que adaptarlas en un grado importante. Los dos objetivos principales que debía aclarar el mapa futuro eran la correcta adecuación de la carga a la capacidad productiva y la búsqueda de la secuencia óptima de programación para lograr la máxima eficiencia productiva.

El análisis de los mapas iniciales dio información relevante sobre la localización del cuello de botella de la UP3, limitación que vendría a ser el torno, uno de los dos recursos dedicado completamente a la línea de producto.

Por otro lado, el mismo análisis afianzó al equipo en la idea de que los componentes de rutas más largas son aquellos que limitan el periodo de maduración de todo el conjunto de tres matrices necesarias por cada orden. En definitiva, en base a la longitud y duración de las rutas se establecieron tres tipos de prioridades a asignar a cada componente:

- 1: Ruta larga. Prioridad alta.
- 2: Ruta media. Prioridad media.
- 3: Ruta corta. Prioridad baja.

Así, estas fueron las asignaciones realizadas:

- Estampa inferior 1ª operación: Prioridad 1.
- Estampa inferior 2ª operación: Prioridad 1.
- Estampa inferior 3ª operación: Prioridad 1.
- Punzón superior 2ª operación: Prioridad 2.
- Punzón superior 3ª operación: Prioridad 2.
- Expulsor 1ª operación: Prioridad 3.
- Expulsor 2ª operación: Prioridad 3.
- Expulsor 3ª operación: Prioridad 3.
- Punzón superior 1ª operación: Prioridad 3.

Las ideas principales de cara a perfilar el mapa futuro serían, en primer lugar, calcular la carga de piezas que debería asumir el cuello de botella, y por otro lado, buscar la secuencia óptima para el mismo dando mayor prioridad a los componentes de ruta más larga. De hecho, resultó que una de las posibles secuencias óptimas del torno coincidía con la prioridad marcada de los componentes.

Por tanto, el resultado del proceso de análisis del mapa inicial se podría resumir en:

- El cuello de botella de la UP3 es el torno. La carga semanal a lanzar a matricería deberá basarse en la capacidad del mismo. En principio no se deberán aceptar ordenes urgentes.
- El criterio de secuenciación de cada medio productivo estará en función de la prioridad establecida para cada componente.

Los resultados del estudio fueron corroborados por la simulación de un programa semanal realizada mediante de una hoja de cálculo. Dicha simulación,

efectuada bajo unas hipótesis muy negativas, demostraba la capacidad del sistema de llegar a cumplir perfectamente el programa en el plazo de una semana.

Las pautas del VSM detallan con mayor profundidad la configuración definitiva del sistema productivo.

1.- Cálculo del *takt time*

En este caso, el cálculo del *takt time* se ha relacionado con el ritmo productivo semanal que puede asumir la UP3 en matricería. Es decir, la capacidad máxima productiva que es capaz de afrontar el cuello de botella, que en el caso de la UP3 viene a ser el torno.

Esta capacidad máxima, según cálculos basados en los datos recolectados en el mapa inicial, vendría a ser de unas tres ordenes o nueve componentes a la semana. Pero esta carga a asumir por el cuello de botella, se ha considerado en base a suponer un escenario con referencias complicadas de mecanizar, tiempos de operación largos y haciendo frente a un gran número de incidencias. La realidad es que el número de ordenes que podría operar el cuello de botella podría variar de semana a semana dependiendo sobre todo de las especificaciones de cada utillaje. Por tanto, una idea de mejora sería simplificar o automatizar en cierto grado el proceso de carga-capacidad para poder realizarlo cada semana con facilidad.

2.- Flujo continuo

Hoy por hoy, es imposible plantearse una redistribución de planta más orientada a las diferentes unidades de producción por la necesidad de duplicar máquinas, lo cual viene a resultar en inversiones importantes.

3.- Sistemas *pull*

La aplicación de sistemas *pull* de tipo supermercado no tiene sentido. Es una producción que se podría considerar de tipo bajo pedido en la que las ordenes se lanzan al primer proceso productivo; a partir de ahí, se podría barajar la posibilidad

de implantar líneas FIFO, pero es una cuestión que también se ha descartado por los criterios de secuenciación aprobados.

De hecho, cuando los diferentes componentes vayan llegando a los centros productivos correspondientes con su ruta, los operarios deberán priorizar el componente a mecanizar según los criterios aprobados. Hay que tener en cuenta que los tiempos de operación de cada máquina se pueden considerar largos (la mayoría superiores a media hora), por lo que durante ese tiempo pueden ir llegando diferentes componentes. El operario introducirá en la máquina aquel de superior prioridad y no aquel que haya llegado primero, que se le impondría según los criterios FIFO.

El esquema que podría reflejar el nuevo sistema sería el de la figura 61.

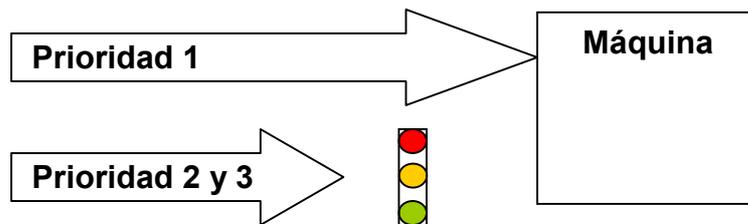


Fig. 61. Método secuenciación (original en color).

4.- Proceso regulador

El proceso regulador seguiría siendo el primer centro de cada ruta, a partir de ahí, cada operario se responsabiliza de priorizar las operaciones según los criterios establecidos.

5.- Nivelación de la producción

El *mix* de producción adecuado es aquel que obtiene mayor rendimiento del cuello de botella y éste corresponde enteramente con el orden de las prioridades acordadas.

En cuanto al volumen de producción, se ha determinado seguir con los lanzamientos semanales, pero en este caso la modificación importante es la fijación y mantenimiento definitivo del programa.

6.- Mejora de eficiencias

Aunque la mejora de eficiencias sea un reto importante, sobre todo en el cuello de botella, el equipo ha desestimado lanzar en plazo de tiempo inmediato este tipo de proyectos.

El mapa futuro diseñado (ver figura 62) se basa en insertar al gráfico de rutas las prioridades y el icono del semáforo. Nótese que el centro dedicado al tratamiento térmico (TT) no requiere de la secuenciación definida, dicho tratamiento se realiza a granel fuera de las instalaciones de matricería, el camión recoge a una hora definida todas las piezas y las entrega a la vez a los dos días. Por otro lado, se observa que el centro de erosión tampoco tiene ningún semáforo, de hecho, se trata de un proceso no compartido con el resto de UP-s y que sólo trabaja con las estampas inferiores.

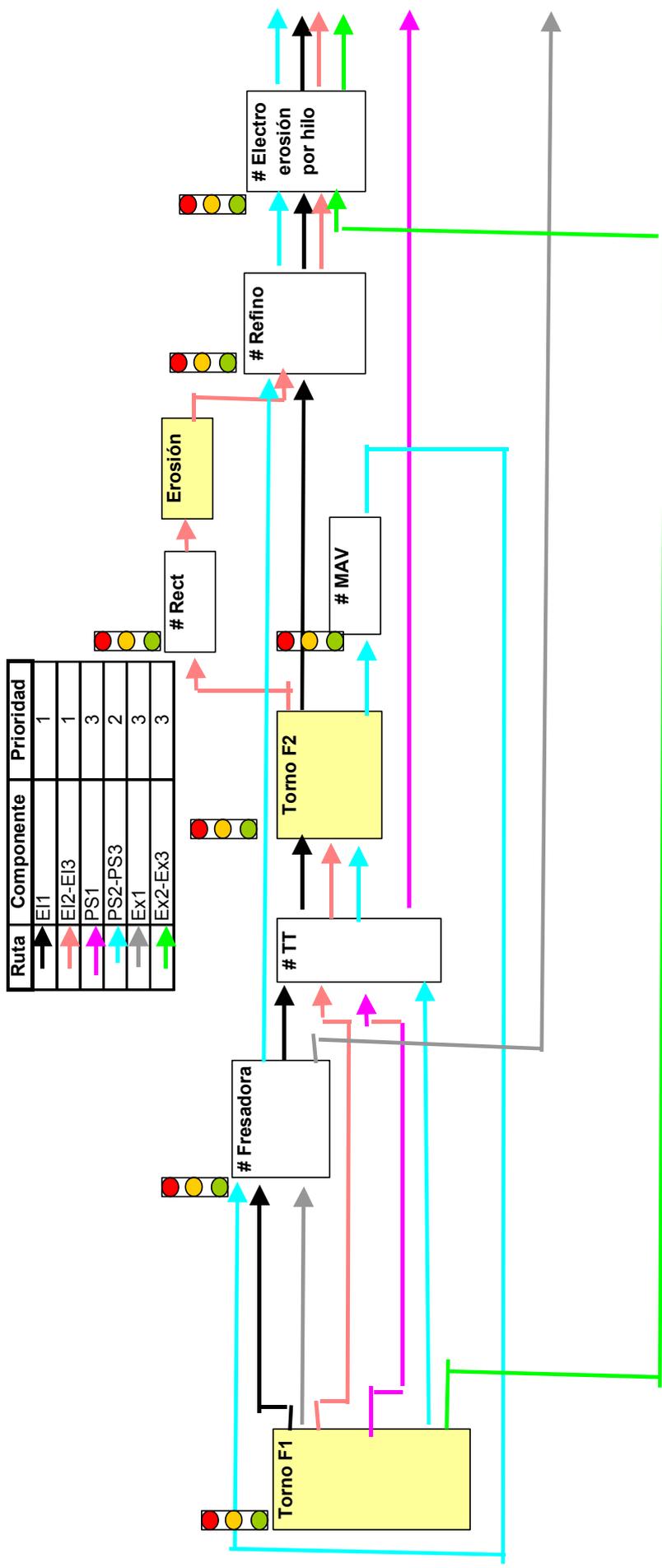


Fig. 62. Mapa futuro CIE .Matrickería UP3 (original en color).

C3.3.5 Definición del plan de trabajo.

El plan de trabajo que se deriva del estudio de la nueva propuesta, tiene la propiedad principal de haber sido diseñado de cara a conseguir resultados en un plazo de tiempo relativamente corto y concreto de unos seis meses de duración. Dicho plan se puede estructurar en tres grandes apartados (ver figura 61).

En primer lugar, el desarrollo de un sistema sencillo que ayude a los planificadores en la labor de calcular la carga real semanal de la UP3 en matricería. Para tal fin, se ha decidido recuperar un programa informático de cálculo de cargas que se empleaba hace tiempo pero que había quedado en desuso por no haber sido modificadas las rutas de los diferentes componentes. Por tanto, las acciones que se derivan de este plan consisten en la renovación de las rutas y en unir la base de datos del sistema con el programa de planificación general de CIE, para posteriormente dar la formación necesaria a los planificadores. La figura 63 muestra una imagen del programa.

G S B Forja		CARGA DE MAQUINAS desde Semana: 30		Fecha : 23/07/04		Hasta Semana: 31		Hora : 10:52:59		Página: 7				
Máquina: M1004 TORNO M1004 BROSOPRINT 46/120														
Semana	F. Sug./Op.	F. Firm/Op.	F. Entreg.	Retraso	Operac.	Artículo	Nombre del Artículo	Modelo	Cliente	Orden	Pedido	Cantidad	Tiempo Maq.	Situac.
30	19/07/04	19/07/04	25/08/04	0	04	M3398000N	NUCLEO DE 3	30273	03	309583	132679	6	2.70	P
30	19/07/04	19/07/04	25/08/04	0	04	M3429400N	NUCLEO DE 3	30298	03	309596	132679	6	2.70	P
Total día 19/07/04													5.40	
Semana	F. Sug./Op.	F. Firm/Op.	F. Entreg.	Retraso	Operac.	Artículo	Nombre del Artículo	Modelo	Cliente	Orden	Pedido	Cantidad	Tiempo Maq.	Situac.
30	20/07/04	20/07/04	25/08/04	0	05	M3398000N	FUNCIÓN SUPERIOR	30273	03	309585	132679	6	1.80	P
Total día 20/07/04													1.80	
Semana	F. Sug./Op.	F. Firm/Op.	F. Entreg.	Retraso	Operac.	Artículo	Nombre del Artículo	Modelo	Cliente	Orden	Pedido	Cantidad	Tiempo Maq.	Situac.
30	21/07/04	21/07/04	21/07/04	0	03	M3408800N	NUCLEO INF 3	30279	03	309600	132756	2	1.10	P
Total día 21/07/04													1.10	
Semana	F. Sug./Op.	F. Firm/Op.	F. Entreg.	Retraso	Operac.	Artículo	Nombre del Artículo	Modelo	Cliente	Orden	Pedido	Cantidad	Tiempo Maq.	Situac.
30	22/07/04	22/07/04	30/08/04	0	04	M3527000N	nucleo 2	30376	03	309554	132554	2	1.10	P
Total día 22/07/04													1.10	
Total Semana 30													9.40	

Fig. 63. Automatización cálculo carga-capacidad.

En segundo lugar, vendría la implantación del nuevo sistema de secuenciación demostrado valido mediante la simulación realizada. Para ello, es vital la formación a los operarios en base a consignas sencillas y claras para después llevar un estricto control de lo que ocurre en planta. El indicador empleado para ello será la medición

de la proporción de ordenes que llegan finalizadas a forja en el plazo de la semana prefijado.

Por último, y para afianzar las mejoras llevadas a cabo, es importante plasmar todo el nuevo sistema en un procedimiento claro para el personal implicado de CIE.

C3.3.6 Implantación del plan de trabajo.

Si bien las acciones definidas no suponían excesiva carga de trabajo, el equipo ha conseguido implantar todas las acciones con éxito en el plazo estipulado. El indicador de periodo de maduración se ha fijado con garantías en el plazo de la semana predeterminada. Por tanto, se puede considerar que el objetivo principal del proyecto ha sido logrado (ver figura 66).

La figura 65 muestra el nuevo procedimiento diseñado, aprobado y actualmente empleado para la planificación de la matricería. En él, se observan los puntos referidos al cálculo carga-capacidad y a la secuenciación del cuello de botella

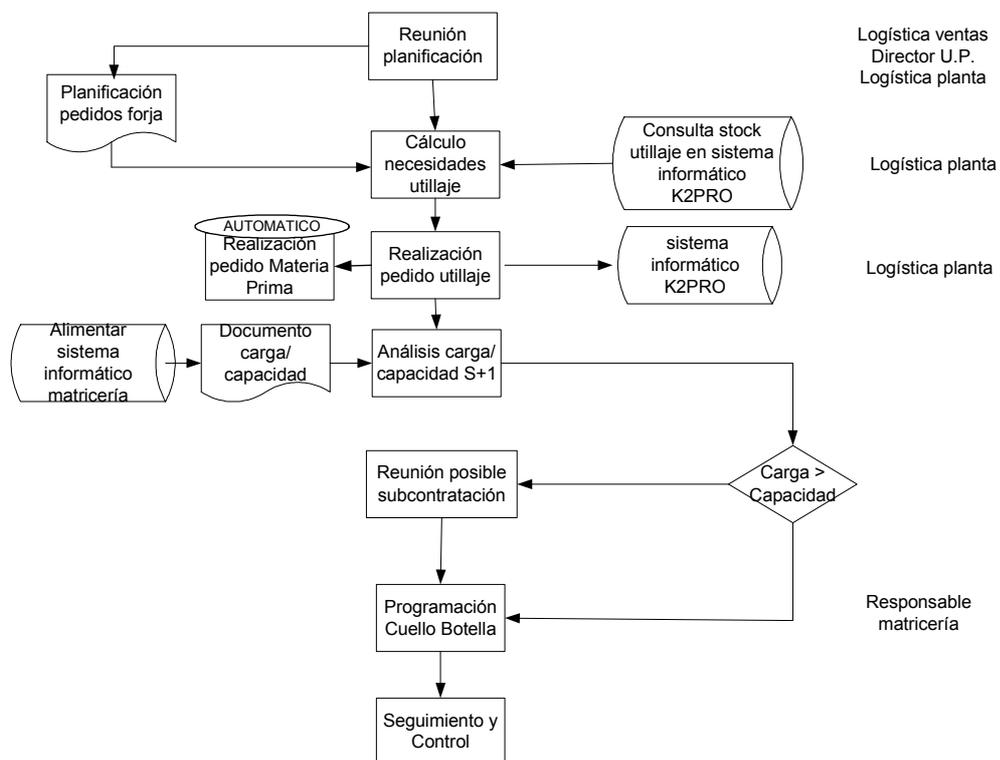


Fig. 65. Procedimiento de planificación de matricería.

C3.4 ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO CIE

El presente caso ha resultado algo atípico en cuanto a la aplicación del VSM y de sus pautas o guías de actuación. El sistema productivo tiene particularidades como una estructura muy funcional con la mayoría de recursos compartidos, funcionamiento bajo pedido y rutas complejas de productos que tienen que entregarse al mismo tiempo. Por otro lado, hay una serie de limitaciones establecidas en lo referente a modificar el sistema físico o distribución en planta.

Precisamente, para completar el estudio, se han tenido que integrar conceptos como la TOC en cuanto a maximizar la eficiencia del sistema productivo en base al recurso crítico, así como aspectos relacionados con la búsqueda de la secuenciación óptima de los centros de producción.

De todos modos la realización de los mapas ha tenido una gran utilidad en lo referente a reflejar y analizar la problemática real y concreta de matricería. Los datos de operación han servido de punto de partida para los estudios posteriores de carga-capacidad, definir los criterios de secuenciación idóneos y realizar la simulación que ha afianzado la nueva sistemática diseñada.

En cuanto a la definición y ejecución de los planes, hay que volver a reseñar que estos tenían una fecha clara de resolución sin haber sido desplegados más planes a medio plazo. Si bien no eran acciones demasiado complicadas, hay que reconocer que el equipo las ha cumplido y el objetivo del proyecto ha sido logrado como lo atestigua la evolución del indicador más importante empleado.

C4 UEB. S.L.

C4.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

UEB, es una empresa situada en Galdakao (Bizkaia) que cuenta con un número de trabajadores aproximado a 200. Su actividad principal se centra en la fabricación de sistemas de iniciación (detonadores y cordón detonante).

Dada la peligrosidad de los productos, los requerimientos de seguridad a cumplir en todos los ámbitos operativos son importantes, este hecho obliga a que el sistema productivo se encuentre organizado en diferentes plantas aisladas por cierta distancia para evitar propagaciones.

Esta separación de las secciones productivas impuesta, obliga a que la diferentes familias de productos deban recorrer largas rutas y el transporte se realice en base a lotes de transferencia importantes.

C4.2 ESTUDIO DEL CASO: DETONADORES ELÉCTRICOS

El estudio de caso se centra en la línea de negocio de detonadores eléctricos. Es un proceso productivo complejo; sobre una base del producto, van convergiendo diferentes componentes hasta un armado o montaje final, en el que se da una gran diferenciación en cuanto a referencias.

El principal objetivo de la empresa a la hora de llevar a cabo el presente estudio, es el diagnóstico y cuestionamiento del sistema productivo actual. Si bien se parte de un condicionante importante como es la imposibilidad de modificar la

distribución en planta, a priori se ven posibilidades en cuanto a reducir el inventario en curso y en fijar los periodos de maduración y tiempos de respuesta al mercado.

C4.3 APLICACIÓN DEL VSM

C4.3.1 Perfil del equipo

Tal y como se observa en la tabla 89, El equipo está liderado por el director de producción de UEB con el apoyo del gestor de área de detonadores. Ambos tienen un conocimiento profundo y amplia experiencia de las propiedades del sistema productivo de detonadores y se muestran muy convencidos de la potencialidad de aplicación de las técnicas *lean*; a pesar de que la justificación de las posibles mejoras haya de estar supeditada a criterios económicos.

Tabla 89. Perfil del equipo UEB.

<i>Figura</i>	<i>Cargo</i>	<i>Titulación</i>	<i>Años de experiencia.</i>	<i>Liberación VSM. (sí/no)</i>	<i>Nivel inicial lean (1 a 5)</i>	<i>Convencimiento tras formación (1 a 5)</i>
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Director de Producción</i>	<i>Ingeniería</i>	<i>15</i>	<i>No</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<i>Facilitador</i>	<i>Gestor de área</i>	<i>Ingeniería</i>	<i>4</i>	<i>No</i>	<i>3</i>	<i>5</i>

C4.3.2 Elección del flujo de valor

El flujo de valor se centra en el proceso productivo de puerta a puerta de los citados detonadores eléctricos. Se trata de un flujo de tipo “AT”, es decir, a medida que se avanza aguas abajo se va dando una unión entre diferentes componentes hasta una diferenciación final. El componente base sobre el que se van añadiendo el resto de piezas, es el recipiente de aluminio o de zinc denominado “portarretardos”, el cual es inicialmente conformado a partir de la extrusión de alambre. Por tanto, el mapeado se basará en el seguimiento detallado del “portarretardos”. El flujo relacionado con el resto de componentes también se graficará, aunque no con el grado de detalle del componente base.

C4.3.3 Mapeado de la situación inicial

La figura 67 muestra el mapa desarrollado para reflejar la situación inicial de la línea de negocio de detonadores eléctricos. Las principales características del mismo son expuestas a continuación.

Demanda

La demanda de detonadores se muestra bastante homogénea a lo largo del año. En concreto, se trabaja para reponer un almacén regulador situado fuera de la planta. UEB da respuesta a dos mercados diferenciados en cuanto a tipología de producto: el estatal y el de exportación. El primer mercado requiere de 1200 referencias de producto terminado y el segundo de 400 referencias, lo cual hace que UEB tenga abierto un catálogo de aproximadamente 1600 referencias diferentes de detonadores.

En cuanto a la demanda, se cumple la regla de *Pareto*, es decir, el 20% de las referencias constituyen el 80% del volumen de demanda. El total de la demanda anual sobrepasa los 12 millones de unidades de detonador. Los almacenes reguladores de los clientes envían pedidos semanales regulares en cuanto a reparto mensual de volumen y cantidad de referencias, teniendo en cuenta los diferentes índices de rotación de los productos A, B y C. El plazo de entrega acordado para las referencias A es de una semana y las de las referencias de tipo B y C es superior, pudiendo llegar a los dos meses.

Sistema físico

El sistema físico muestra un entorno complejo, dado el flujo tipo “AT”, así como los numerosos procesos compartidos con otras líneas de negocio por la tipología de producción funcional de UEB. Solamente el último proceso de armado automático formado por seis máquinas similares está específicamente orientado al montaje de detonadores eléctricos. Dichos procesos, trabajan a diferentes niveles o turnos de producción diarios, lo cual también añade complejidad tanto al estudio como al establecimiento de líneas de mejora.

Asimismo, llama la atención la amplia cantidad de referencias o diferenciaciones de productos que se gestionan. Partiendo de 34 tipos de “portarretardos”, a medida que se añaden variantes, pasan primeramente a 140 diferenciaciones para por último llegar a los 1600 tipos de productos terminados.

Esta diferenciación de referencias, unida a la distribución funcional y a la lejanía entre sí de los procesos, hace que el stock en curso acumulado sea cuantioso, lo que hace alargar el periodo de maduración de los diferentes productos y a su vez, obliga a mantener un gran inventario en los puntos de almacenamiento definidos para dar respuesta a los clientes.

Sistema de información

La gestión de la producción se basa en una combinación de dos sistemas: el de aprovisionamiento de demanda no ligada o sistemas “punto de pedido”, y el sistema MRP.

Los tres primeros procesos de extrusión que se encuentran aguas arriba trabajan en base a reponer su inventario correspondiente. Hay que diferenciar estos sistemas de los *pull* de supermercado, en el sentido en el que los primeros lanzan su producción en referencia a la consulta periódica del punto de pedido, entre que el sistema *pull* se basa en la reposición de los huecos abiertos en tanto en cuanto llegue una señal o autorización para ello.

En cambio, son las ordenes de fabricación semanales generadas mediante el MRP las que desencadenan la producción en los cuatro restantes procesos de carga, armado y expediciones.

Los diferentes plazos de entrega fuerzan a que los puntos de decisión o interfaces estén diferenciados para los productos A por un lado y para los productos B y C por otro. De hecho, se puede decir que UEB trabaja contra almacén de producto terminado respecto a las referencias A, es la sección de expediciones la que funciona como interfaz en este caso.

Los pedidos relativos a las referencias B y C en cambio se transforman en ordenes de fabricación para el proceso de armado. Está sistemática, en principio evita tener inventario de producto terminado de dichas referencias, aunque el tiempo de respuesta de cara al cliente sea mayor.

Indicadores empleados

Los indicadores de mejora más idóneos para reflejar las posibles mejoras que se pretenden lograr son, el periodo de maduración y su variabilidad, la cantidad de stock inventariada y la fijación de los tiempos de respuesta de las referencias A y de las referencias B y C.

C4.3.4 Mapeado de la situación futura

La figura 68 expone el mapa futuro definido. Las pautas de actuación del VSM explican dicho mapa con mayor grado de detalle.

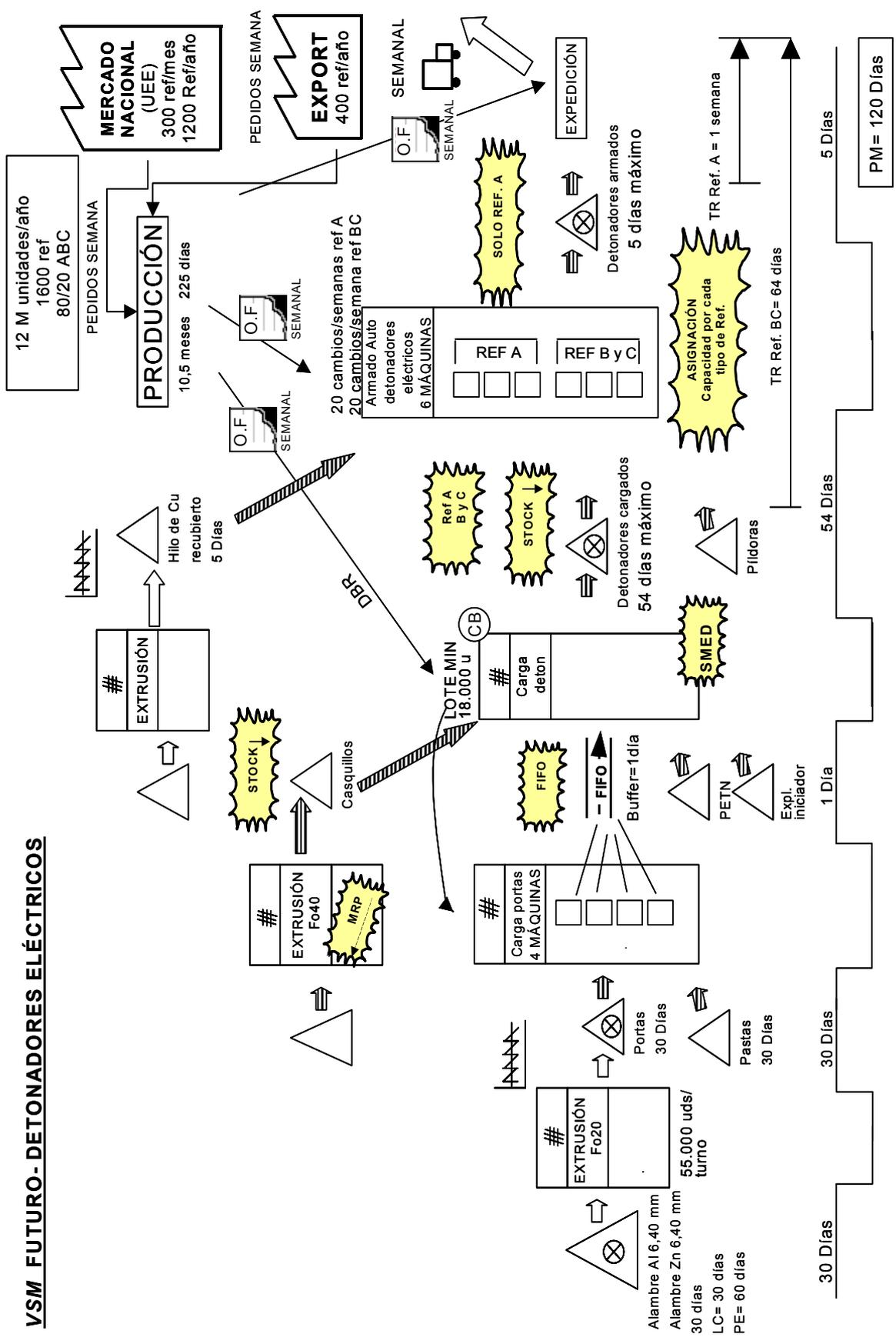


Fig. 68. Mapa futuro UEB. Línea detonadores.

1.- Cálculo del takt time

El cálculo del *takt time* da como resultado un número muy pequeño, 1,6 segundos por unidad de detonador. Al no actuar con un único tipo de contenedor, se hace difícil convertir este número en referencia del ritmo productivo, no obstante, su cálculo ha servido para un análisis carga capacidad de cada medio productivo.

2.- Flujo continuo

Tal y como antes se ha citado, hoy por hoy es imposible modificar la distribución en planta por motivos de seguridad. De todos modos, y aunque no lleve a este último propósito, la asignación de referencias a máquinas, que es posible lograr entre los seis centros de armado automático, ayuda a simplificar los flujos productivos.

3.- Sistemas pull

En cuanto a los sistemas *pull* de supermercado, no se ha contemplado la puesta en marcha de ninguno, aunque la empresa ya tiene experiencias exitosas en este ámbito.

Los sistemas *pull* secuenciales o las líneas FIFO, son posibles plantearlas entre los procesos de carga portas y carga detonador, a pesar de que sean procesos que se encuentran lejos entre sí. La implantación de dicha línea lograría estabilizar el stock en curso entre ambas máquinas y evitar el tener que programar el proceso de carga detonador.

4.- Proceso regulador

El equipo ha decidido mantener todos los puntos de programación excepto el recién citado proceso de carga detonador, en cuyo caso el proceso de carga portas habrá de contemplar la secuencia y el lote de fabricación óptimo de carga detonador, por ser éste último el cuello de botella entre ambas secciones. Es aquí donde tiene sentido el enfoque TOC: el tambor sería el cuello de botella o el proceso carga

detonador, la línea FIFO entre ambas serviría de pulmón y la cuerda sería el programa lanzado a carga portas.

Otro punto de programación claro por ser el único exclusivamente dedicado a los detonadores eléctricos sería el armado automático. La asignación de la capacidad productiva de tres centros a las referencias A y la del resto de centros a las referencias B y C es una idea de mejora aportada que busca los siguientes objetivos:

- Simplificar el flujo de materiales y de información en el proceso de armado. Ya que, así, las tres “máquinas A” trabajarían en base a reponer el stock de producto terminado, mientras que las “máquinas BC” trabajarían en base a las ordenes de los clientes.
- El aumento de capacidad asignada a las referencias A, permite lograr mayores rotaciones de producción y reducir de manera significativa el almacén de producto terminado. Eso sí, a costa de incrementar el tiempo de respuesta y plazo de entrega de las referencias B y C.

El equipo ha estimado oportuno lanzar una línea de acción de estudio y simulación de las ventajas que aportaría este nuevo sistema, ya que es necesario un tratamiento de datos más pormenorizado de las 1600 referencias antes de tomar una decisión relevante.

Por otro lado, también se ha estimado cambiar el aprovisionamiento del proceso de extrusión Fo40 de sistema “punto de pedido” al sistema MRP. La razón principal reside en que se evitaría acumular tanto stock entre dicho proceso y el de carga detonador, sin que esto tuviera efectos en el periodo de maduración proveniente del nuevo calendario inverso, por existir ramas de la estructura de producto más amplias en cuanto a tiempo.

5.- Nivelación de la producción

UEB no ha considerado la idea de reducir el volumen de producción semanal a un menor periodo. A pesar de que se ha planteado cierta simplificación, se

mantienen numerosos puntos de programación cuyo aumento de frecuencia de gestión implicaría una sobrecarga de trabajo para el departamento de planificación.

6.- Mejora de eficiencias.

El equipo ha decidido que de llevar a cabo mejoras de eficiencias, éstas deben centrarse en el aumento de flexibilidad del proceso cuello de botella que es carga detonadores. Esto se llevará a cabo en una etapa posterior mediante la aplicación del método SMED.

C4.3.5 Definición del plan de trabajo

El plan de trabajo definido (ver figura 69), tiene varias línea de acción diferenciadas. Por un lado, el diseño y la implantación de la línea FIFO, por otro lado, todo el estudio, simulación e implantación de la idea de asignar capacidad fija según tipo de referencia; y por último, la integración de la extrusión Fo40 en el MRP y la reducción de los tiempos de cambio en el proceso de carga detonador.

Estas líneas de mejora comprenden varias actividades de determinación de la cantidad de inventario adecuado, el mapa futuro (ver figura 68) hace una estimación muy genérica del stock necesario en ese escenario, cálculo que el equipo ha estimado oportuno realizarlo con mayor grado de detalle. Asimismo, hay que tener en cuenta que los datos numéricos del stock en el mapa inicial (ver figura 67), corresponden con una situación puntual determinada, no hay ningún cálculo del stock teórico necesario por detrás.

Fecha:		PLAN ANUAL DE LA CADENA DE VALOR.																	
Director:	Septiembre 2004	Programa mensual																	
Val. Stream Mgr:	V.G.	Meta (cuantificable)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rble.	Dptm implicado	Ingeniería	Mto.	
Objetivos familia	Loop	Objetivo																	
Diagnóstico y rediseño del sistema productivo	MRP en extrusión Fo40	Implantación del MRP	■												V.G.				
		Reducción de stock		■											V.G.				
		Diseño FIFO		■											V.G.				
		Línea FIFO	Implantación FIFO			■	■	■							V.G.				
			Único programa a carga portas			■	■	■							V.G.				
			Simulación y cálculo de stock en excel					■	■						V.G.				
		Asignación carga capacidad	Asignación práctica							■	■				V.G.				
		Eficiencia en carga detonador	SMED en carga detonador										■	■	V.G.				
	Familia de productos: Detonadores eléctricos																		

Fig. 69. Plan anual de la cadena de valor. UEB.

C4.3.6 Implantación del plan de trabajo

La cumplimentación real del plan tras seis meses puede observarse en la figura 70. Como se observa, si bien se han conseguido ciertos logros como una reducción importante del 80% del stock en curso de un componente, aun se está en fase de cálculo y estudio de las diferentes líneas de acción. De todos modos, el propósito inicial de la empresa consistía básicamente en realizar el diagnóstico del sistema productivo, y en todo caso, lanzar proyectos de mejora sin excesiva presión en cuanto al tiempo de dedicación. A los seis meses el equipo todavía se muestra optimista y sigue convencido en llevar cabo las acciones pendientes.

Fecha:		Marzo 2005		REVISIÓN DEL FLUJO DE VALOR.				Firmas.			
Director:											
Val. Stream Mgr:		V.G.									
Objetivo a nivel de planta		Loop						Ideas para objetivos del año próximo			
				Objetivo cuantificable		Condiciones de progreso		Evaluación		Problemas restantes	
				Implantación del MRP				100%			
				Reducción de stock				100%			
				Diseño FIFO				0%			
				Implantación FIFO				0%			
				Único programa a carga portas				0%			
				Simulación y cálculo de stock en excel				50%			
				Asignación práctica				0%			
				O: Éxito A: limitado X: Fracaso						Familia de productos: Detonadores eléctricos	

Fig. 70. Revisión del flujo de valor. UEB.

C4.4 ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO UEB

El sistema productivo de UEB resulta de una gran complejidad por el tipo de distribución en planta funcional, la cantidad importante de referencias y variantes en juego, los condicionantes de no poder modificar ni los niveles de producción ni la posición de los centros productivos y los numerosos recursos compartidos que se encuentran en las diferentes plantas.

Dicha complejidad ha hecho que el estudio de las diferentes alternativas de mejora no haya sido una labor sencilla. De todos modos, la empresa se ha mostrado muy satisfecha con la aportación del VSM como técnica para el diagnóstico y cuestionamiento de sus sistemas productivos y sigue decidida en finalizar las actividades de mejora comenzadas en la línea de detonadores, así como de aplicar el VSM en otras líneas de negocio. Las pautas VSM han servido de base para discutir el sistema productivo y especialmente en UEB, el sistema de programación, así como de herramienta para asentar y fijar los inventarios en curso, los periodos de maduración y los tiempos de respuesta.

Por último, las limitaciones en cuanto a modificar el sistema físico de la empresa ha forzado al equipo a discutir y plantear mejoras sobre todo en cuanto al sistema de información. Una vez más, los conceptos originales de la TOC y la asignación de carga capacidad han tenido una gran cabida en este caso también.

C5 COMPAÑIA XYZ

C5.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Empresa industrial situada en la CAPV que cuenta en su plantilla con unos 200 trabajadores y se dedica a la producción de componentes de automoción. Entre las familias de productos que XYZ manufactura se encuentran los relativos a los submódulos de bombas de agua y aceite y bombas de dirección.

Entre sus principales clientes se encuentran las grandes firmas europeas y mundiales *Tier 1* del sector de automoción. Estas marcas, debido a la tesitura del mercado, exigen una gran competitividad a sus proveedores, por lo que XYZ se ha tenido que dotar durante los últimos años de un sistema productivo moderno y avanzado.

C5.2 ESTUDIO DEL CASO: LÍNEA BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN

El presente estudio de caso se centra en la línea de negocio dedicada a la fabricación del bloque de distribución de la bomba de agua y aceite. El proceso productivo general consta de una primera inyección de una aleación base de aluminio denominada *AlSi9Cu* del bloque principal de la bomba, una conformación por arranque de viruta de dicho bloque por arranque de viruta, una limpieza, y un último montaje de los componentes secundarios.

La empresa pretende realizar un diagnóstico y cuestionamiento general del sistema productivo dedicado a dicha línea de producto con el fin de detectar posibles oportunidades y lanzar posteriormente proyectos de mejora.

C5.3 APLICACIÓN DEL VSM

C5.3.1 Perfil del equipo

La tabla 90 muestra las principales características del equipo formado.

Tabla 90. Perfil del equipo XYZ.

Figura	Cargo	Titulación	Años de experiencia.	Liberación VSM. (sí/no)	Nivel inicial lean (1 a 5)	Convencimiento tras formación (1 a 5)
<i>Rble. del flujo de valor.</i>	<i>Responsable de Producción</i>	<i>Ingeniería Técnica</i>	15	No	3	4
<i>Facilitador</i>	<i>Responsable de Producción</i>	<i>Ingeniería Técnica</i>	15	No	3	4

El personal asignado por la empresa lo forma una única figura, en concreto el responsable de producción de la línea de bloques. Persona con una gran experiencia y con un convencimiento alto en las posibles mejoras a realizar dado el nivel avanzado de la empresa en cuanto a implantación de técnicas relacionadas con la Producción Ajustada.

C5.3.2 Elección del flujo de valor

Tal y como se ha citado, el flujo a mapear será el referente a la fabricación de bloques, en concreto, al mecanizado, limpieza y montaje; ya que se decide obviar la inyección del aluminio fundido por quedar fuera de las competencias del organigrama dedicado a dichos bloques.

C5.3.3 Mapeado de la situación inicial

El siguiente mapa (ver figura 71), muestra el flujo inicial de material y de información partiendo de material inyectado hasta llegar al almacén de producto terminado con el que servir a los diferentes clientes.

Las características principales del mapa se describen a continuación.

VSM INICIAL- BLOQUE DST. XYZ.

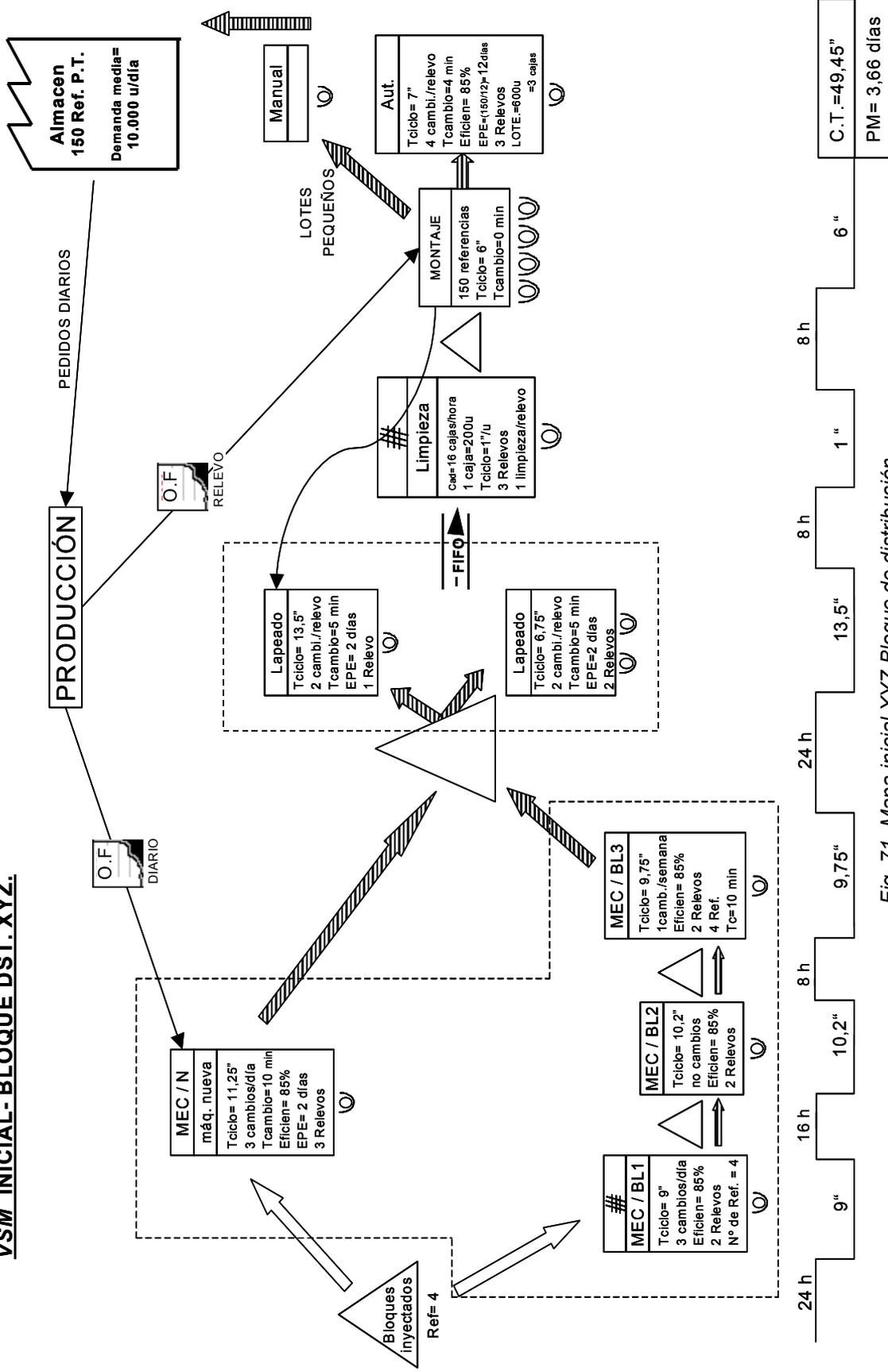


Fig. 71. Mapa inicial XYZ Bloque de distribución.

Demanda

El sistema productivo de bloques trabaja contra stock respecto a sus clientes. Desde el almacén de producto terminado se piden diariamente a control de producción unas 10.000 unidades diarias de 150 posibles referencias.

Sistema físico

El sistema físico muestra dos líneas de mecanizado, una formada por tres máquinas en línea y otra por una única máquina más moderna. La primera máquina de la línea antigua tiene parte de su capacidad reservada para el mecanizado de otros componentes secundarios de otras líneas de productos. También se observa que sólo se mecanizan cuatro bloques de distribución diferentes provenientes de la inyección para que en el montaje final se conviertan en 150; lo que indica la configuración en "T" del producto proceso.

El lapeado es un proceso de acabado que sigue al mecanizado, ésta operación puede realizarse en dos centros productivos con bastante diferencia en cuanto a su capacidad. Una vez lapeadas las piezas, son transportadas a un centro de limpieza de gran capacidad compartido con otras familias, la limpieza de los bloques base de distribución se lleva a cabo tres veces al día, una vez por relevo.

Por último, una célula de montaje manual se dedica a la inserción y ensamblaje del resto de componentes sobre la base, el bloque de distribución. El último puesto automático de la célula es el cuello de botella de todo el sistema productivo. Para paliar de alguna manera esa limitación existe un puesto manual de apoyo para el montaje de lotes pequeños.

Sistema de información

Los requerimientos diarios del almacén de producto terminado son secuenciados de cara al rendimiento óptimo del cuello de botella, el montaje final. Estas ordenes son enviadas turno a turno a dicha célula. Dichas ordenes, traducidas a las características del lapeado, son las enviadas con antelación a los dos centros de lapeado, para mantener el FIFO respecto a limpieza y montaje.

La programación de las dos líneas de mecanizado, en cambio, se encuentra relativamente desacoplada respecto al lapeado y montaje. Las ordenes en este caso, son enviadas con una frecuencia diaria en base a las necesidades del stock de bloques mecanizados en curso y buscando obtener la mayor eficiencia de los centros de mecanizado.

Indicadores empleados

El equipo ha establecido la fijación del periodo de maduración como el principal indicador de mejora. A pesar de que la media de este indicador no es excesivamente alta (3,66 días), el rango de variación se muestra bastante aleatorio periodo a periodo.

Aunque no se traduzca a indicadores, la simplificación del proceso de programación y el aumento de monitorización de lo que acontece en planta son otros de los objetivos del presente proyecto.

C5.3.4 Mapeado de la situación futura

El equipo ha optado por desarrollar la original alternativa de dos posibles mapas futuros. Un mapa bajo el enfoque de los conceptos de la TOC que será el adoptado por el equipo en una primera etapa de implantación; y un segundo mapa, realizado en base a las pautas de actuación aportadas por la Producción Ajustada, escenario futuro que se muestra más exigente que el primero y que en todo caso se irá planteando en un plazo medio de tiempo.

Las dos figuras 75 y 76 exponen los dos mapas citados. El análisis de ambos mapas se describe siguiendo las mencionadas pautas de la Producción Ajustada.

VSM FUTURO- BLOQUE DST. XYZ.
T.O.C

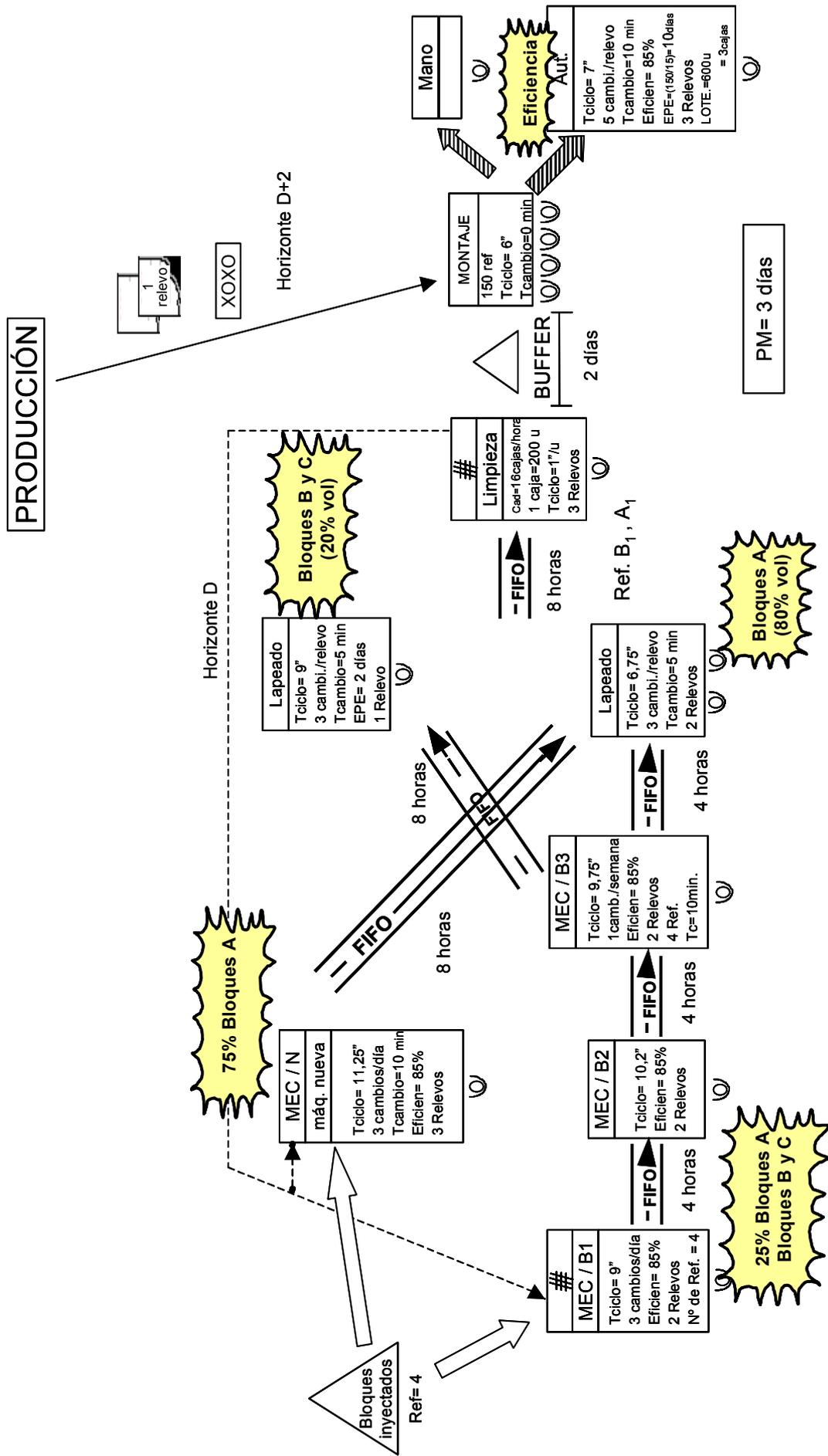


Fig. 72. Mapa futuro TOC-XYZ Bloque de distribución.

1.- Cálculo del takt time

El cálculo del *takt time* da como resultado un ritmo productivo de 8,6 segundos por unidad de producto terminado en tres turnos de trabajo diario. Los diferentes niveles de producción en cuanto a relevos de trabajo y la influencia de los tiempos de cambio hace que el seguimiento del *takt time* se vuelva complicado en cada centro de trabajo. No obstante, dicho cálculo también ha servido para constatar al último puesto de montaje automático como limitación del sistema.

2.- Flujo continuo

El equipo aborda el proyecto sin intención de plantearse una nueva distribución en planta, por tanto, si bien no hay pretensión de diseñar células ni líneas de trabajo, el establecimiento de líneas FIFO que se analizan en el punto siguiente posibilitará de alguna manera el logro de flujos más lineales a lo largo del sistema productivo.

Dicho planteamiento de líneas FIFO viene de la posibilidad de asignar determinadas referencias a máquinas específicas en las secciones de mecanizado y lapeado.

En concreto, tras un análisis de carga capacidad, se observa que en el mecanizado, la máquina más nueva podría asumir el 60% de volumen de producción (el 75% de los bloques de tipo A) mientras que la línea antigua de tres máquinas en serie podría asumir la fabricación del 40% restante (25% o resto de bloques A y bloques B y C). En el lapeado en cambio, los porcentajes difieren algo, la máquina de menor tiempo de ciclo puede asumir el 80% del volumen de producción (todas las referencias de bloques tipo A), en tanto en cuanto la lapeadora más lenta asume el 20% restante (todos los bloques B y C).

Siendo la demanda bastante constante en cuanto a su variabilidad, es posible dicha asignación de piezas con la que, por un lado, delimitar y simplificar las rutas, y por otro lado, asegurar que las referencias correspondientes a los bloques distribución de tipo A tengan un periodo de maduración más rápido y estable.

3.- Sistemas pull

Aunque en el mapa futuro correspondiente al desarrollo de los conceptos TOC no se aprecia ningún sistema *pull* de tipo de supermercado, en el mapa *lean* se han diseñado dos puntos de la cadena donde es posible la implantación de dichos sistemas. En primer lugar, entre montaje y lapeado-limpieza y en segundo lugar, entre lapeado y mecanizado. Hay que tener en cuenta que cada máquina tendría sus referencias ya asignadas de antemano tal y como se ha expuesto en el apartado referente al flujo continuo.

Los sistemas *pull* secuenciales son ampliamente aplicables. En los dos mapas futuros se observa la existencia de líneas FIFO entre las tres máquinas en serie de mecanizado y entre las máquinas de lapeado y limpieza. Asimismo, el mapa TOC también presenta otros puntos con líneas FIFO, en referencia a la asignación de referencias a las distintas máquinas de mecanizado y lapeado, además se puede observar el cruce de varias líneas FIFO entre ellas. La dimensión o longitud de estas últimas líneas habrá de basarse sobre todo en la diferencia entre turnos de trabajo de las máquinas, cuestión que el equipo no ha pretendido cambiar en una primera etapa.

4.- Proceso regulador

El equipo ha decidido que el proceso regulador siga siendo montaje en ambos mapas, por dos razones en este caso compatibles: la coincidencia de este proceso con el cuello de botella y por ser el proceso que verdaderamente diferencia las 150 referencias del catálogo de producto terminado.

En el mapa TOC se observa como se diseña un *buffer* anterior al cuello de botella y se lanza una cuerda de programación a los procesos precedentes de mecanizado. El *buffer* está en un principio predeterminado para que las piezas lleguen con un día de antelación. Tal periodo ha sido definido por la diferencia existente en cuanto a los turnos de trabajo de los centros productivos.

El mapa *lean*, por otro lado, muestra los sistemas *pull* de supermercado diseñados aguas arriba del proceso regulador.

5.- Nivelación de la producción

La nivelación del *mix* de producción aprobado es más complejo de lo que puede suponerse. Se basa en buscar la máxima mezcla de productos en la célula de montaje. Dicho puesto, por cálculos de carga capacidad, tiene estipulado un lote de fabricación mínimo de unas 600 unidades de la misma referencia, es decir, tres cajas de 200 unidades cada una. La mezcla de programación se basará en lanzar al cuello de botella lotes de 600 unidades, que seguidos, correspondan en la medida de lo posible con la misma referencia raíz; hay que recordar que las 150 referencias de producto terminado parten de cuatro únicos bloques de distribución.

A partir de este puntos se diferencia el sistema de información aguas arriba de los dos mapas futuros. En el mapa TOC, estos requerimientos del montaje traducidos a los bloques base han debido haber sido enviados con dos días de antelación a cada máquina asignada de mecanizado.

A continuación se ilustra esto con un ejemplo que muestra una situación de programación idónea (ver tabla 91):

Tabla 91. Ejemplo programación TOC

Mec 1 (capacidad: 6.000 u/día). Asignada 75% de volumen de ref A. OF día D: 6000 A	Lapeado 1 (capacidad 2.000 u/día). Asignadas ref BC	Montaje (capacidad: 10.000 u/día)
Mec 2 (capacidad 4.000 u/día). Asignadas 25% de volumen de ref A+ ref BC OF día D: 2000 A+2000BC	Lapeado 2 (capacidad 8.000u/día) Asignadas ref A	OF día D+2: 8.000A + 2.000BC

Si el día D+2 se espera programar el montaje de 10.000 unidades, éstas deberán corresponder a unas 15 referencias diferentes de producto terminado, es decir, se lanzará montaje un programa diario secuenciado en lotes de 600 unidades (3 cajas). Del total de 10.000, 8.000 habrán de tener el mismo bloque raíz de tipo A y 2.000 responder a otro bloque de tipo B y/o C. Con este sistema se asegura dar altas rotaciones a las referencias con el bloque base de mayor consumo.

Para que el día D+2 los bloques estén disponibles en el *buffer* previo de montaje, éstas habrán debido programarse en mecanizado con dos días de antelación, un día de periodo de maduración de fabricación más un día de estancia

prevista en pulmón, en concreto el día D. El volumen total de producción de los bloques A se repartirá entre los dos centros de mecanizado y los bloques B y/o C se mecanizarán en la línea de tres máquinas. El lapeado no hay porqué programarlo ya que las líneas FIFO y el correcto etiquetado de las cajas deberán garantizar la ruta correcta de las piezas.

También hay que tener en cuenta que va a ser difícil que en el *buffer* previo a montaje se cumpla el FIFO desplegado desde mecanizado, ya que, si bien las cajas necesarias estarán delante de montaje con la antelación suficiente, éstas llegarán desde limpieza con un ordenamiento no adecuado al programa de montaje. El contraste entre el programa y el etiquetado, así como un mantenimiento aproximado del orden de llegada permitirán la correcta entrada a montaje sin problemas.

La secuencia óptima de montaje que busca la agrupación de referencias con el mismo bloque base, garantiza minimizar los cambios en mecanizado y lapeado. De todos modos, hay margen para establecer otro tipo de secuencias cuando así se requiera, dada la capacidad extra de los centros de mecanizado y lapeado para realizar por lo menos tres cambios al día. Se ha estipulado que el lote de fabricación de mecanizado y lapeado (impuesto en este caso por mecanizado) sea de 4.800 unidades del mismo bloque de distribución, lo cual supone un margen suficiente para variar de alguna manera la secuencia de montaje, dar aun mayor rotación a los bloques de distribución y disminuir el stock de piezas inyectadas y de producto terminado.

La tabla 91 que muestra el ejemplo supone el lanzamiento de un volumen diario de trabajo tanto a montaje como a mecanizado. Este volumen podría verse disminuido si se sube la frecuencia de lanzamiento de programa a cada relevo. En este caso habrá de tenerse en cuenta que hay una gran diferencia entre los niveles de producción de cada centro de trabajo. Es decir, el volumen de producción diario habrá de repartirse entre los diferentes turnos de trabajo de cada máquina.

La nivelación del puesto de montaje en el mapa futuro *lean* también se basará en enviar lotes de 600 unidades de diferentes referencias, pero la frecuencia de lanzamiento de programa, como ejemplo, podría aumentarse a enviar dos programas por relevo de unas 1.600 unidades (8 cajas) cada 4 horas. Este aumento

de frecuencia podría darse debido a la descentralización de la programación, dada la implantación de sistemas *pull* de supermercado, lo cual simplifica la labor del responsable de programación. No cabe duda de que este aumento de frecuencia redundará en un mayor grado de monitorización y control de lo que acontece en planta.

En lo referente al diseño de los supermercados en el mismo mapa *lean*, hay que tener en cuenta tanto los lotes establecidos de lapeado (2400 unidades), como de mecanizado (4.800 unidades). Cada vez que tal cantidad de la misma referencia de bloque se vacía en la estantería del supermercado, se lanza la señal correspondiente de reaprovisionamiento. Llegados a este punto, es necesario citar que en este caso, la secuencia óptima de montaje variará con la de respecto al sistema TOC. Con el enfoque *lean* y teniendo en cuenta la descentralización de los supermercados aguas arriba, se requiere que la mezcla de montaje respecto a los diferentes bloques sea la mayor posible para que los sistemas *pull* trabajen con el stock mínimo posible y evitar el efecto de la distorsión o amplificación de la demanda aguas arriba.

Las ventajas del mapa *lean* respecto al mapa TOC se aprecian sobre todo en los siguientes aspectos: la simplificación de la gestión por haber sólo un único punto de programación y la capacidad de respuesta casi inmediata respecto al almacén de producto terminado que permitirá una disminución del stock del mismo.

Como principales inconvenientes, citar la mayor complejidad de implantación efectiva del sistema y el mayor stock en curso que habrá de almacenarse entre los diferentes centros productivos. De todos modos, se recuerda que la implantación del sistema *lean* se ha postergado a que primeramente funcione el sistema basado en la TOC.

6.- Mejora de eficiencias

La mejora de las eficiencias tendrá que centrarse sobre todo en aumentar la capacidad y flexibilidad del cuello de botella, aunque en el escenario *lean* también es importante la mejora de los tiempos de preparación en los centros de mecanizado.

C5.3.5 Definición del plan de trabajo

El plan de trabajo inicialmente definido, se basa en implantar en una primera etapa el escenario futuro TOC, una vez se evalué su funcionamiento, se decidirá si abordar el mapa *lean* con un periodo más holgado de ejecución.

La figura 74 expone los planes de mejora lanzados. Las acciones relacionadas con el desarrollo del mapa *lean* no se han desplegado por haber sido pospuesta esta alternativa.

Fecha:		PLAN ANUAL DE LA CADENA DE VALOR.												Firmas.						
Director:		Programa mensual												Director	Sindicato	Ingeniería	Mto.			
Val. Stream Mgr:																				
Objetivos familia	Loop	Meta (cuantificable)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rble.	Dptm implicado	Revisión Revisor	Fecha		
Rediseño sistema productivo	TOC. Estudio definitivo	Identificar referencias A, B y C.													L.M.A					
		Cálculo de líneas FIFO.														L.M.A				
		Cálculo de lotes en montaje, lapeado y mecanizado.														L.M.A				
Rediseño sistema productivo	TOC. Estudio definitivo	Revisión de sistema de aprovisionamiento del almacén de producto terminado.													L.M.A					
		Implantación líneas FIFO.														L.M.A				
		Implantación DBR														L.M.A				
TOC. Implantación	TOC. Implantación	Seguimiento y control.													L.M.A					
		Mejora de eficiencia en cuello de botella														L.M.A				
Sistema LEAN.	Sistema LEAN.														L.M.A					
Familia de productos: Bloques de distribución																				

Fig. 74. Plan anual de la cadena de valor XYZ.

C5.3.6 Implantación del plan de trabajo

La implantación real de los planes de mejora a los 6 meses se ha visto frenada por otras urgencias de producción que no han permitido la liberación necesaria del personal asignado. No obstante, el plan ha seguido en ejecución. También hay que apreciar, que en este caso, el objetivo inicial del proyecto se centraba más en un diagnóstico correcto del sistema productivo que en una mejora del mismo a corto plazo.

La figura 75 muestra el grado de ejecución de cada acción de mejora. Las tareas finalizadas corresponden al afianzamiento de la teoría desarrollada con un tratamiento de datos más exhaustivo y detallado. No se ha llevado a cabo ninguna implantación a nivel físico real.

Fecha:		Enero 2005		REVISIÓN DEL FLUJO DE VALOR.					Firmas.		
Director:		L. M.A		Objetivo cuantificable	Condiciones de progreso	Evaluación	Problemas restantes	Ideas para objetivos del año próximo			
Val. Stream Mgr:		Loop		Identificar referencias A, B y C.		100%					
				Cálculo de líneas FIFO.		100%					
				Cálculo de lotes en montaje, lapreado y mecanizado.		50%					
				Revisión de sistema de aprovisionamiento de la Imacén de producto terminado.		0%					
				Implantación líneas FIFO.		0%					
				Implantación DBR		0%					
				Seguimiento y control.		0%					
				Mejora de eficiencia en cuello de botella		0%					
				O: Éxito A: limitado X: Fracaso			Familia de productos: Bloques de distribución				

Fig. 75. Revisión del flujo de valor XYZ.

C5.4 ASPECTOS A RESEÑAR DEL CASO XYZ

Como conclusión al caso XYZ, se puede resaltar la complejidad del caso a la hora de diseñar el escenario futuro. Las restricciones de partida suponían condicionantes importantes, el no poder modificar la distribución en planta ni la configuración de los turnos de trabajo ha hecho que el estudio haya pivotado sobre todo en el Sistema de Información, se han tenido que barajar diferentes opciones y realizar numerosos cálculos para validar las decisiones.

Por otro lado, es importante reseñar el objetivo de XYZ de buscar soluciones sencillas y abordables en un periodo corto de tiempo, lo que ha supuesto que la TOC haya adquirido una importancia considerable. Por último, la asignación de capacidad de centros de trabajo a referencias concretas también ha sido una herramienta importante en el diseño de la situación futura.

En todo caso, ambos nuevos diseños aportan dos innovaciones sobre el sistema inicial: la simplificación de la gestión de la producción y la fijación de unos *buffers* máximos que posibilitarán la fijación del periodo de maduración y del tiempo de respuesta del sistema.

