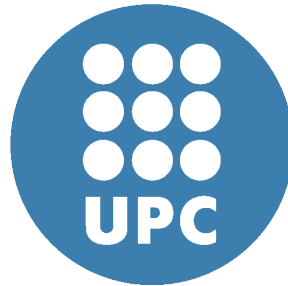


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA**  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
INGENIERIA DE PROYECTOS Y SISTEMAS**

**TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE:**

**DOCTOR**

**TÍTULO: SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA USANDO INDICADORES  
CLAVE**

**POR:  
ALBERTO ADAN CABALLERO GOMEZ**

**ASESORES:  
DR. SALVADOR GARCÍA RODRÍGUEZ  
DR. LAZARO V. CREMADES OLIVER**

**BARCELONA, ESPAÑA, MAYO DE 2016**

## **DEDICATORIA**

A mi madre **Laura**, por todas sus enseñanzas.

A mi esposa **Maru**, por su amor, compañía y paciencia en esta vida que disfrutamos juntos.

A mis hijos **Alberto Abraham, Adán José y Laura Elena**, por aceptarme en esta difícil tarea de ser padre.

A mi padre **Abelardo**, mis hermanos **Laura, Abelardo y Luis Manuel**, por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al **Tecnológico de Monterrey**, por brindarme el apoyo y la oportunidad de realizar estos estudios.

A mis directores de tesis, **Dr. Salvador García** y **Dr. Lázaro Cremades**, por su guía, apoyo y confianza en el desarrollo de esta tesis. **Salvador**, muchas gracias por tu amistad.

A mis **compañeros profesores** de los departamentos de **IIS** y **Civil**, con quienes compartí experiencias e ideas y con sus comentarios enriquecieron este trabajo.

A mis **familiares y amigos** quienes siempre tuvieron una palabra de aliento para seguir adelante.

## **RESUMEN**

El proceso de control de un proyecto de construcción que involucre el ciclo de vida integralmente es una tarea compleja. La versión de control de un proyecto en función solamente de la ejecución de la obra es una versión limitada, ya que, el éxito de un proyecto depende de que todas las etapas de su ciclo de vida sean realizadas correctamente. Integrar en un sistema de control de un proyecto para todo su ciclo de vida no es una tarea fácil, ya que tiene una perspectiva multidimensional al considerar las etapas de diseño, construcción, ventas y satisfacción del cliente. Esta investigación describe un modelo de control del ciclo de vida de proyecto identificando los indicadores de desempeño en cada etapa y usa un modelo aditivo de pesos ponderados para integrar el modelo matemático de su ciclo de vida, que permite controlar su avance y para conocer con precisión el estado en el que se encuentra, colaborando en la toma de decisiones de forma rápida para asegurar el éxito del proyecto. Se utilizó el método Delphi para conocer los indicadores de desempeño que deben integrar el modelo, así como para obtener el peso que deberá tener cada indicador en el avance del proyecto aplicado en la construcción de vivienda. Para incrementar la validez de los resultados externos de la tesis se verificó con proyectos terminados de empresas muy diferentes entre sí. El sistema muestra que el control integral de proyectos puede ayudar a las empresas constructoras a lograr los objetivos que se establecen en su definición.

**Palabras clave:** Control, Indicador de desempeño, Delphi, Modelo matemático

## ABSTRACT

*The process of control of a construction project involving the whole life cycle is a complex task. The version of control of a project on the basis only of the execution of the work is a limited version, because the success of a project depends on which stages of its life cycle are carried out correctly. Integrate into a system of control of a project for its entire life cycle is not an easy task because it has a multidimensional perspective when considering the stages of design, construction, sales and customer satisfaction. This research describes a model of control of the project life cycle by identifying performance indicators in each stage and uses an additive model of weighted weights to integrate the mathematical model of its life cycle, allowing you to monitor your progress and to know with accuracy the state in which they are located, collaborating in the taking of decisions quickly to ensure the success of the Project. The Delphi method was used to know the performance indicators which should integrate the model, as well as for the weight that must have each indicator in the progress of the project implemented in the construction of housing. To increase the external validity of the research, the results were contrasted with completed projects of different companies among themselves. The system shows that the integral control of project can help to the construction companies to achieve the objectives that are set out in its definition.*

**Keywords:** *Control, Performance indicator, Delphi, mathematical model*

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.2 OBJETIVO e HIPÓTESIS</b> .....	6
1.2.1 Objetivo.....	6
1.2.2 Hipótesis. ....	7
<b>1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....	8
<b>1.4 ORIGINALIDAD DE LA TESIS</b> .....	8
<b>1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN TEÓRICA EN EL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	10
<b>2.1 EL PROYECTO COMO UN SISTEMA</b> .....	10
<b>2.2 EL SISTEMA DE CONTROL</b> .....	11
<b>2.3 EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO</b> .....	13
<b>2.4 EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	14
<b>2.5 INDICADORES PARA EL CONTROL DE PROYECTOS</b> .....	17
<b>2.6 CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO EXITOSO</b> .....	19
<b>2.7 CONTROL DE PROYECTOS</b> .....	21
<b>2.8 TRAZABILIDAD</b> .....	23
<b>2.9 PORTABILIDAD</b> .....	25
<b>2.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO</b> .....	26
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MODELO DE CONTROL PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	27
<b>3.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	27
<b>3.2 PREMISAS</b> .....	28
<b>3.3 OBJETIVO DEL MODELO</b> .....	28
<b>3.4 ALCANCE</b> .....	28
<b>3.5 MODELO DE CONTROL DE PROYECTOS</b> .....	29
3.5.1 Indicadores de desempeño.....	29
3.5.2 Modelo de control.....	29
3.5.3 Modelo matemático.....	31
<b>3.6 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	32
<b>3.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	39

3.7.1 Integración del índice de avance del proyecto (IAP). .....	39
3.7.2 Índices por cada etapa del proyecto. ....	40
3. 8 PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN .....	44
3.8.1 Proceso de implantación. ....	44
3.8.2. Indicadores clave para el control del proyecto .....	45
3.9 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	56
CAPITULO 4. CASOS PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO.....	58
4.1 INTRODUCCIÓN.....	58
4.2 APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO.....	60
4.2.1 La lista de los proyectos seleccionados para la validación. ....	61
4.2.2 Cuestionario realizado en cada proyecto.....	64
4.2.3 Resultados por empresa.....	66
4.2.4 Resumen de las entrevistas realiza.....	75
4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	77
4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	78
CAPITULO 5. CONCLUSIONES DE LA TESIS. ....	79
5.1 RECOMENDACIONES .....	80
5.2 PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXO 1. ENCUESTAS PARA DESARROLLAR EL MODELO DE CONTROL. ....	83
ANEXO 2. ENCUESTAS PARA VALIDAR EL MODELO.....	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la tesis.....	9
Figura 2. Metodología básica de proyectos de construcción. (Gomez-Senent, 1999) .....	15
Figura 3. Ciclo de vida de una Instalación (Tompkins, 2012).....	16
Figura 4. El Triángulo de Acero.....	19
Figura 5. El Camino Cuadrado.....	20
Figura 6. Tipos de trazabilidad .....	23
Figura 7. Trazabilidad interna y externa en la cadena de suministro. ....	24
Figura 8. Marco de referencia para el uso de computación móvil en los sitios de construcción .....	25
Figura 9. Etapas del modelo de control de proyectos. ....	29
Figura 10. Estructura de actividades del proyecto .....	30
Figura 11. Procedimiento simplificado del Método Delphi.....	32
Figura 12. Integración de los Índices de avance parcial por cada etapa del proyecto. ....	37
Figura 13. Porcentaje de Contribución por Etapa del Proyecto.....	39
Figura 14. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{1,i}$ ) para la Etapa I del proyecto.....	41
Figura 15. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{2,i}$ ) para la Etapa II del proyecto.....	41
Figura 16. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{3,i}$ ) para la Etapa II del proyecto.....	42
Figura 17. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{4,i}$ ) para la Etapa IV del proyecto. ...	42
Figura 18. Metodología de implantación para Sistema de Control de proyectos. ....	44



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las fases de un proyecto. (Gomez-Senent, 1999).....	13
Tabla 2. Aspectos que comprenden los criterios del El Camino Cuadrado. (Atkinson, 1999).....	20
Tabla 3. Lista inicial de indicadores de control presentadas al panel de expertos. ....	33
Tabla 4. Resultado de los Indicadores de Control con el método Delphi. ....	35
Tabla 5. Resultado de los ( $FC_i$ ) por etapa del proyecto. Método Delphi. ....	38
Tabla 6. Contribución parcial de cada Indicado Clave ( $IC_{i,j}$ ) al proyecto (IAP). ....	43
Tabla 7. Tablero Maestro de Control de Proyectos.....	55
Tabla 8. Proyectos seleccionados para la validación.....	61
Tabla 9. Tablero maestro de indicadores de avance de proyectos analizados (IAP).....	76
Tabla 10. Resumen de las actividades de control realizadas por proyecto.....	77

# **CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, con el avance tecnológico y la personalización que desean los clientes de los productos que usan, la búsqueda de nuevos límites en cuanto a lo posible, hace que los productos que se fabriquen sean únicos y solo una vez fabricados, el sistema productivo que se seleccione para realizarlo deberá de cumplir con características muy especiales de adaptabilidad ante la incertidumbre que se pueda presentar y la administración de proyectos ha sido usada para asegurar la generación de valor de estos sistemas productivos.

La particularidad de los proyectos como sistemas de fabricación hace que su gestión sea de una manera muy especial, el sistema de gestión dependerá del tipo de producto. Serer le llama al producto unidad de actuación (UA) y establece dos tipos: un producto único (PU) y productos continuos (PC) (Serer, 2001); el PU es fabricado una sola vez y su gestión deberá adaptarse a sus características individuales, entre ellos están: un museo, un transbordador espacial o el modelo inicial de un automóvil; en contraste, fabricar muchos productos de características similares, los llamados productos continuos (PC), cuyas características pueden ser mucho volumen de producción y poca variedad o mucha variedad con poco volumen de producción, tales como televisores, automóviles o libros.

El objetivo como producto de un proyecto al que nos vamos a referir en este trabajo es al producto único (PU), especialmente a los proyectos de construcción, por lo tanto, es particularmente importante tener completamente definido el producto y sus características, ya que de ello dependen las actividades a realizar durante su ejecución. El control de la ejecución nos brindará la seguridad de que seguimos en el camino de terminar un proyecto exitoso, esto significa que siempre debemos saber lo que se está fabricando, como se está fabricando y el avance de lo que hemos realizado con respecto a lo establecido en el programa.

Durante el ciclo de vida del proyecto se realizan actividades únicas y específicas a cada proyecto. Éstas deben estar eslabonadas, integradas y orientadas a lograr los objetivos del proyecto, de tal manera que, desde la planeación, donde se establecen éstas actividades, hasta el servicio posterior a la entrega, donde se cierra el proyecto, las actividades deben estar integradas como un sistema.

Todos los proyectos únicos, incluyendo los de construcción, poseen características que condicionan su gestión y no considerarlas puede incrementar la posibilidad de fracaso para el logro del objetivo. Algunas de estas características son:

- Las actividades a realizar son diferentes en proyectos similares.
- Se establece un plan de ejecución único en tiempo y costo para cada proyecto.
- Hay dificultad para conocer el avance en tiempo real del proyecto.
- Poca certidumbre respecto del avance del proyecto acorde a lo planeado.
- Falta de seguridad en el control de la calidad.
- Incertidumbre en entregar lo prometido y por lo tanto en otorgamiento de garantías.
- Complejidad en el manejo de múltiples proyectos.
- Aparición de actividades no contempladas en la planeación original.
- La entrega del producto requiere un protocolo largo y complejo.
- Otorgamiento de garantías sujeto a largos periodos.

Los proyectos de construcción poseen características muy especiales que debemos considerar, ya que representan problemáticas que debemos investigar para proponer soluciones. A partir de esta línea, cada vez que nos escribamos de un proyecto, estaremos refiriéndonos a proyectos de construcción.

Gomez-Senent (1999) establece tres factores fundamentales de los proyectos de construcción:

- **Factor tecnológico.** Se refiere a los aspectos técnicos incluidos en todo proyecto. Cabe hacer mención, que la construcción es muy tradicionalista y la

incorporación de aspectos técnicos de vanguardia durante la fabricación no es lo más común.

- **Factor económico.** Incluye aspectos de inversión y de beneficio para los inversionistas. Estos proyectos necesitan una alta inversión, con un mercado incierto que no garantiza el beneficio y donde la venta está sujeta a factores económicos de un país, especialmente proyectos de vivienda.
- **Factor humano.** Tanto en la mano de obra de la construcción, como en los usuarios de los productos, debemos tomar en cuenta a las personas como un factor condicionante para el resultado de un proyecto.

Existen otros factores procedentes de los tres factores anteriores:

*La relación laboral.* La industria de la construcción esta propensa al desempeño de los trabajadores, una práctica común es la subcontratación de la mano de obra durante la ejecución del proyecto.

*El marco normativo.* En la etapa de diseño es fundamental, sin embargo, existen otros aspectos importantes, como los permisos para realizar una construcción y el impacto ambiental que debemos considerar.

*El impacto al ambiente.* Es un factor de relevancia para los proyectos evaluar el deterioro del ambiente, ya que estás agregando un elemento que no se encuentra en ese lugar en forma natural. El sector de construcción evalúa poco este impacto durante la construcción. La explotación de bancos de materiales, la emisión de polvos, la cantidad de desechos sólidos, son algunos de los impactos negativos más relevantes de la construcción al medio ambiente (Chan 2004).

*Calidad.* La aplicación de técnicas para elevar la calidad y de satisfacción del cliente. Los aspectos de garantías son elementos de satisfacción del cliente.

*Seguridad.* Es un factor muy sensible para la sociedad. El uso de equipos y procedimientos de seguridad es imperativo y poco utilizado en el sector.

*Dimensionamiento.* El tamaño del proyecto dimensiona la inversión y todas las características de una obra.

*Tiempo y costo.* Tradicionalmente los dos elementos más usados para medir y controlar un proyecto de construcción son la duración y el costo, los cuales se deben mantener fijos durante una obra; sin embargo, existen otro tipo de factores que afectan su resultado y que se deben incluir como elemento a medir y controlar durante la realización del proyecto, tales como el diseño, la realización de los permisos, las ventas, etc.

*Seguimiento y control.* Se faculta una entidad representante del dueño del proyecto a supervisarla y su función es la vigilancia exhaustiva del cumplimiento de los elementos del diseño, la calidad de los materiales y el cumplimiento de los plazos establecidos. El uso de bitácoras de obra como memoria de las incidencias del proyecto.

*Estimaciones.* Es de usos común el pago de trabajos parciales realizados, para ello se realizan estimaciones del avance parcial y disminuir los costos financieros del proyecto.

*Los aspectos legales.* Debe establecerse un contrato-permiso que faculta al contratista para ejercer los trabajos del proyecto, siendo la única entidad responsable de los trabajos

Todos los elementos anteriores influyen en la realización de un proyecto, esto nos indica que su realización es una tarea compleja, por lo que la forma de cómo se estructure el proyecto es determinante para el éxito del mismo. La estructura condicionará el desempeño durante la ejecución, donde cada etapa debe estar debidamente integrada con las demás y con el proyecto global. Debido a que en cualquier momento del ciclo de vida pueden surgir desviaciones respecto a lo planeado y si cada etapa está organizada individualmente para lograr su objetivo, se pierde el enlace con el proyecto global, corriéndose el riesgo de no lograr el objetivo principal del proyecto.

El proyecto como un sistema debe ser adaptable a las circunstancias o desviaciones que se presenten durante su ciclo de vida, de tal manera que la forma de la como esté estructurado determinará su adaptabilidad en las diferentes situaciones que aparezcan y poder continuar en el logro de su objetivo. De la misma manera que la estructura del proyecto es importante, es igualmente relevante el sistema del control. Deberá generarse un sistema integrado que permita la correcta ejecución y sea efectivo para el control. El sistema de control debe colaborar para que la gestión del proyecto se realice de una manera eficiente y efectiva.

Un proyecto deberá ser considerado como una sola entidad, desde la etapa de diseño, hasta el cierre y el sistema de control deberá estar integrado al mismo, abarcando todo su ciclo de vida. El sistema de control deberá identificar cualquier desviación a lo planeado, permitiendo la interacción entre las diferentes etapas y asegurando el logro de los objetivos del proyecto.

El propósito de esta tesis consiste desarrollar un sistema de control para proyectos de construcción que considere el ciclo de vida del proyecto, desde su concepción hasta la entrega final. El sistema será una entidad e integrará todas las actividades en un modelo para facilitar su gestión, utilizando para ello indicadores en cada una de las etapas y con elementos de control que permitan asegurar su finalización de acuerdo a sus objetivos.

## **1.2 OBJETIVO e HIPÓTESIS**

### **1.2.1 Objetivo**

La presente investigación tiene como objetivo fundamental proveer un modelo integral para controlar la ejecución de un proyecto de construcción, mediante la participación de todos los involucrados, desarrollando un sistema de indicadores que permitan conocer de una manera rápida, sencilla y confiable su estado, así como, el avance durante su ciclo de vida, desde la etapa de diseño, siguiendo por la operación, entrega, garantía y terminando con el cierre o satisfacción del cliente.

Este modelo contempla el proyecto como una entidad integral, donde todas sus partes contribuyen en un mismo objetivo. En cada una de las etapas se deberán establecer sus objetivos y resultados esperados de una manera clara y cuantificable, que permitan identificar su estado, conocer su avance respecto a lo planeado y ayuden a tomar las decisiones para lograr el objetivo del proyecto.

Al ser un modelo integral, abarcando todas las etapas de su ciclo de vida, deberá también, establecer un marco de referencia de lo que se desea que un proyecto realice. Por lo tanto, permitirá hacer un comparativo para la mejora continua.

El modelo considera el concepto de trabajo de cada etapa de su ciclo de vida para desarrollar el sistema de indicadores de desempeño en términos de eficiencia y eficacia. Esto permitirá conocer en tiempo real el estado o avance del proyecto y al final se evaluará que tan efectivo fue para ayudar al proyecto en el logro de los objetivos. Para lograr lo anterior se deberá desarrollar un indicador del avance en cada etapa y a su vez integrar estos indicadores en un indicador global del estado del proyecto.

El indicador global contemplará todas las etapas y permitirá conocer el avance del proyecto a tiempo real. Para construir este indicador global, se deberá asignar un factor de contribución parcial de cada indicador por etapa.

**1.2.2 Hipótesis.**

**Un sistema de control integrado basado en indicadores clave contribuye de forma significativa en la obtención de los objetivos de un proyecto de construcción.**



### **1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.**

Se considera dentro del modelo los aspectos que le dan sustento a la operación, tales como, la satisfacción del cliente interno, contribución a la sociedad y medioambiente, entre otros. Están incluidos dentro de los indicadores clave.

El modelo desarrollado considera que durante su aplicación existen aspectos que condicionan el resultado:

1. Involucrar a todas las personas relacionadas con el proyecto en la definición de objetivos, indicadores de desempeño y sus factores de contribución, usando metodologías de trabajo participativo.
2. La integración del modelo contempla una estructura del proyecto que permita la trazabilidad de los materiales y brinda la seguridad de conocer como se ha ejecutado el proyecto
3. Un sistema de captura de datos rápido, sencillo y confiable.
4. La información debe transmitirse de una manera eficiente y a tiempo real para mantener bajo control el proyecto y tomar las decisiones de mejora en forma rápida y expedita.
5. Integración el sistema de indicadores de una manera robusta, de tal manera que puedan compararse diferentes proyectos y se facilite la administración de múltiples proyectos.

### **1.4 ORIGINALIDAD DE LA TESIS.**

La aportación relevante de la presente investigación consiste en integrar un proyecto en un sistema representado por una ecuación que indica la cantidad de trabajo realizado comparado con el planeado.

El modelo que es representado por la ecuación anterior, se construye a partir del ciclo de vida de una instalación de Tompkins (2010), con las fases del ciclo de vida de un proyecto de Gómez-Senent (1999), agregando una cuarta etapa o fase que lo une con proyectos subsecuentes y que le representaría el aprendizaje en una empresa.

## 1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS.

Con la finalidad de demostrar la hipótesis presentada, este reporte se encuentra organizado de la siguiente forma:

1. En los capítulos 1 y 2 se presenta el marco teórico. En el capítulo 1, se encuentra la definición y el propósito de la tesis. En el capítulo 2, se presentan los estudios realizados y que se consideraron para integrar el modelo propuesto.
2. En el capítulo 3 se encuentra la propuesta de modelo de control de proyectos de construcción, así como la forma de cómo se realizó.
3. En el capítulo 4 se muestra la validación del modelo propuesto.

Finalmente, en el capítulo 5 se incluyen las conclusiones derivadas de la investigación.

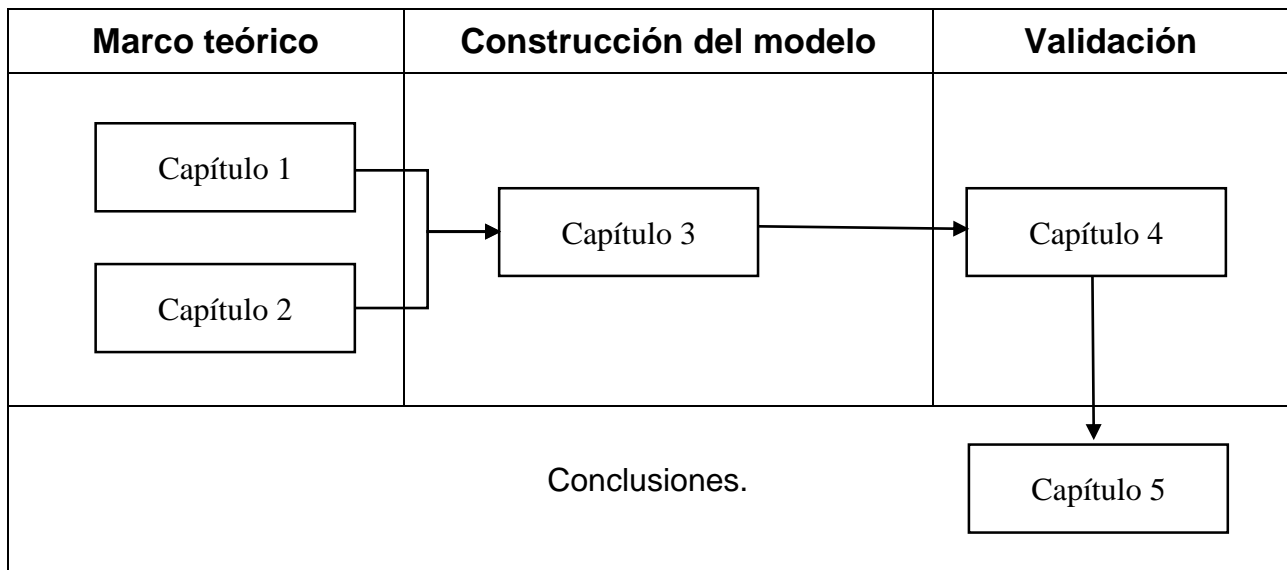


Figura 1. Estructura de la tesis.

## **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN TEÓRICA EN EL ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **2.1 EL PROYECTO COMO UN SISTEMA**

Un sistema es definido como “un conjunto de partes que interactúan entre sí como un todo” y la administración de un proyecto podría verse como un sistema (Lewis 2008), también el objeto-producto de proyecto puede tratarse como un sistema (Gómez-Senent, 1999), en ambos casos, es importante resaltar el enfoque de sistemas como una visión alternativa, pero imprescindible para el correcto tratamiento de la gestión de los proyectos. Debido a esto, es necesario que un proyecto se conciba más allá de solamente un conjunto de actividades unidas para lograr un objetivo, sino que sea percibido como una actividad donde todas las partes que intervienen, (personas, equipos, materiales, procedimientos, etc.) interactúan y pueden trabajar como un conjunto para lograr un objetivo.

La clave para entender el pensamiento de sistemas y aplicarlo en los proyectos se encuentra en la interacción (Lewis 2008). Lograr que las partes se integren y colaboren de una manera enriquecedora pasará por un proceso de retroalimentación que afectará el desempeño del sistema y modificará los resultados en el largo plazo. Estos ciclos de retroalimentación dan la cualidad de adaptabilidad del proyecto, ante la cantidad de variaciones que le afectan durante su desarrollo.

Peter Checkland señaló cuatro conceptos clave para la adaptabilidad de un sistema (Checkland 2012):

1. Estar contenido dentro de una **jerarquía de sistemas**, esto es, ser parte de una estructura funcional jerárquica, donde pueda establecerse cuál es el nivel del sistema, cuáles son los subsistemas y los supra-sistemas.

2. Que exista un **proceso de comunicación**, ubicar al sistema dentro de su entorno y conocer cuáles son los elementos de información a controlar que permiten la adaptación a los estímulos del ambiente.
3. Tener un número posible de **procesos de control**, esto se refiere a las respuestas que da el sistema a las perturbaciones del entorno o fallos internos, que le permitirán lograr el cambio.
4. Deberán de tenerse “**propiedades emergentes**” que se busca definan el estado deseado.

Estos cuatro conceptos ayudan a definir la adaptabilidad del sistema para aplicarlo a un proyecto, sin quedar solo en la palabra “sistema”; estos conceptos no son únicos, pero sí suficientes para poder llamar a un proyecto un sistema, ya que con su ausencia se podría cuestionar su estado como sistema.

## **2.2 EL SISTEMA DE CONTROL**

Walter Shewart (1931) definió el término de control de un proceso como “la capacidad de predecir el comportamiento futuro de un proceso dentro de ciertos límites”. Para definir estos límites, Shewart propuso que se calcularán en términos estadísticos, agregando que para establecer el estado de control de un proceso se deben aceptar dos condiciones de operación:

- Cuando el proceso actúa dentro de esos límites, puede tener un comportamiento variable pero predecible, a esta condición le llamó, **estado de control del proceso**. Esto significa, que se debe aceptar la existencia de aleatoriedad en el comportamiento de un proceso.
- Cuando el proceso sale de estos límites, es una condición indeseable y por lo tanto se debe actuar inmediatamente para regresar el proceso a un estado de control; a esta condición le llamó, un **estado fuera de control de proceso**. La aparición de una condición no deseable no es aleatoria, es causada por condiciones externas que deben ser corregidas y la rapidez de actuación es importante.

Para que la decisión de actuación sea lo más inmediata posible, propuso el uso de gráficos del comportamiento del proceso que se lleven en el piso de producción y pueda identificarse un estado no deseable y posteriormente realizar las acciones correctivas; esta técnica le llamó **gráfico de control**.

Muchas otras técnicas ya utilizadas como herramientas de control han mostrado su eficacia en procesos productivos, pero están basadas en lo escrito por Shewart. Es decir, consisten en identificar situaciones no deseables en el comportamiento de un proceso y dar una señal para la actuación, para posteriormente identificar y corregir los fallos. Aunque algunas técnicas dependen de la ocurrencia del fallo, se pueden diseñar para anticiparse a la ocurrencia de sus causas. Algunas de estas técnicas para el control son: Precontrol, Muestreo, elementos “a prueba de fallos”, procedimientos estándar de operación, entre otras.

Montgomery (2012) propone usar planes de contingencia cuando hay indicios de que el proceso está fuera de control. Propuso diseñar un procedimiento establecido para la actuación, el cual llamó Plan de Acción para un Proceso Fuera de Control (OCAP, Out of Control Action Plan).

De acuerdo a lo señalado anteriormente por Checkland, Shewart y Montgomery, podemos concluir que un sistema de control para proyectos deberá contener al menos cuatro elementos para ser considerado como tal:

1. Estar integrado dentro de la estructura funcional del proyecto.
2. Definir claramente los responsables y las interacciones que se deben dar entre todos los demás elementos del proyecto.
3. Identificar los elementos de control y su forma de actuar en caso de perturbaciones
4. El estado deseable o condiciones que se lograrán en el proyecto.

## 2.3 EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.

El ciclo de vida de un proyecto de consta de tres etapas o fases (Gomez-Senent, 1999) *Tabla 1*

**Fase I. Creativa:** En la primera fase se concibe la idea del proyecto, se investiga la forma como será el objeto-producto del proyecto, hasta plasmar este producto en planos.

**Fase II. De Construcción:** Posteriormente, es la etapa en la que el proyecto se lleva a cabo, se obtiene el producto ya elaborado físicamente y listo para operar.

**Fase III. De explotación:** Esta fase comprende desde la puesta en marcha o pruebas iniciales, entrega al cliente, la operación, servicio posterior a la entrega y la evaluación final o cierre del proyecto.

**Tabla 1. Clasificación de las fases de un proyecto. (Gomez-Senent, 1999)**

Tipos de Fases	Características	Denominación	Dependencia Básica
Creativas	Transformación de la idea en un proyecto	Orden de Magnitud Estudio preliminar Anteproyecto Proyecto	Del proyectista
De Construcción	Transformación del proyecto en realidad física	Realización	Del proyectista, los suministros y la empresa
De Explotación	Vida del proyecto	Producción Distribución Consumo Retiro del proyecto	De la empresa

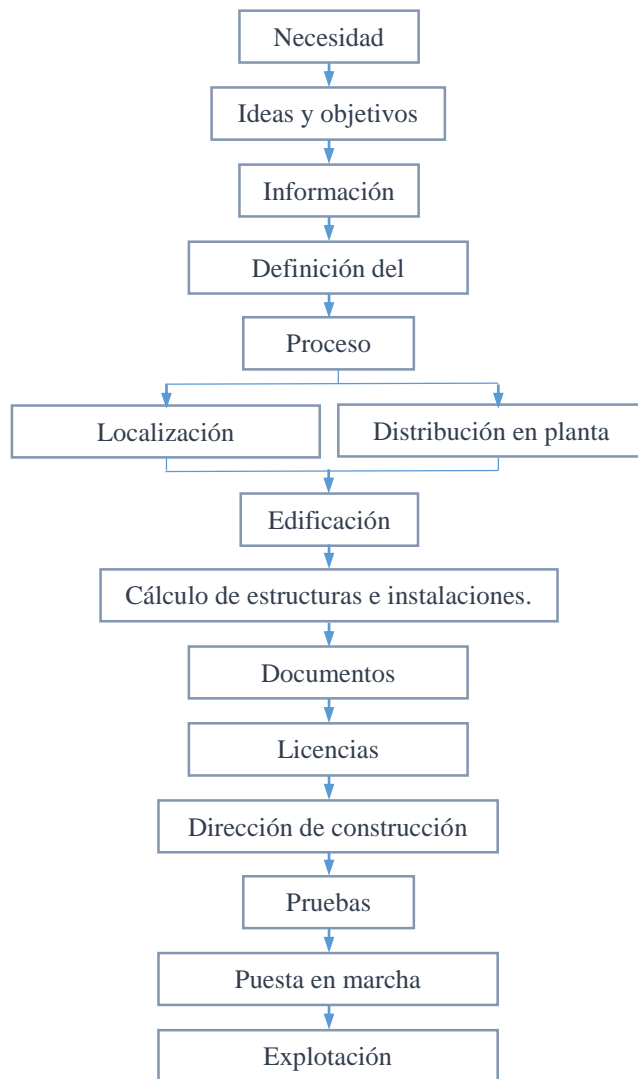
## **2.4 EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**

Los proyectos de construcción representan a los típicos proyectos de cuyos objetos materiales se fabrica una sola reproducción. Este tipo de proyecto contempla ramas diferentes de la ingeniería, tales como agronómica, civil o industrial y se refiere a proyectos de fábricas, viviendas o de carreteras y puentes.

Los factores fundamentales que tienen influencia en los proyectos de construcción es muy amplio, lo cual los hace muy complejos, Gomez-Senent (1999) señala tres factores principales a considerar: tecnológico, económico y humano. El factor tecnológico se refiere a que el objeto de construcción es un sistema técnico (edificio, fábrica o carretera) que incorpora a otros sistemas técnicos (instalaciones, equipos, servicios). El factor económico es relevante, ya que la inversión es alta y la recuperación es incierta. El factor humano es primordial ya que resalta el usuario del objeto del proyecto, ya que condicionan su éxito o fracaso. Conforme a los factores anteriores, se pueden destacar los siguientes: El medio ambiente donde se ubicará y su impacto en el mismo, la obsolescencia o vida útil, la flexibilidad para adaptarse a cambios durante su uso, la estética del inmueble, la normatividad existente y la seguridad durante la construcción y uso.

En esta misma referencia Gomez-Senent (1999) establece una Metodología Básica de proyectos de construcción (Figura 2), en la cual podemos identificar 14 etapas, que cubre el ciclo de vida de un proyecto.

Podemos observar que estas 14 etapas terminan en la explotación, sin embargo, los objetos de un proyecto tienen una vida útil que se debe considerar al final de la explotación cual será el destino que se le dé a la parte física y la parte intangible de aprendizaje que se ha obtenido durante su ciclo de vida.

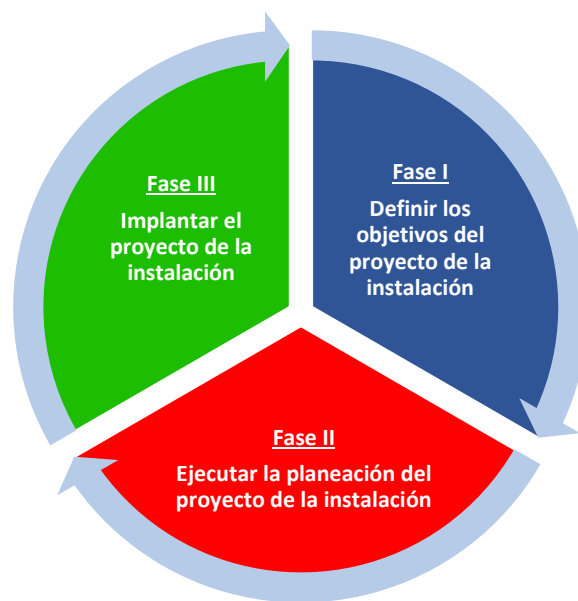


**Figura 2. Metodología básica de proyectos de construcción. (Gomez-Senent, 1999)**



Tompkins establece un ciclo de vida para las instalaciones, en la que indica que las edificaciones tienen ciclos de vida con tres fases (Tompkins, 2012), similares a las establecidas en el ciclo de vida de un proyecto (Figura 3).

Agrega que al terminar su vida útil en el ciclo actual se inicia un nuevo ciclo al redefinir los objetivos de la instalación. Siendo la misma entidad física, se puede continuar con el ciclo, las mismas etapas y en tiempo diferente, pero aplicando el conocimiento que se ha generado debido a proyectos anteriores. Esto sería aplicable al término de mejora continua, señalado por Edward Deming (Deming, 1980) en el ciclo de mejora y señalado primeramente por Walter Shewart (Shewart, 1931).



**Figura 3. Ciclo de vida de una Instalación (Tompkins, 2012)**

## 2.5 INDICADORES PARA EL CONTROL DE PROYECTOS

Una parte fundamental de un sistema de control es la definición de lo que vamos a medir, para ello, debemos definir el término medición y posteriormente su propósito. La definición de medición es *“la acción y efecto de medir”* y por medir entendemos *“comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera”*. Podemos entender la medición como **la acción de asignar un valor numérico a una entidad estudiada**. La medición involucra el tipo de dato que se van a recolectar, estos datos pueden ser cuantitativos y cualitativos. Para la medición del avance de un proyecto, se esperaría que los datos sean comparaciones con respecto a un valor programado, por lo tanto, los indicadores de avances serán en su mayoría de tipo cualitativos, es decir, de tipo atributo. La forma de asignarle un valor numérico a un atributo es mediante conteos o proporciones. Para este caso se usan los indicadores clave para describir el desempeño en cada una de las etapas que consta un proyecto.

Un indicador es definido como una medida utilizada para cuantificar la eficiencia y/o eficacia de una actividad o proceso (Heredia, 2001), parte importante de la definición, es establecer claramente el propósito de la medición, es decir, cómo este indicador afectará el comportamiento de la empresa.

La selección de los indicadores no es una tarea sencilla, Heredia señala que un indicador debe considerar los siguientes atributos: propósito, valor objetivo, forma de cálculo, frecuencia en la medición, quién lo calcula, quién actúa y cómo actúa (Heredia, 2001).

Mauboussin propone 4 puntos para establecimiento de indicadores: establecer objetivos, usar una teoría de causa-efecto para encontrar indicadores, identificar las actividades específicas que los empleados debe realizar para lograr objetivos, y evaluar los estadísticos y verificar que todavía cumplen con los objetivos de la empresa, (Mauboussin, 2012).

Heredia señala también una cualidad importante de un indicador, que sea fácil de entender (Heredia, 2007). Se deben cuidar los siguientes aspectos críticos al diseñar un indicador:

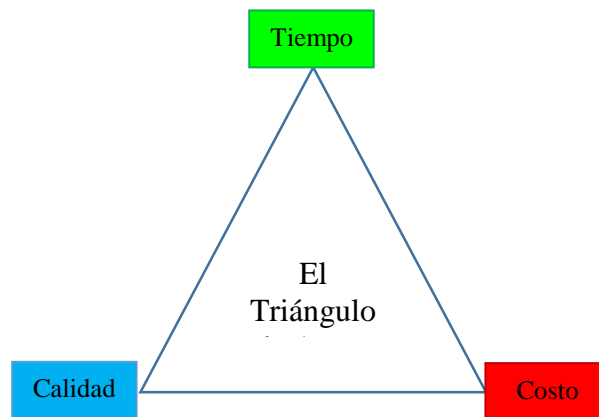
1. Emplear nomenclatura familiar a los usuarios.
2. Cada persona debe tener acceso a la información relevante para su trabajo.
3. El sistema debe facilitar el acceso a la información que se busca.
4. El sistema debe facilitar la interpretación de los datos.

En este último punto, respecto a la interpretación de los datos, podemos agregar que dentro del propósito de esta investigación es brindar la información en forma inmediata a los tomadores de decisiones, por lo que su interpretación deberá incluir factores que influyan en rapidez de la toma de la medición, del procesamiento de los datos y de la comunicación con las demás entidades de la planta.

Chen investigó el uso de la informática móvil en las obras de construcción y encontró que mediante el uso de computadores portátiles o tabletas, usando redes disponibles, todos los miembros del equipo de proyectos pueden tener disponible a tiempo real la información del proyecto. La gestión de la información automatizada con su correcto procesamiento puede ayudar a tomar las decisiones de control (Chen, 2012).

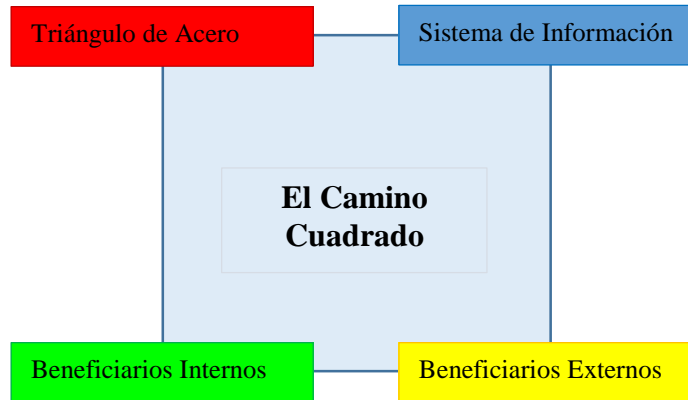
## 2.6 CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO EXITOSO

El éxito o fracaso de un proyecto lo determina el grado de cumplimiento de sus objetivos (De Witt, 1988), tradicionalmente, el objetivo de un proyecto se asocia al grado de cumplimiento de las especificaciones técnicas con las que ha sido diseñado, sin embargo, el enfoque más conocido, aunque muy básico, habla del grado de cumplimiento entre tres factores: Tiempo, Costo y Calidad; el cuál es llamado el “Triángulo de acero” (ATKINSON 1999)



**Figura 4. El Triángulo de Acero**

Atkinson propone utilizar lo que él llama “El camino Cuadrado” (ATKINSON 1999), donde propone cuatro criterios para medir el éxito o fracaso de un proyecto: El triángulo de acero, un sistema de información (o memoria del proyecto), los beneficiarios internos (organización) y los beneficiarios externos (la comunidad). Este enfoque es más amplio y ha sido utilizado ampliamente en publicaciones posteriores. En esta investigación se dará este enfoque para diseñar los indicadores del sistema de control.



**Figura 5. El Camino Cuadrado**

**Tabla 2. Aspectos que comprenden los criterios del El Camino Cuadrado. (Atkinson, 1999)**

<b>Triángulo de Acero</b>	<b>Sistema de Información</b>	<b>Beneficiarios Internos</b>	<b>Beneficiarios Externos</b>
Proyecto	Organización	La organización	Comunidad involucrada
Costo	Mantenibilidad	Eficiencia y efectividad	Clientes satisfechos
Calidad	Confiabilidad	mejorada	Impacto social y ambiental
Tiempo	Validez	Incremento de ganancias	Desarrollo personal
	Calidad- Información	Metas estratégicas	Aprendizaje profesional
	Uso	Aprendizaje organizacional	Ganancia de contratistas
		Disminución del desperdicio	Impacto económico en la comunidad afectada.

## **2.7 CONTROL DE PROYECTOS.**

El control de un proyecto de construcción ha sido tratado muy ampliamente. Sin embargo, los estudios realizados son parciales y enfocados a etapas individuales del ciclo de vida del proyecto.

En la etapa creativa, Eldin propone realizar una estructura de trabajo, con resultados tangibles, tales como, planos, dibujos, descripción de materiales, especificaciones, etc., para dar un seguimiento al trabajo realizado en la fase de Diseño/Ingeniería de un proyecto de construcción (Eldin 1991); en otro trabajo publicado relativo a la misma fase, le da un porcentaje a cada actividad de tal manera que permite conocer en tiempo actual el avance de los trabajos realizados (Eldin, 1989).

En la etapa de ejecución es donde hay más desarrollo, es donde se mide la ejecución del proyecto principalmente en los tres elementos del Triángulo de Acero. Chan desarrolla un conjunto de Indicadores de desempeño clave (KPI) y los divide en variables cualitativas y cuantitativas para medir si los proyectos de construcción fueron exitosos (CHAN, 2004). Los elementos de medición que desarrolló son:

- **Medición cuantitativa:** Tiempo de construcción, Velocidad de construcción, Variación del tiempo, Costo, Costo unitario, Valor y utilidad (VPN), Salud y Seguridad, Desempeño ambiental.
- **Medición cualitativa:** Calidad, Funcionalidad, cumplimiento de las expectativas de los usuarios, Satisfacción de los participantes.

Los indicadores seleccionados son muy importantes, pero es igual de relevante el uso que se le da a estos indicadores, para este propósito Kim, propone hacer un análisis estadístico observando la variación de dos índices para el control de proyectos SPI

(Schedule Performance Index) y CPI (Cost Performance Index), señala que los valores óptimos de estos indicadores son limitados (valor ideal 1.0) y propone ir más allá de este valor único. Interpretar los indicadores para obtener mayor información del proyecto, observar su desempeño para tomar mejores decisiones (KIM, 2009).

Los indicadores que se controlan, también pueden ser usados para medir el trabajo realizado y, por lo tanto, establecer un método para medir el avance en tiempo real del proyecto. Este método de asignar factores de contribución a indicadores ha sido usado para evaluar el avance del trabajo (ELDIN, 1989), también para comparar grados de cumplimiento de objetivos (LIN, 2011).

## 2.8 TRAZABILIDAD

El concepto de Trazabilidad es ampliamente usado en muchos tipos de industria, cada una de ellas estable una definición en términos de su aplicabilidad en su campo, por ejemplo, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en la norma ISO-8042-1994 define Trazabilidad como la habilidad de trazar la historia, aplicación o asignación de una entidad por medio de información guardada; de acuerdo a la Sociedad Americana para el Control de la Producción y los Inventarios (APICS) la Trazabilidad se puede definir como la habilidad para identificar el número de lote de un producto en términos de cualquiera o todos los siguientes aspectos: su composición, partes compradas, fecha de fabricación o piezas enviadas.

De acuerdo al GS1 Global Traceability Standard, se entiende como trazabilidad a la capacidad de seguir el movimiento hacia adelante a través de las etapas especificadas en la cadena de suministro extendida y rastrear hacia atrás, la historia, aplicación y ubicación de aquello que está en consideración.



**Figura 6. Tipos de trazabilidad**

De acuerdo a como se está moviendo un producto a lo largo de la cadena de suministro, se establecen dos tipos de trazabilidad:

- **Trazabilidad interna.** Se refiere al seguimiento que se le da al producto desde que entra en una planta, su proceso y la salida hacia el siguiente



eslabón en la cadena de suministro. Debe comprender desde que se reciben los materiales, todo el proceso de fabricación y la entrega al cliente.

- **Trazabilidad externa.** Se refiere al seguimiento que se le da al producto cuando está en movimiento entre un eslabón y otro dentro de la cadena de suministro. Debe comprender aspectos relacionados de identificación de los lotes, el embalaje y condiciones durante el trayecto hasta la entrega.

El Gazhi, desarrolló un método para diseñar los requerimientos de trazabilidad adaptados a las necesidades de sus proyectos (EL GHAZI, 2008). García aplicó exitosamente los principios de trazabilidad en un modelo de calidad para asegurar los procesos internos de construcción, entrega interna, entrega al cliente, garantía y satisfacción del cliente, mostrando resultados satisfactorios en los indicadores de calidad en un proyecto de construcción de vivienda (García, 2013).



Figura 7. Trazabilidad interna y externa en la cadena de suministro.

## 2.9 PORTABILIDAD

La tecnología de la información ha sido ampliamente usada en diferentes niveles para administración de la información en la industria de la construcción, actualmente los dispositivos portátiles pueden ayudar a la captura, manipulación y transmisión de datos en los sitios de una obra de construcción, Chen aplicó el uso de dispositivos portátiles para la captura de datos y administración de la información en tiempo real en proyectos de construcción (Chen, 2011).

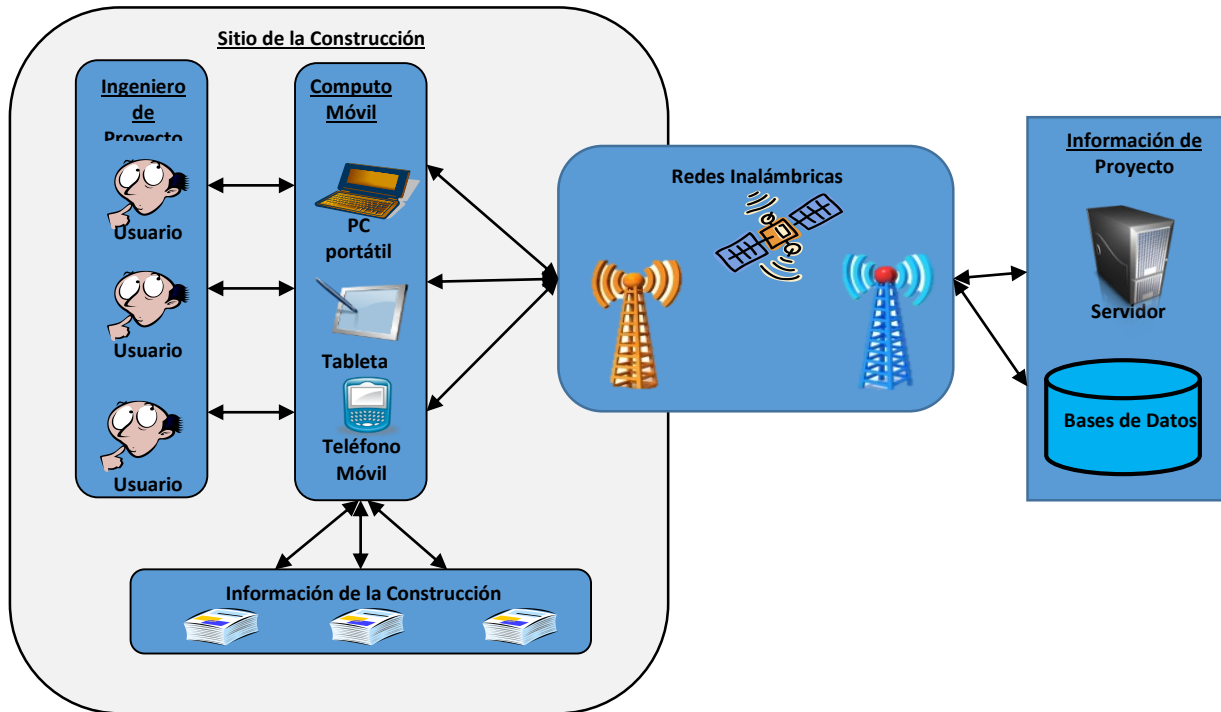


Figura 8. Marco de referencia para el uso de computación móvil en los sitios de construcción

## **2.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

En este capítulo se revisó el estado del arte en los diferentes temas que se abordarán en la tesis, de los cuales se identificó las partes relevantes que se consideraron para construir el modelo propuesto. Se resalta como parte relevante y que se tomará para la creación del modelo, el ciclo de vida de los proyectos de construcción propuesto por Gómez-Senent, la forma circular y continua que propone Tompkins para el ciclo de vida de una instalación, las características que debemos tener en cuenta para decir que una entidad es un sistema, el control para brindarnos la seguridad que nuestro trabajo es estandarizado y las características de un proyecto exitoso de Atkinson. En el capítulo siguiente se propone un Modelo Integral para el control de proyectos de construcción.

## **CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MODELO DE CONTROL PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

Los proyectos de construcción, en particular los de vivienda, muestran mucha variabilidad durante su construcción y también entre diferentes proyectos, las empresas se encuentran en la búsqueda permanente de estrategias que les permitan realizar proyectos que incremente la satisfacción del cliente externo e interno, que brinden mayores beneficios a los socios y que contribuyan de manera significativa en su entorno.

La medición del desempeño en el proyecto es un indicador importante para poder medir el grado de cumplimiento con todos los requisitos establecidos y sobre todo es un factor indispensable para la comparación de los diferentes proyectos de una empresa y entre empresas (Hwang, B. y Zhao, X., 2015).

En el modelo propuesto en la presente tesis se presenta un modelo matemático que integra las actividades de un proyecto desde su inicio hasta que se concluye y permite conocer el estado del proyecto durante su ejecución. Integra en una ecuación las cuatro etapas de su ciclo de vida como variables independientes, la cual puede manejar avances en trabajos que se realizan al mismo tiempo.

El modelo se alimenta de la información diaria obtenida con las actividades que se ejecutaron en campo mediante los reportes de supervisión y proporciona el estado actual de avance en cada una de las etapas, indicando el porcentaje de avance del proyecto. Cuando el proyecto se concluye, indica un valor numérico de ejecución, basado en el 100% de ejecución, por lo que cualquier variación respecto a lo planeado se verá reflejado en el indicador y puede ser base de comparación con cualquier proyecto.

## **3.2 PREMISAS**

El modelo está construido bajo las siguientes premisas:

- Debe ser un modelo integral, que abarque todo el ciclo de vida del proyecto.
- Debe incluir todas las actividades operativas y de servicios que afectan el avance del proyecto.
- El control diario permite identificar desviaciones con respecto a lo planeado y
- Debe poder aceptar modificaciones al proyecto y seguir mostrando información relevante.
- Debe poder establecer una base para la mejora en proyectos subsecuentes.

## **3.3 OBJETIVO DEL MODELO**

El objetivo del modelo es poder integrar un proyecto en una ecuación mediante el uso de indicadores clave, con la finalidad de contribuir en forma significativa el logro de sus objetivos, brindando información oportuna y relevante que permita tomar decisiones que incrementen la satisfacción de todos los involucrados.

## **3.4 ALCANCE**

El presente modelo está diseñado para el control de proyectos de empresas constructoras, con la finalidad de que se mejore su operación y se incremente el beneficio esperado. La aplicación se realizó en el sector de vivienda y solo para el sector representado en la muestra.

### 3.5 MODELO DE CONTROL DE PROYECTOS

#### 3.5.1 Indicadores de desempeño.

En este modelo se utilizarán indicadores de control de cada actividad del proyecto, para conocer el grado de cumplimiento de las actividades y mediante factores de contribución se integra en un modelo matemático que representa proyectos en todo su ciclo de vida.

#### 3.5.2 Modelo de control

Se propone un modelo integral para el control de un proyecto de construcción (Figura 9), considerando todas las etapas de su ciclo de vida, fundamentado en un sistema de indicadores que permiten, de una manera rápida, sencilla y confiable conocer su estado, así como el avance durante su ciclo de vida, desde la etapa de diseño, siguiendo por la ejecución, operación, entrega, garantía y terminando con el cierre o satisfacción del cliente.

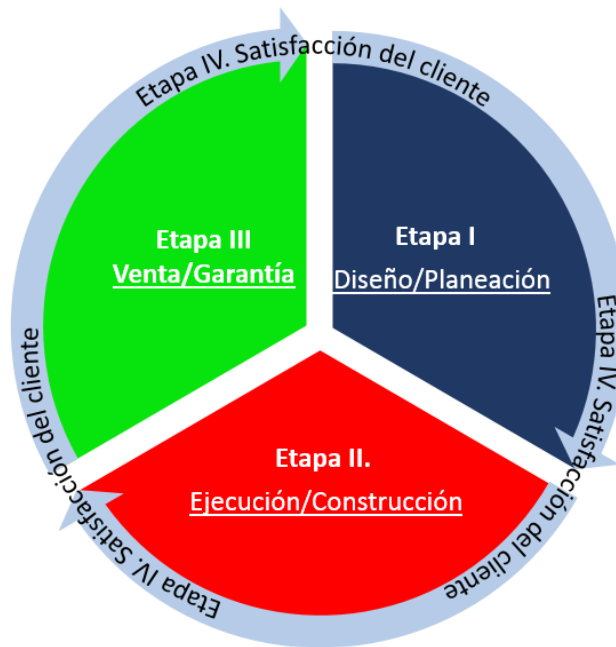
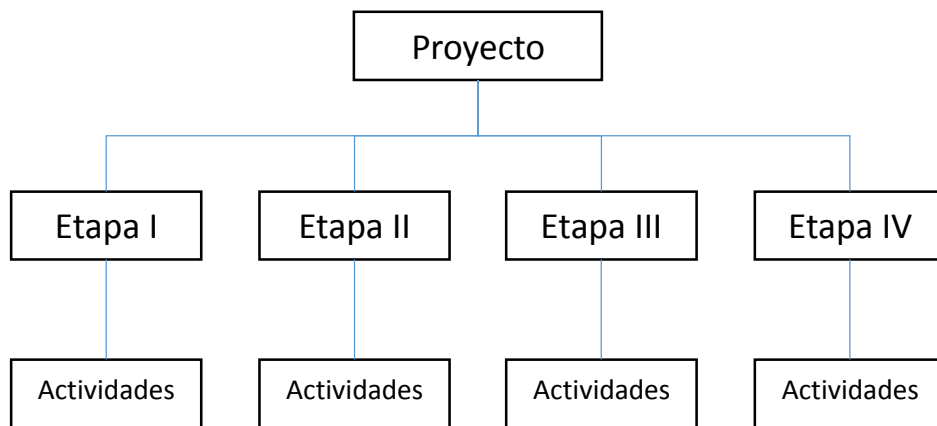


Figura 9. Etapas del modelo de control de proyectos.

Una característica importante del modelo propuesto es que incorpora una cuarta etapa para el cierre del proyecto, en ella se establece la necesidad de revisar todos los indicadores de satisfacción del cliente interno y externo, el nivel de cumplimiento del programa y presupuesto, así como todos aquellos indicadores que tengan un impacto para la empresa y su entorno, tales como, la siniestralidad, el impacto ambiental, la ganancia neta y los que se consideren específicamente para cada proyecto de acuerdo a las políticas de la empresa. Esta cuarta etapa se debe ir evaluando durante el ciclo de vida del proyecto y no esperar hasta el final, de tal manera que permita ir haciendo modificaciones de mejora en el sitio de trabajo.



**Figura 10. Estructura de actividades del proyecto**

### 3.5.3 Modelo matemático.

La modelación matemática del sistema de control (Ec. 1) está centrada en el **Índice de Avance del Proyecto (IAP)**, el cual está compuesto por los **Índices de avance parcial** de cada etapa ( $IP_i$ ) multiplicadas por su **Factor de contribución** ( $FC_i$ ).

$$IAP = FC_1 IP_1 + FC_2 IP_2 + FC_3 IP_3 + FC_4 IP_4 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde,  $IAP$  = Índice de Avance del Proyecto;

$FC_1$  = Factor de Contribución de la Etapa I: de Diseño/Ingeniería/Planeación;

$IP_1$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa I: de Diseño/Ingeniería/Planeación;

$FC_2$  = Factor de Contribución de la Etapa II: Ejecución/Construcción;

$IP_2$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa II: Ejecución/Construcción;

$FC_3$  = Factor de Contribución de la Etapa III: Venta/Entrega;

$IP_3$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa III: Venta/Entrega;

$FC_4$  = Factor de Contribución de la Etapa IV: Satisfacción del cliente;

$IP_4$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa IV: Satisfacción del cliente;

En cada etapa se construirá el Índice de avance parcial ( $IP_i$ ) en función de los elementos de control de cada actividad del proyecto, de tal manera que, para cada etapa  $i$  tiene una ecuación (Ec. 2).

$$IP_i = \sum_{j=1}^{n_j} FC_{i,j} IC_{i,j} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde,  $IP_i$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa  $i$ ;

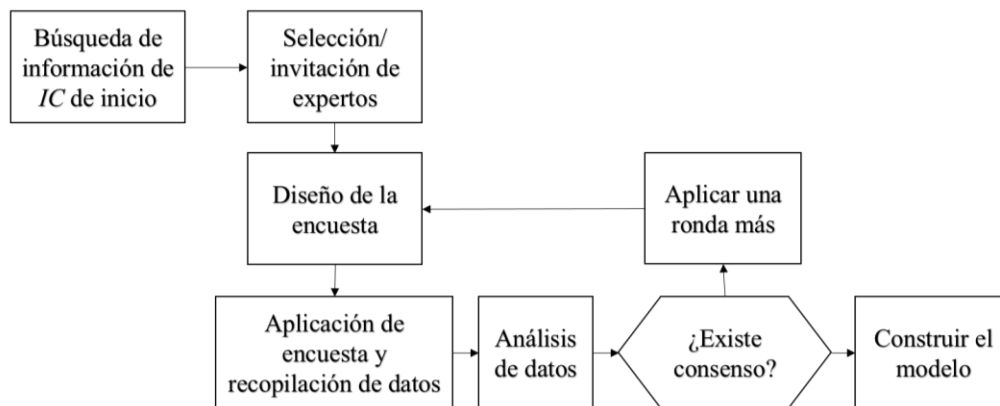
$FC_{i,j}$  = Factor de Contribución del Indicador  $i$  de la Etapa  $j$ ;

$IC_{i,j}$  = Indicador de desempeño del elemento de control  $i$  de la Etapa  $j$ ;



### 3.6 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la obtención del modelo se utilizó la técnica Delphi, la cual ha sido usada ampliamente en la industria de la construcción para la obtención de información objetiva, mediante el consenso entre expertos de un tema; la selección de los expertos del tema de interés, la construcción de las preguntas y el análisis de sus respuestas es fundamental en la obtención de resultados confiables (SOURANI; SUHAIL, 2014). En la Figura 11 se muestra el procedimiento que se siguió en la etapa de investigación.



**Figura 11. Procedimiento simplificado del Método Delphi.**

Para la selección de expertos se solicitó que fueran profesionistas relacionados con la industria de la construcción (Ingenieros civiles, Arquitectos o Administradores), que tuvieran al menos 5 años de experiencia y que actualmente estuvieran colaborando en proyectos, ya sea como gerentes de obra, administrador o Director de proyecto. La invitación se realizó a expertos del sector vivienda en la zona noreste de México y asistieron a la primera sesión un total de 24 expertos, se realizaron dos rondas hasta que se llegó a consenso y 19 de ellos también participaron en tercera ronda realizada en una segunda sesión.

Se realizó una búsqueda de *Indicadores de Control (IC)* en la literatura, se hizo un resumen y los indicadores obtenidos, mostrados en la Tabla 3, se presentaron al grupo de expertos, se les pidió que los confirmaran o eliminaran y agregaran aquellos que no estaban presentes, se les dio la libertad de agregar o eliminar cualquiera de ellos, en función de su validez para aplicarlo en proyectos de construcción de vivienda. Con la información obtenida se elaboró la encuesta para la primera ronda de la sesión del método Delphi.

**Tabla 3. Lista inicial de indicadores de control presentadas al panel de expertos.**

<b>Etapa del Proyecto</b>	<b>Indicadores de Control</b>	<b>Fuente</b>
Etapa I. Diseño/Planeación.	Proyecto arquitectónico. Ingeniería del proyecto. Elaboración del programa de obra. Elaboración del presupuesto Elaboración del plan de ventas	DE WITT 1988; ELDIN 1989; ELDIN 1991.
Etapa II. Ejecución/ Construcción.	Avance real del programa del proyecto Avance real del presupuesto del proyecto Reporte de Ocurrencia de incidencias Realización de Auditorías de calidad. Seguimiento al Flujo de efectivo.	ATKINSON 1999; CHAN y CHAN, 2004; HORTA et al., 2010; GONGBO LIN y SHEN 2007; COSTA et al., 2006
Etapa III. Venta/Entrega.	Promoción de venta ejercida. Ventas realizadas. Ingreso por cobranza. Seguimiento posventa a clientes. Garantías que se han hecho válidas.	GONGBO LIN y SHEN 2007; RAMOS, 2009
Etapa IV. Satisfacción del cliente.	Encuestas de satisfacción del cliente. Resumen de ejecución de programa y presupuesto Resumen financiero. Reporte final de calidad. Resumen final de incidencias.	CHAN; CHAN, 2004; GARZA, 2006

La encuesta diseñada se aplicó en la primera sesión (Anexo 1), en la cual se pidió que asignaran una calificación de qué tan importante es revisar el indicador mostrado en una reunión periódica de la empresa, con el propósito de controlar el proyecto y conocer su avance real; se usó una escala *Likert* de 1 a 7 (desde, 1 = importante a 7 = extremadamente importante); también se pidió conocer sus comentarios y si agregarían un nuevo Indicador de Control. Se agregaron dos nuevos indicadores de control, los cuales se incluyeron en la segunda ronda.

Los datos de la encuesta se analizaron mediante estadística descriptiva, en la Tabla 4 se presenta el promedio y la desviación estándar por cada Indicador de Control, con el promedio se ordenaron y se volvieron a presentar al grupo para una segunda ronda, incluyendo los dos nuevos Indicadores de Control propuestos.

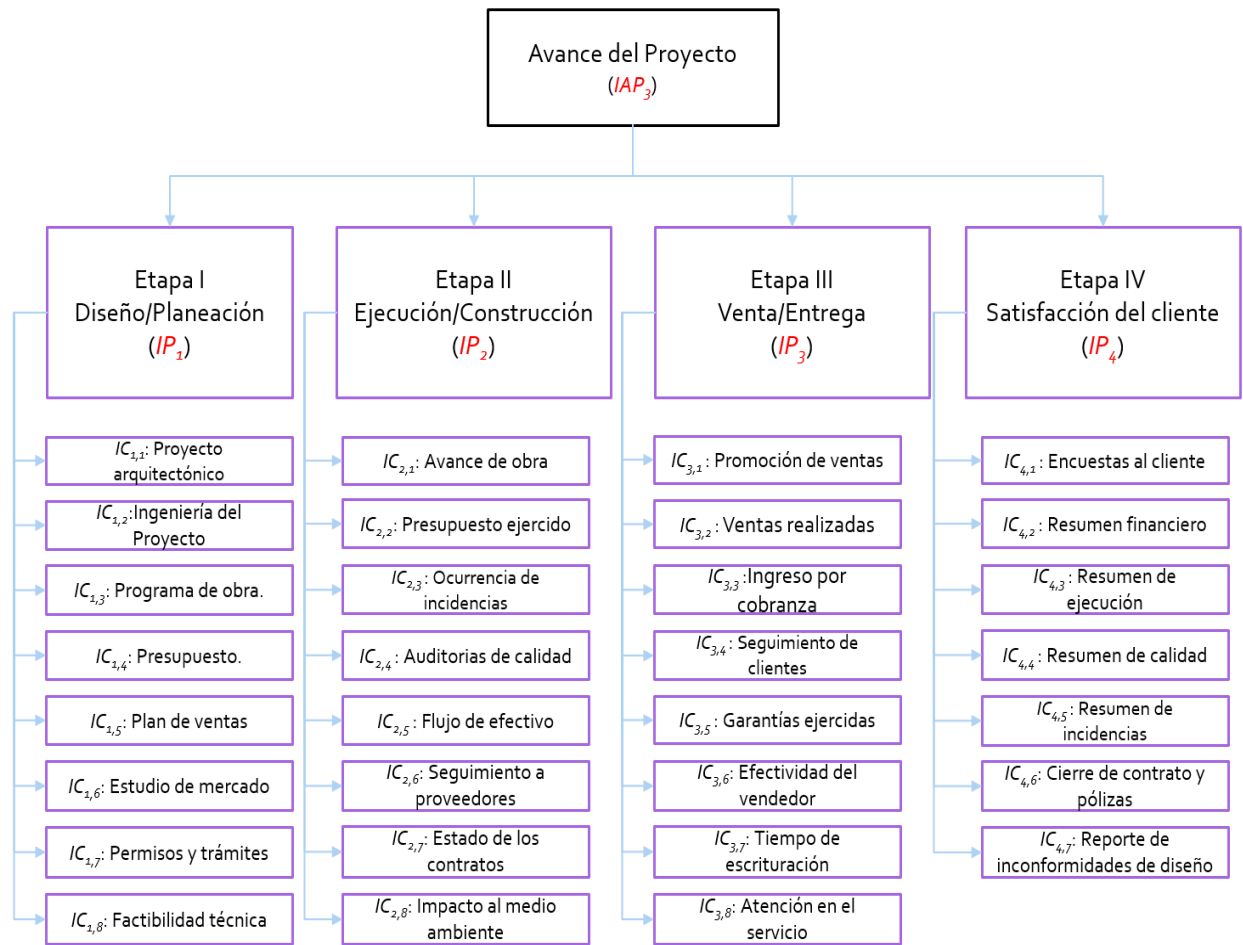
Los datos se analizaron estadísticamente, se obtuvo el promedio, la desviación estándar y se observó si había consenso. Existen diversos procedimientos para llegar al consenso, en este caso, se consideraron las características del modelo que queremos construir, el cuál debe ser exhaustivo, es decir, que incluya la mayoría de las actividades que se ejecutan en campo, ya que las actividades que se buscan identificar queremos generalizar su uso durante un proyecto y el consenso sería si la mayoría considera que deben usarse.

**Tabla 4. Resultado de los Indicadores de Control con el método Delphi.**

Etapa I.- Diseño/Ingeniería	Primera Ronda			Segunda Ronda		
	Promedio	Desviación Estándar	Orden	Promedio	Desviación Estándar	% $\geq 4$
1. Proyecto arquitectónico	6.29	0.69	1	6.13	0.99	100%
2. Ingeniería del proyecto	6.08	0.83	5	6.17	1.27	96%
3. Programa de obra	5.75	1.29	6	5.71	1.16	96%
4. Presupuesto	6.13	1.33	4	6.29	1.37	96%
5. Plan de ventas	5.67	1.20	7	5.79	1.25	96%
6. Estudio de mercado	6.25	0.74	2	6.21	0.93	100%
7. Permisos y trámites	6.21	0.78	3	6.17	1.05	96%
8. Factibilidad técnica				5.58	0.97	100%
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>						
1. Avance real del programa	6.46	0.59	2	6.46	0.51	100%
2. Presupuesto ejercido	6.75	0.53	1	6.71	0.46	100%
3. Ocurrencia de incidencias	5.46	1.06	5	5.5	1.1	96%
4. Auditorias de calidad	5.67	0.92	3	6.04	0.95	100%
5. Flujo de efectivo	5.63	1.17	4	6.17	0.7	100%
6. Seguimiento a proveedores	5.46	1.14	6	5.58	0.83	100%
7. Estado de los contratos	5.21	1.18	7	5.42	1.06	92%
8. Impacto al medio ambiente	5.00	0.98	8	4.92	1.32	83%
<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>						
1. Promoción de ventas	5.92	1.06	1	6.38	0.77	100%
2. Ventas realizadas	5.33	1.24	7	6.58	0.65	100%
3. Ingreso por cobranza	5.71	1.23	2	6.5	0.83	100%
4. Seguimiento posventa a clientes	5.58	1.18	4	6.25	0.79	100%
5. Garantías ejercidas	5.67	0.96	3	6	0.88	100%
6. Efectividad del vendedor	5.54	1.06	5	6.29	0.86	100%
7. T. de escrituración y cobranza	5.46	1.18	6	6.04	0.75	100%
8. Atención en el servicio				5.88	0.74	100%
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>						
1. Enc. de satisfacción del cliente	6.29	0.86	2	6.17	0.76	100%
2. Resumen financiero	6.25	1.29	3	6.33	1.27	96%
3. Res. del prog y del presup.	6.08	1.38	4	6.13	1.3	96%
4. Reporte final de calidad	6.29	0.81	1	6.17	0.96	100%
5. Resumen final de incidencias	5.88	0.95	6	5.71	0.91	100%
6. Cierre de contratos y garantías.	6.04	0.81	5	6.13	0.85	100%
7. Rep. de inconform. en diseño	5.83	1.17	7	5.83	0.96	100%

De acuerdo a Sourani (2014), un criterio de consenso entre expertos es cuando al menos el 75% de los participantes califica al criterio de interés con una calificación mayor a la media de la escala Likert. En el diseño de la encuesta, la escala es del 1 al 7 (4=Importante es el valor central) diremos que los expertos están de acuerdo cuando al menos el 75% de los participantes califican al Indicador de Control con un valor mayor o igual a 4, es decir, la mayoría considera que el Indicador de Control es de importante a extremadamente importante para el control y avance del proyecto.

Los datos resumidos de la segunda ronda se muestran en la Tabla 4, donde podemos observar en la columna de la extrema derecha, que todos los Indicadores de Control incluido en la encuesta rebasan el criterio establecido de importancia para el proyecto. En la Figura 12 se muestran el esquema con los indicadores obtenidos. Estos datos se usaron para construir la encuesta de la tercera ronda realizada en la siguiente sesión.



**Figura 12. Integración de los Índices de avance parcial por cada etapa del proyecto.**

En la segunda sesión (tercera ronda) se reformuló el cuestionario, incluyendo sus aportaciones del día anterior, se presentaron los 31 Indicadores obtenidos en la ronda anterior; 8 para cada una de las tres primeras etapas y 7 para la cuarta etapa del proyecto. Se presentó el resumen y análisis estadístico de los datos obtenidos en la sesión anterior y se les pidió que, en función de los resultados mostrados, asignaran un valor de peso a los factores de contribución de cada indicador de control ( $FC_{i,j}$ ), considerando que la suma de las contribuciones deberían sumar 100%, los datos obtenidos se resumieron y se obtuvo el promedio, se les presentaron los resultados, llegándose así a consenso.

Para obtener las contribuciones de cada etapa del proyecto se les preguntó de igual manera a los participantes, de la siguiente forma: en la primera sesión se les pidió que asignaran un valor numérico de contribución al avance del proyecto, es decir otorgar un valor a los factores de contribución de cada etapa ( $FC_i$ ) y que la suma de los factores sea 100%. En la segunda sesión, se mostraron los datos resumidos de los promedios de la sesión anterior y se les indicó que de acuerdo a los datos de la encuesta anterior y sabiendo el valor numérico, qué valor asignarían a cada etapa del proyecto para conocer el avance en el ciclo de vida, considerando que la suma de todas las etapas debe ser 100%. Los resultados obtenidos no fueron sustancialmente diferentes en la sesión anterior, por lo que se consideró que se había llegado al consenso como se puede ver en la Tabla 5.

**Tabla 5. Resultado de los ( $FC_i$ ) por etapa del proyecto. Método Delphi.**

	Primera sesión		Segunda sesión	
	Promedio	Desviación Estándar	Promedio	Desviación Estándar
<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	24.6	7.0	27.2	8.2
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	31.2	9.0	30.2	5.5
<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	25.0	7.8	24.4	5.9
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	19.2	10.4	18.3	6.8

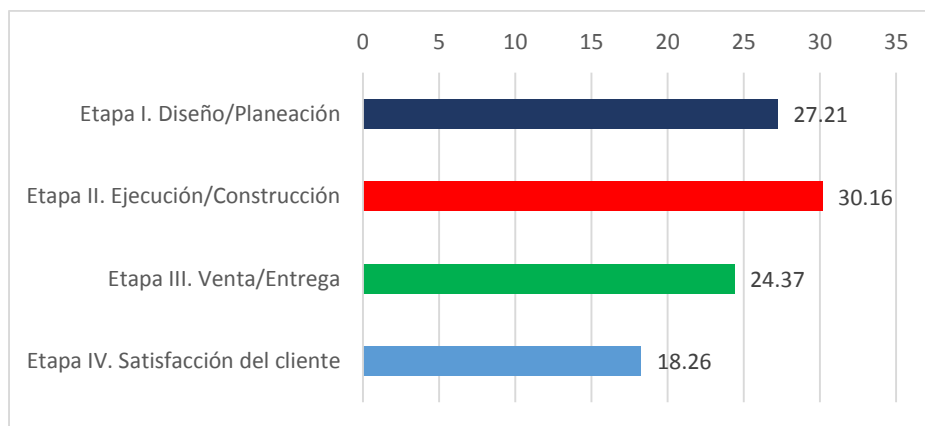
### 3.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

#### 3.7.1 Integración del índice de avance del proyecto (IAP).

Con los datos obtenidos con la técnica Delphi descrita en la sección anterior, se construyó la ecuación que modela el comportamiento de un proyecto de construcción de vivienda. La Ec. 3, muestra el modelo matemático obtenido para calcular el avance del proyecto.

$$IAP = 27.21 IP_1 + 30.16 IP_2 + 24.37 IP_3 + 18.26 \quad \text{Ec. 3}$$

El Índice de Avance del Proyecto (*IAP*) indica el porcentaje de avance de un proyecto; idealmente, este valor puede ser 0% cuando se inicia un proyecto y 100% cuando se termina, pero al terminarse se puede tener valores diferentes en función del cumplimiento de los alcances establecidos al inicio del proyecto. Esta ecuación depende de los Indicadores de Avance Parcial por Etapa del proyecto ( $IP_i$ ), estos índices parciales de cada etapa deberán tener un valor entre (0, 1) para que se puedan cumplir los valores mencionados. En la figura 13 se muestra gráficamente la contribución de cada Etapa al avance del proyecto, podemos observar que la etapa II, los expertos consideraron que tiene la mayor contribución en el proyecto.



**Figura 13. Porcentaje de Contribución por Etapa del Proyecto**



### 3.7.2 Índices por cada etapa del proyecto.

Se construyó también una ecuación para el avance de cada etapa del proyecto, el panel de expertos asignó un valor a cada factor de contribución por cada Indicador de control ( $FC_{i,j}$ ). Los resultados se muestran en las Ecuaciones 4 a la 7. Su interpretación indica el valor que representa cada actividad y su aporte al avance de cada etapa del proyecto. Cada ecuación depende los Indicadores de Control ( $IC_{i,j}$ ), los cuales dependerán de los reportes de avance parciales que realice la supervisión.

La forma de reportar el avance de las actividades será muy importante, ya que los valores deberán ser (0, 1).

$$\begin{aligned}
 IP_1 &= 11.0IC_{1,1} + 14.5IC_{1,2} + 11.2IC_{1,3} + 16.6IC_{1,4} + 9.8IC_{1,5} + 13.8IC_{1,6} + 10.8IC_{1,7} + 12.3IC_{1,8} & \text{Ec. 4} \\
 IP_2 &= 20.6IC_{2,1} + 18.9IC_{2,2} + 7.3IC_{2,3} + 11.7IC_{2,4} + 14.8IC_{2,5} + 10.2IC_{2,6} + 10.5IC_{2,7} + 6.0IC_{2,8} & \text{Ec. 5} \\
 IP_3 &= 11.3IC_{3,1} + 17.8IC_{3,2} + 16.7IC_{3,3} + 10.8IC_{3,4} + 8.4IC_{3,5} + 10.6IC_{3,6} + 14.8IC_{3,7} + 9.5IC_{3,8} & \text{Ec. 6} \\
 IP_4 &= 16.1IC_{4,1} + 16.4IC_{4,2} + 13.0IC_{4,3} + 18.3IC_{4,4} + 11.1IC_{4,5} + 12.8IC_{4,6} + 12.3IC_{4,7} & \text{Ec. 7}
 \end{aligned}$$

Cada  $IP_i$  muestra el porcentaje de avance de cada etapa del proyecto, los valores que podrá tomar serán (0, 100) y deberán transformarse a un valor fraccionario para aplicarse en el  $IAP$ . En las gráficas 14 a 17 se muestran las contribuciones parciales de cada Índice de Control por cada Etapa del proyecto. Para conocer el avance real del proyecto, el supervisor actualizará el trabajo ejecutado del Indicador de Control de cada actividad del proyecto y el modelo matemático calcula los avances parciales de cada etapa, actualizando el avance del proyecto.



Figura 14. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{1,j}$ ) para la Etapa I del proyecto.

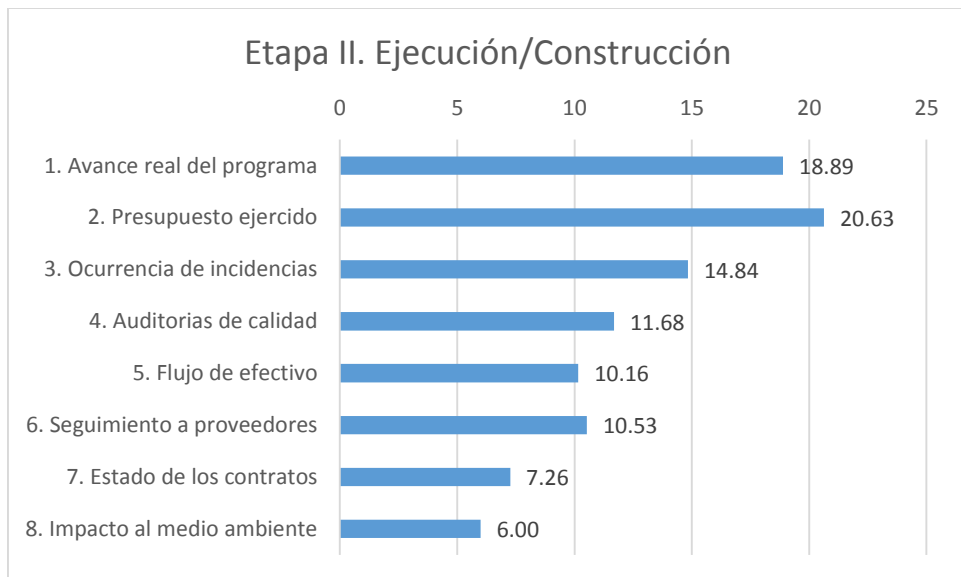


Figura 15. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{2,j}$ ) para la Etapa II del proyecto.

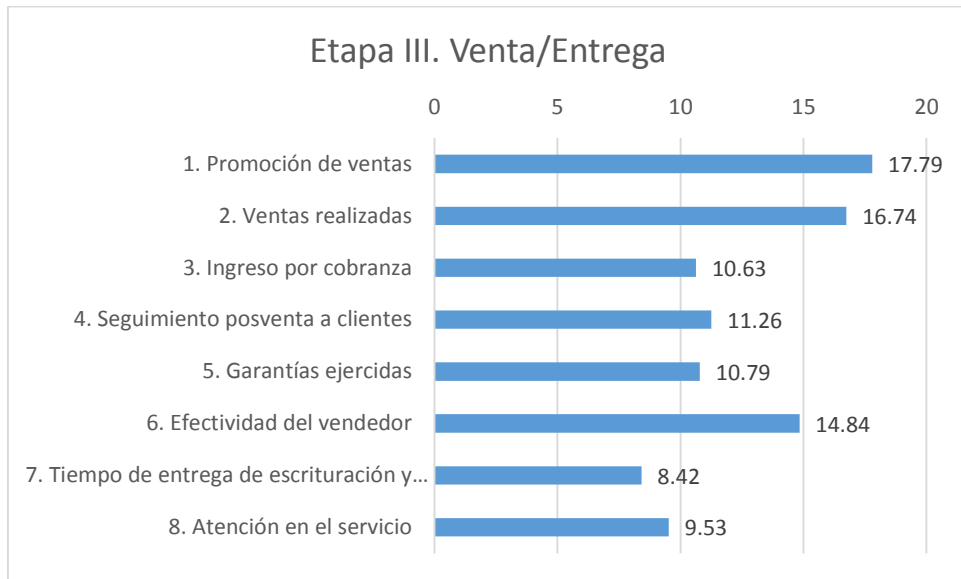


Figura 16. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{3,j}$ ) para la Etapa II del proyecto.



Figura 17. Contribución de los Índices de Control ( $IC_{4,i}$ ) para la Etapa IV del proyecto.

Interpretando los valores obtenidos, podemos decir que tenemos una ecuación con 31 factores independientes (los  $IC_{i,j}$ ) y por lo tanto cada uno de ellos tiene una contribución al proyecto. En la Tabla 6 se muestran estos valores.

**Tabla 6. Contribución parcial de cada Indicador Clave (IC<sub>i,j</sub>) al proyecto (IAP).**

<b>Etapa I. Diseño/Planeación</b>	<b><math>FC_{i,j}</math></b>	<b><math>FC_i</math></b>	<b><math>FC_{i,j} * FC_i</math></b>	
1. Proyecto arquitectónico	16.63	27.21	4.53	4.53
2. Ingeniería del proyecto	13.68	27.21	3.72	3.72
3. Programa de obra	10.84	27.21	2.95	2.95
4. Presupuesto	14.53	27.21	3.95	3.95
5. Plan de ventas	11.00	27.21	2.99	2.99
6. Estudio de mercado	9.84	27.21	2.68	2.68
7. Permisos y trámites	11.21	27.21	3.05	3.05
8. Factibilidad técnica	12.26	27.21	3.34	3.34
<b>Etapa II. Ejecución/Construcción</b>	<b><math>FC_{i,j}</math></b>	<b><math>FC_i</math></b>	<b><math>FC_{i,j} * FC_i</math></b>	
1. Avance real del programa	18.89	30.16	5.70	5.70
2. Presupuesto ejercido	20.63	30.16	6.22	6.22
3. Ocurrencia de incidencias	14.84	30.16	4.48	4.48
4. Auditorias de calidad	11.68	30.16	3.52	3.52
5. Flujo de efectivo	10.16	30.16	3.06	3.06
6. Seguimiento a proveedores	10.53	30.16	3.18	3.18
7. Estado de los contratos	7.26	30.16	2.19	2.19
8. Impacto al medio ambiente	6.00	30.16	1.81	1.81
<b>Etapa III. Venta/Entrega</b>	<b><math>FC_{i,j}</math></b>	<b><math>FC_i</math></b>	<b><math>FC_{i,j} * FC_i</math></b>	
1. Promoción de ventas	17.79	24.37	4.34	4.34
2. Ventas realizadas	16.74	24.37	4.08	4.08
3. Ingreso por cobranza	10.63	24.37	2.59	2.59
4. Seguimiento posventa a clientes	11.26	24.37	2.74	2.74
5. Garantías ejercidas	10.79	24.37	2.63	2.63
6. Efectividad del vendedor	14.84	24.37	3.62	3.62
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	8.42	24.37	2.05	2.05
8. Atención en el servicio	9.53	24.37	2.32	2.32
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente</b>	<b><math>FC_{i,j}</math></b>	<b><math>FC_i</math></b>	<b><math>FC_{i,j} * FC_i</math></b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	16.42	18.26	3.00	3.00
2. Resumen financiero	12.84	18.26	2.34	2.34
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	18.32	18.26	3.35	3.35
4. Reporte final de calidad	13.00	18.26	2.37	2.37
5. Resumen final de incidencias	16.05	18.26	2.93	2.93
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	12.32	18.26	2.25	2.25
7. Reporte de inconformidades en el diseño	11.05	18.26	2.02	2.02

### 3. 8 PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN

La aplicación del modelo propuesto es una tarea que debe planearse cuidadosamente, ya que de ello dependerá lograr los objetivos esperado. Estructurar correctamente el proyecto, identificar los elementos clave para el control, instrumentar la forma de medición y diseñar un método de captura de la información son componentes clave para el éxito.

#### 3.8.1 Proceso de implantación.

Se incluye una propuesta de proceso de implantación, dada la relevancia para la correcta aplicación del modelo. Además, será la base para crear la encuesta que se realizará para validar la aplicabilidad del Modelo. En la figura 18 se muestra una propuesta para implantar el Sistema de Control y darle seguimiento al proyecto.

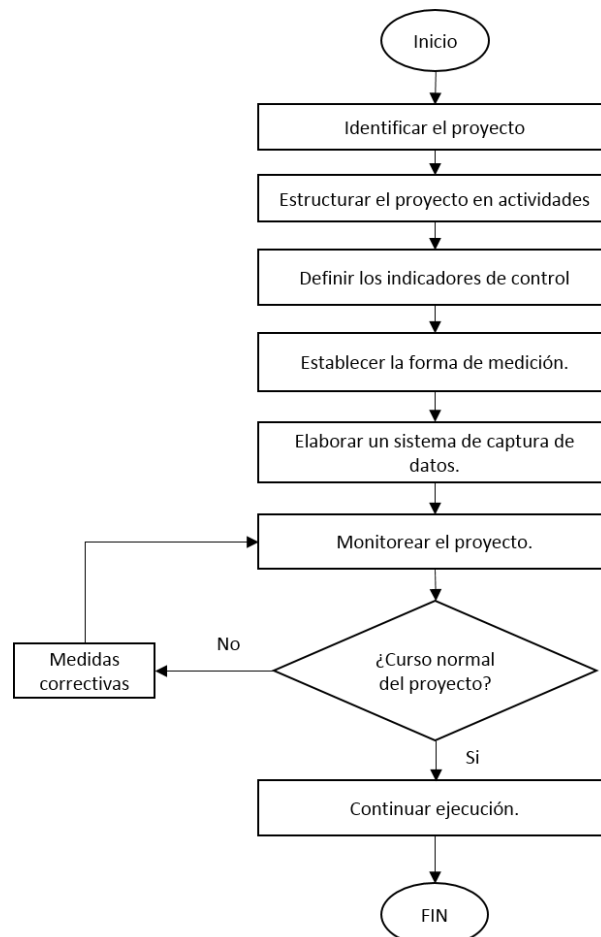


Figura 18. Metodología de implantación para Sistema de Control de proyectos.

El sistema se alimenta de la información que se generada diariamente, por lo tanto, la forma de obtener los datos debe ser muy clara para el responsable. A continuación, se describe la forma de cómo debe calcularse cada Indicador clave de acuerdo a los avances diarios.

### 3.8.2. Indicadores clave para el control del proyecto

Se describen abajo los Indicadores clave ( $IC_{i,j}$ ) para cada una de las etapas del proyecto, los valores de cada indicador están entre 0 y 1, o también pueden ser expresados como porcentaje de cumplimiento (0, 100).

#### **Etapas I. Diseño/Ingeniería**

1. Proyecto arquitectónico. El trabajo consiste en elaborar el proyecto arquitectónico, incluyendo la urbanización y los servicios.

Enlistar todos los entregables del proyecto, incluyendo: planos, maquetas, prototipo, etc. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{1,1} = \frac{\text{Entregables Realizado}}{\text{Entregables Planeado}}$$

2. Ingeniería del proyecto. El trabajo consiste en realizar toda la ingeniería del proyecto, incluyendo obra civil, eléctrica, sanitaria, etc. Enlistar todos los documentos entregables, incluyendo: memoria descriptiva de cálculos, procedimientos, cargas, etc. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{1,2} = \frac{\text{Entregables Realizado}}{\text{Entregables Planeado}}$$

3. Programa de obra. El trabajo consiste en elaborar el programa de obra para todo el proyecto, desde la etapa de Diseño/Ingeniería hasta la etapa IV de Cierre/Satisfacción del cliente. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{1,3} = \textit{Avance en elaboración de programa de obra.}$$

4. Presupuesto. El trabajo consiste en elaborar el presupuesto de todo el proyecto, desde la etapa de Diseño/Ingeniería hasta la etapa IV de Cierre/Satisfacción del cliente. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{1,4} = \textit{Avance en elaboración de presupuesto.}$$

5. Plan de ventas. El trabajo consiste en elaborar un plan de ventas del total de las viviendas, incluyendo promoción, estrategia, etc. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{1,5} = \textit{Avance en elaboración del plan de ventas.}$$

6. Estudio de mercado. El trabajo consiste en elaborar un estudio de mercado. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{1,6} = \textit{Avance en elaboración del estudio de mercado.}$$

7. Permisos y trámites. El trabajo consiste en identificar y realizar todos los permisos legales que deben de cumplirse en el proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% identificación, 30% trámites y gestorías, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{1,7} = \frac{\textit{Permisos realizados}}{\textit{Permisos identificados}}$$

8. Factibilidad técnica. El trabajo consiste en identificar y realizar todos los estudios de factibilidad técnica a realizar durante el proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% identificación, 30% trámites y gestorías, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{1,8} = \frac{\textit{Estudios realizados}}{\textit{Estudios identificados}}$$



## **Etapa II. Ejecución/Construcción.**

1. Avance real del programa. El trabajo consiste en realizar los trabajos comprendidos en el programa de obra y que deben de cumplirse en el proyecto. El avance se medirá en función del cumplimiento de las actividades realizadas, comparándolo con las actividades programadas.

El indicador consiste en el Indicador de Desempeño de Programa (SPI):

$$IC_{2,1} = SPI = \frac{\text{Valor Ganado}}{\text{Valor Planeado}}$$

2. Presupuesto ejercido. El trabajo consiste en ejercicio del presupuesto del proyecto aplicado en los trabajos realizados. El avance se medirá en función del presupuesto ejercido en los trabajos, comparándolo con las actividades programadas.

El indicador consiste en el Indicador de Desempeño de Costo (CPI):

$$IC_{2,2} = CPI = \frac{\text{Costo Actual}}{\text{Valor Planeado}}$$

3. Ocurrencia de incidencias. El trabajo consiste en realizar un reporte periódico de las actividades no planeadas durante la ejecución, tales como: accidentes, cambios de ingeniería, replanteos del proyecto, etc. El avance se medirá en función del número de reportes y las acciones consecuentes de cada reporte: realizar la auditoría 40%, Seguimiento 30%, Cierre 30%.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,3} = \frac{\text{Número de Reportes de Incidencias Realizado}}{\text{Número de Reportes de Incidencias Planeado}}$$

4. Auditorías de calidad. El trabajo consiste en realizar las auditorías planeadas durante la ejecución del proyecto. El avance se medirá en función del número de auditorías realizadas y las acciones consecuentes de cada auditoría: realizar la auditoría 40%, Seguimiento 30%, Cierre 30%.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,4} = \frac{\text{Auditorías Realizadas}}{\text{Auditorías Planeadas}}$$

5. Flujo de efectivo. El trabajo consiste en llevar un control con cortes periódicos del flujo de efectivo considerando financiamientos asegurando el correcto seguimiento del proyecto, incluyendo su seguimiento. El avance se medirá con la elaboración de los reportes periódicos de flujo de efectivo.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,5} = \frac{\text{Reporte de Flujo de Efectivo Realizado}}{\text{Reporte de Flujo de Efectivo Planeado}}$$

6. Seguimiento a proveedores. El trabajo consiste en llevar un control de seguimiento de proveedores que mida su desempeño en el cumplimiento de con lo contratado, incluyendo su seguimiento. El avance se medirá con la elaboración de los reportes periódicos del desempeño de los proveedores.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,6} = \frac{\text{Reporte de Proveedores Realizado}}{\text{Reporte de Proveedores Planeado}}$$

7. Estado de los contratos. El trabajo consiste en llevar un control de los contratistas que mida su desempeño en el cumplimiento de lo contratado, incluyendo su seguimiento. El avance se medirá con la elaboración de los reportes periódicos de los contratistas.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,7} = \frac{\text{Reporte de Contratos Realizado}}{\text{Reporte de Contratos Planeado}}$$

8. Impacto al medio ambiente. El trabajo consiste en llevar un control del impacto del proyecto al medio ambiente, considerando la identificación y cumplimiento de normas, certificaciones y reporte periódicos a realizar para asegurar la correcta ejecución del proyecto. El avance se medirá con la elaboración de los reportes periódicos del impacto al medio ambiente.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{2,8} = \frac{\textit{Reporte de Impacto al Medio Ambiente Realizado}}{\textit{Reporte de Impacto al Medio Ambiente Planeado}}$$

**Etapas III. Venta/Entrega**

1. Promoción de ventas. El trabajo consiste en realizar el plan de promoción de ventas planeado. El avance se medirá en función del cumplimiento de las actividades realizadas, comparándolo con las actividades programadas.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,1} = \frac{\textit{Actividades de promoción realizadas}}{\textit{Actividades de promoción planeadas}}$$

2. Ventas realizadas. El trabajo consiste en realizar el plan de ventas planeado. El avance se medirá en función de las ventas ejecutadas, comparándolo con las ventas planeadas.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,2} = \frac{\textit{Ventas realizadas}}{\textit{Plan de ventas}}$$

3. Ingreso por cobranza. El trabajo consiste en realizar procedimiento de registrar el ingreso debido a las ventas realizadas. El avance se medirá en función del ingreso neto por ventas, comparándolo con ingreso total del plan de ventas.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,3} = \frac{\textit{Ingreso neto de ventas}}{\textit{Ingreso total del plan de ventas}}$$

4. Seguimiento posventa a clientes. El trabajo consiste en realizar el protocolo de seguimiento a clientes posterior a la venta. El avance se medirá en función de los clientes que se les dio seguimiento, comparándolo con las ventas planeadas.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,4} = \frac{\textit{Clientes atendidos en posventa}}{\textit{Número de viviendas en el plan de ventas}}$$

5. Garantías ejercidas. El trabajo consiste en realizar los trabajos solicitados por garantía. El avance se medirá en función de la actividad realizada, comparándolo con las solicitudes de garantía.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,5} = \frac{\textit{Garantías ejercidas}}{\textit{Solicitudes de garantía}}$$

6. Efectividad del vendedor. El trabajo consiste en realizar un seguimiento por vendedor y realizar un reporte periódico de la efectividad de vendedores. El avance se medirá en función de los reportes realizados.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,6} = \frac{\textit{Reportes por vendedor realizado}}{\textit{Número de reportes planeado}}$$

7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza. El trabajo consiste en realizar un reporte periódico del desempeño de medición de los tiempos de entrega de vivienda, de escrituración y de cobranza. El avance se medirá en función de los reportes realizados.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,7} = \frac{\textit{Reportes de tiempos de servicio posventa realizados}}{\textit{Número de reportes planeado}}$$

8. Atención en el servicio.

El trabajo consiste en realizar un reporte periódico del desempeño de la atención en el servicio de todos los que involucrados en darle un servicio al cliente. El avance se medirá en función de los reportes realizados.

El indicador consiste en la razón:

$$IC_{3,8} = \frac{\textit{Número de reportes de atención en el servicio realizado}}{\textit{Número de reportes planeado}}$$

**Etapa IV. Satisfacción del cliente.**

1. Encuestas de satisfacción del cliente. El trabajo consiste en realizar encuestas de satisfacción a los clientes que se les entrega una casa. El avance se medirá con la aplicación de la encuesta al estar entregando la vivienda.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{4,1} = \frac{\text{Número de Encuestas Realizadas}}{\text{Número de Viviendas Entregadas}}$$

2. Resumen financiero. El trabajo consiste en elaborar un resumen financiero del proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{4,2} = \text{Avance en elaboración del resumen financiero.}$$

3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto. El trabajo consiste en elaborar un resumen de la ejecución del proyecto, contrastando lo planeado con lo real. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{4,3} = \text{Avance en elaboración del resumen de ejecución.}$$

4. Reporte final de calidad. El trabajo consiste en elaborar un resumen de calidad del proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{4,4} = \text{Avance en elaboración del resumen de calidad.}$$

5. Resumen final de incidencias. El trabajo consiste en elaborar un reporte final de las incidencias ocurridas durante la ejecución del proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{4,5} = \text{Avance en elaboración del reporte de incidencias.}$$

6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc. El trabajo consiste en realizar todos los cierres de contratos, recuperar las pólizas y garantía que se hicieron durante el proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega.

El indicador consiste en la relación:

$$IC_{4,6} = \frac{\text{Cantidad de documentos cerrados}}{\text{Cantidad de documentos abiertos}}$$

7. Reporte de inconformidades en el diseño. El trabajo consiste en elaborar un reporte final de los cambios realizados en el diseño, incluye los cambios en la ingeniería y arquitectura del proyecto. El avance se medirá en función del trabajo realizado: 40% elaboración, 30% revisión y cambios, 30% autorización y entrega. El indicador consiste en el porcentaje de trabajo realizado.

$$IC_{4,7} = \text{Avance en elaboración del reporte cambios de diseño.}$$

La captura de datos debe facilitar el análisis y la forma de presentar la información que se está recolectando. Para ello se propone usar una base de datos que lleven a mostrar un Tablero Maestro para el control de proyectos. En la Tabla 7 se muestra le Tablero maestro de control de proyectos,

Tabla 7. Tablero Maestro de Control de Proyectos

TABLERO MAESTRO DE CONTROL DE PROYECTOS																																															
Datos del Proyecto				Etapa I.- Diseño/Planeación							Etapa II. Ejecución/Construcción							Etapa III. Venta/Entrega						Etapa IV. Satisfacción del cliente							Resumen																
Nombre del director del proyecto	Nombre del proyecto	Duración	Presupuesto	Etapa I							Etapa II							Etapa III						Etapa IV							Resumen																
				IC 1.1 Proyecto arquitectónico	IC 1.2 Ingeniería del proyecto	IC 1.3 Programa de obra	IC 1.4 Presupuesto	IC 1.5 Plan de ventas	IC 1.6 Estudio de mercado	IC 1.7 Permisos y trámites	IC 1.8 Factibilidad técnica	IC 2.1 Avance real del programa	IC 2.2 Presupuesto ejercido	IC 2.3 Ocurrencia de incidencias	IC 2.4 Auditorías de calidad	IC 2.5 Flujo de efectivo	IC 2.6 Seguimiento a proveedores	IC 2.7 Estado de los contratos	IC 2.8 Impacto al medio ambiente	IC 3.1 Promoción de ventas	IC 3.2 Ventas realizadas	IC 3.3 Ingreso por cobranza	IC 3.4 Seguimiento posventa a clientes	IC 3.5 Garantías ejercidas	IC 3.6 Efectividad del vendedor	IC 3.7 Tiempo de escrituración y cobranza	IC 3.8 Atención en el servicio	IC 4.1 Encuestas de satisfacción del cliente	IC 4.2 Resumen financiero	IC 4.3 Resumen del programa y del presupuesto	IC 4.4 Reporte final de calidad	IC 4.5 Resumen final de incidencias	IC 4.6 Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	IC 4.7 Reporte de inconformidades en el diseño	Etapa I - Diseño/Planeación	Etapa II. Ejecución/Construcción	Etapa III. Venta/Entrega	Etapa IV. Satisfacción del cliente	Índice de Avance Parcial								
				27%	11%	15%	11%	17%	10%	14%	11%	12%	30%	21%	19%	7%	12%	15%	10%	11%	6%	24%	11%	18%	17%	11%	8%	11%	15%	10%	18%	16%	16%	13%	18%	11%	13%	12%	27%	30%	24%	18%					
				0%								0%																																			
				0%								0%																																			
				0%								0%																																			
				0%								0%																																			
				0%								0%																																			
				0%								0%																																			



### 3.9 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En este capítulo se presenta un modelo integral para el control de un proyecto de construcción, considerando todas las etapas de su ciclo de vida, desarrollando un sistema de indicadores que permiten de una manera rápida, sencilla y confiable conocer su estado, así como, el avance durante su ciclo de vida, desde la etapa de diseño, siguiendo por la ejecución, operación, entrega, garantía y terminando con el cierre o satisfacción del cliente.

En las cuatro etapas del modelo se incluyen elementos de avance físico de la construcción, a los cuales se les llama **Indicadores de desempeño** ( $IC_i$ ), cada indicador de desempeño observa el avance real, para integrar el **Indicador de avance parcial** por etapa ( $IP_i$ ). Cada Indicador de desempeño, es evaluado por los **Elementos de control** ( $EC_{ijk}$ ) los cuales se refieren a la actividad diaria del supervisor de obra.

Se realizó la construcción del modelo matemático para proyectos de construcción de vivienda. Para realizarlo se usó la técnica Delphi, donde se identificaron los elementos del control que se deben estar monitoreando y se llegó al consenso de los valores numéricos de sus factores de contribución; de la misma manera, se obtuvo los valores numéricos de los factores de contribución de cada etapa, para de esta manera obtener el modelo matemático para el control de avance de los proyectos de construcción de vivienda en México.

Podemos interpretar en el modelo obtenido, que los expertos consideraron que la etapa de Ejecución/Construcción es la que tiene mayor aporte, con el 30.16% al avance del proyecto, a pesar de ser la etapa que tiene un mayor valor, rompe con la forma tradicional de ver el avance de un proyecto solo a partir de su ejecución. La etapa de Diseño/Planeación contribuye el 27.21%, para los expertos, un proyecto exitoso va depender en gran medida de un buen diseño/planeación. La etapa de Venta/Entrega se consideró que aporta el 24.37%, esto indica que, para los expertos, el éxito depende del que el producto del proyecto sea aceptado por el cliente. Finalmente, la etapa de Satisfacción del cliente, los expertos le asignaron un 18.26%, este porcentaje es el peso

que se le da al cierre del proyecto, incluyendo la retroalimentación que genera la empresa en cuento a su desempeño.

Al estar actualizando las actividades en las que se está trabajando, podemos estar realizando trabajo en etapas diferentes. El Índice de Avance del Proyecto muestra el avance global, incluyendo las contribuciones de lo realizado en de cada etapa. Se puede observar, que al estructurar el proyecto como un todo, desde su etapa inicial, hasta su cierre y que al modelarlo en una ecuación matemática podemos tener una visión global que nos ayude a tener el enfoque correcto durante todo el ciclo de vida.

El modelo matemático con los valores numéricos obtenidos es aplicable, solo para la población representada por los expertos consultados, pero se puede replicar para cualquier tipo proyecto y para una empresa o entidad de gobierno que realice múltiples proyectos, puede tener un método de comparación con información relevante para el avance y el estado de control de todos sus proyectos.

## **CAPITULO 4. CASOS PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

El propósito de la presente investigación es desarrollar un modelo confiable para controlar proyectos de construcción en todo su ciclo de vida y que contribuya al logro de sus objetivos. En los capítulos anteriores se mostró la complejidad en la realización de un proyecto y que existen muchos factores para dar la seguridad de que se logre su propósito, también se ha construido un modelo cuantitativo que da seguimiento al proyecto a lo largo de su ciclo de vida, sin embargo, al estar involucrada la persona durante su ejecución, el componente social juega un papel esencial en la aplicación de esta investigación.

Se realizará el estudio de validación en diferentes proyectos en cuanto a la aplicación de los factores incluidos en el modelo de control propuesto. Para realizar este estudio se seguirá la recomendación del método de casos (Yin, 2009). El estudio de cada caso se realizará mediante la aplicación de una entrevista con el director del proyecto, donde se destaca que, dado que hay muchas variables de interés, se centrará en evidencias mostradas por el entrevistado que beneficie la confirmación o negación de la aplicación de cada factor.

Para decidir el número de casos a estudiar, Yin (2009) distingue entre el estudio de caso único cuando se analiza un fenómeno poco conocido, con el estudio de múltiples casos cuando se desea desarrollar una teoría. En nuestro estudio, se tratará de hacer una generación analítica, en la cual, se busca que diferentes casos, de diversas características, tengan coincidencias que permitan validar la teoría.

Los casos a incluir en el estudio deben ser cuidadosamente seleccionadas, ya que no se trata de construir una muestra estadística representativa de una población, sino de obtener información, de tal manera que conduzcan a lograr conclusiones similares en todos los casos o bien nos lleven a identificar prácticas opuestas a las establecidas en el modelo.

Se tomará como base de análisis a proyectos realizados por empresas constructoras; un proyecto representativo por cada empresa, ya que la práctica de la realización de proyectos es común para todos los realizados por la misma empresa. Las empresas seleccionadas son del sector vivienda que realizan proyectos actualmente, que tienen una amplia experiencia en proyectos similares y que manifestaron su interés en el propósito de la presente investigación. Los proyectos seleccionados por cada empresa, deben ser proyectos terminados y que la empresa considere que han cumplido con los objetivos que se propusieron.

Para cada uno de los proyectos mencionados se realizó el estudio consistente en la investigación de las acciones realizadas en cada uno de los 31 elementos de control propuestos en el modelo de control de la presente tesis.

## 4.2 APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO.

Las empresas y los proyectos se seleccionaron tratando de cubrir el rango de posibilidades que se pueden presentar. Las empresas fueron seleccionadas de acuerdo a su tamaño y madurez (grande, mediana, pequeña) y los proyectos de acuerdo a la cantidad de viviendas construidas (pocas, muchas).

Los proyectos seleccionados fueron considerados como proyectos que cumplieron con los objetivos de la empresa, basado en los criterios de ATKINSON (1999), estos proyectos debían cumplir con lo siguiente:

- *Cumplir con el triángulo de acero.* En términos de calidad, costo y tiempo, y que el proyecto hubiera cumplido con lo planeado.
- *Beneficiarios internos y externos.* Que no tuviera algún tipo de incidencia o queja grave, en cuanto a los trabajadores, no el entorno.
- *Sistema de información.* Que se tuviera bien documentado lo que sucedió en el proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definieron 5 empresas. A la empresa grande seleccionada se le solicitó un proyecto con una gran cantidad de viviendas. De las tres empresas medianas, a una de ellas se le pidió un proyecto con una gran cantidad de viviendas y a las otras dos, se les requirió proyectos con baja cantidad de viviendas. La empresa pequeña contribuyó con un proyecto de una cantidad de viviendas baja. Los datos se concentran en la Tabla 8.

**Tabla 8. Proyectos seleccionados para la validación.**

Tamaño del proyecto	Tamaño de la empresa		
	Grande	Mediana	Pequeña
Grande	Desarrollo Social 700 casas	AGORA 224 Casas	No aplica
Pequeño	No aplica	VIDUSA, 54 casas CONDOCASA 80 Casas	TU Casa Desarrollos 4 Casas

#### 4.2.1 La lista de los proyectos seleccionados para la validación.

- **Proyecto 1.** Empresa mediana, cantidad de viviendas baja.

Empresa: CONDOCASA

Nombre del proyecto: Desarrollo Miralta

Características: Desarrollo de 80 viviendas de tipo residencial de 236 m<sup>2</sup> de construcción, a base de block tradicional y losa de vigueta y bovedilla.

- **Proyecto 2.** Empresa mediana, cantidad de viviendas baja

Empresa: VIDUSA.

Nombre del proyecto: Desarrollo Almería

Características: Desarrollo de 54 viviendas de tipo medio-alto de 208 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional y con cubierta prefabricada.

- **Proyecto 3.** Empresa grande, cantidad de viviendas alta

(los datos reales fueron modificados por petición de la empresa)

Empresa: Desarrollo vivienda social

Nombre del proyecto: Desarrollo social

Características: Desarrollo de 700 viviendas de tipo social, con construcción de 48 a 55 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional, con losa de cimentación y losa de azotea aligerada.

- **Proyecto 4.** Empresa mediana, cantidad de viviendas alta.

Empresa: AGORA

Nombre del proyecto: Paseo del Vergel

Características: Desarrollo de 225 viviendas de tipo medio-alto de 183 a 195 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional, incluye proyectos especiales, de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

- **Proyecto 5.** Empresa pequeña, cantidad de viviendas baja

Empresa: Tu Casa Desarrollos

Nombre del proyecto: Villas del Carrizalejo

Características: Desarrollo de 4 viviendas de tipo especial de 40 y 50 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional. Solo se incluyen 3 viviendas y la casa muestra, en la etapa inicial de desarrollo.



#### **4.2.2 Cuestionario realizado en cada proyecto.**

Las preguntas realizadas a los responsables de los proyectos en las entrevistas realizadas, fueron organizadas de acuerdo a la etapa del proyecto, se pidió que se mostrara la evidencia del trabajo realizado, sin cuestionar la veracidad de los documentos mostrados.

- **Etapa I. Diseño/Ingeniería**

1. ¿Cuáles fueron los entregables que se realizaron durante la etapa del Proyecto arquitectónico?
2. ¿Cuáles fueron los entregables durante la etapa de Ingeniería del proyecto?
3. ¿Se elaboró un Programa de obra para el proyecto? ¿Cuál es su duración?
4. ¿Se elaboró un Presupuesto para el proyecto? ¿A cuánto asciende?
5. ¿Se elaboró un Plan de ventas para el proyecto?
6. ¿Se elaboró un Estudio de mercado para las casas elaboradas en el proyecto?
7. ¿Cuáles son los Permisos y trámites para la realización del proyecto?
8. ¿Cuáles fueron los estudios de Factibilidad técnica realizados para este proyecto?

- **Etapa II. Ejecución/Construcción**

1. ¿Se llevó un registro del Avance real del programa durante su ejecución? ¿Cuánto fue la duración?
2. ¿Se llevó un control del Presupuesto ejercido durante el proyecto? ¿Cuál fue el monto ejercido?
3. ¿Se elaboró en forma periódica un reporte de la Ocurrencia de incidencias en la ejecución del proyecto?
4. ¿Se programaron y realizaron las Auditorias de calidad durante la ejecución del proyecto?
5. ¿Se llevó a cabo un control del Flujo de efectivo del proyecto? ¿Hubo algún incidente por falla en el financiamiento??

6. ¿Se programó y realizó un Seguimiento a proveedores en el proyecto?
7. ¿Se programó y se ejecutó alguna actividad para conocer el estado de los contratos realizados en el proyecto?
8. ¿Se programó y se llevó a cabo un estudio del Impacto al medio ambiente del proyecto?

- **Etapa III. Venta/Entrega.**

1. ¿Se realizó la Promoción de ventas planeada?
2. ¿Se llevó un registro de las Ventas realizadas?
3. ¿Se llevó un registro del Ingreso por cobranza de las ventas realizadas?
4. ¿Se llevó un Seguimiento posventa a clientes que adquirieron una casa?
5. ¿Se llevó un registro de las Garantías ejercidas?
6. ¿Se llevó un seguimiento a la Efectividad de cada vendedor?
7. ¿Se llevó un seguimiento del Tiempo de entrega de escrituración y cobranza por cada cliente?
8. ¿Se realizó un registro para medir la Atención en el servicio brindada a los clientes?

- **Etapa IV.- Satisfacción del cliente.**

1. ¿Se realizaron Encuestas de satisfacción del cliente al finalizar la entrega de cada casa?
2. ¿Se realizó un Resumen financiero del proyecto?
3. ¿Se realizó un Resumen de ejecución del programa y del presupuesto al finalizar el proyecto?
4. ¿Se realizó un Reporte final de calidad de todo el proyecto?
5. ¿Se realizó un Resumen final de incidencias que ocurrieron durante la ejecución del proyecto?
6. ¿Se realizó el Cierre de contratos, pólizas y garantías formalizadas en el proyecto?
7. ¿Se realizó un Reporte de inconformidades en el diseño y se hicieron las correcciones oficiales en su caso?

### 4.2.3 Resultados por empresa.

El formato usado durante la entrevista realizada a cada proyecto se encuentra en ANEXO 2. Abajo se muestra una tabla con el resultado con cada proyecto.

#### Proyecto 1

Empresa: CONDOCASA

Nombre del proyecto: Desarrollo Miralta

Características: Desarrollo de 80 viviendas de tipo residencial de 236 m<sup>2</sup> de construcción, a base de block tradicional y losa de vigueta y bovedilla.

<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	Se elabora un conjunto de planos (Estructural, arquitectónico, cimentación, instalaciones, urbanización, lotificación, rasantes)
2. Ingeniería del proyecto	Se elabora un conjunto de entregables ( Memoria de cálculo, estructurales, cimentaciones, hidrosanitarios, gas)
3. Programa de obra	Se tiene por cada vivienda 21 semana.
4. Presupuesto	Se realiza el presupuesto por cada vivienda
5. Plan de ventas	Se tiene plan de ventas, pero no de promoción, ni de publicidad.
6. Estudio de mercado	No se tiene un documento de estudio de mercado, solo un informe de inicio del proyecto realizado a grandes rasgos.
7. Permisos y trámites	Se tienen todos los permisos (impacto ambiental, construcción, urbanización)
8. Factibilidad técnica	Se hacen estudios dependiendo de cada proyecto, en este caso se hizo el de mecánica de suelos e hidrológico.
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	Se realizó de acuerdo al programa de 21 semanas por casa.
2. Presupuesto ejercido	Se lleva un control de presupuesto ejercido, en este proyecto se permiten aditivas a cada vivienda. Se ejerció un 4.5% por vivienda promedio
3. Ocurrencia de incidencias	No tienen un registro de los accidentes, solo de los cambios en cada proyecto
4. Auditorias de calidad	Se realiza un reporte semanal
5. Flujo de efectivo	Se tiene un control de erogaciones, y se realiza un refinanciamiento con otros contratos.
6. Seguimiento a proveedores	No se tiene un evaluación de proveedores, construcción lleva directamente la recepción de los materiales.
7. Estado de los contratos	Se realiza un control semanal de avance para pago de estimación. Se controla además, calidad y aditivas al proyecto.

*SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS USANDO INDICADORES CLAVE*

8. Impacto al medio ambiente	No se realiza. Solo se concretan a no rebasar lo permitido.
------------------------------	---

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>
----------------------------------

1. Promoción de ventas	Se realizó y en función de la promoción, el departamento de ventas es quién indica el inicio de la construcción de cada vivienda.
2. Ventas realizadas	Se vendió la totalidad de las casa construidas
3. Ingreso por cobranza	No se da un seguimiento día a día, pero si se controla el ingreso y las fechas cuando se realiza.
4. Seguimiento posventa a clientes	Se realiza una encuesta de entrega
5. Garantías ejercidas	Se realizan todas las garantías solicitadas y se controla el tiempo para la corrección.
6. Efectividad del vendedor	Se maneja un índice de ventas por cada vendedor.
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	Se tienen controlado el proceso del tiempo de escrituración a partir de la cobranza.
8. Atención en el servicio	Se tiene un índice de satisfacción por vivienda, pero no de satisfacción del cliente.

<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>
--

1. Encuestas de satisfacción del cliente	Se realizó al 100%
2. Resumen financiero	Se realizó al 100%
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	Si se realizó
4. Reporte final de calidad	Se realizó un reporte de cumplimiento de normas.
5. Resumen final de incidencias	No se realiza
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	Se realizó el cierre de todos los contratos.
7. Reporte de inconformidades en el diseño	No se realiza a los proyectos, solo en cada caso particular.

## Proyecto 2

Empresa: VIDUSA

Nombre del proyecto: Desarrollo Almería

Características: Desarrollo de 54 viviendas de tipo medio-alto de 208 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional y con cubierta prefabricada.

<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	Se elabora un conjunto de planos (Plantas, elevaciones, cortes, cimentación, arquitectura, diseño, desplante, instalaciones)
2. Ingeniería del proyecto	Se elabora un conjunto de entregables ( Memoria de cálculo, estructurales, especiales)
3. Programa de obra	Proyecto para 36 semanas
4. Presupuesto	Se tiene un presupuesto por casa
5. Plan de ventas	Se elabora con metas parciales.
6. Estudio de mercado	Se define con anticipación y se hacen modificaciones al diseño para incluir preferencias al mercado meta.
7. Permisos y trámites	Se realiza todos los permisos y trámites (Construcción, CFE, Agua y drenaje, Impacto ambiental)
8. Factibilidad técnica	Se hacen estudios dependiendo de cada proyecto, (Topografía, hidrología, mecánica de suelos para definir cimentación)
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	Se ejecutó en 40 semanas
2. Presupuesto ejercido	Se realiza de acuerdo a lo presupuestado.
3. Ocurrencia de incidencias	Se hace un reporte semanal, incluyendo calidad.
4. Auditorias de calidad	Reportado con incidencias.
5. Flujo de efectivo	Se realiza de acuerdo a lo presupuestado.
6. Seguimiento a proveedores	Compras monitorea el desempeño en el suministro en función de tiempo de entrega, costo y calidad
7. Estado de los contratos	No se tiene un control del estado de cada contrato, solo la supervisión se encarga de asegurar los trabajos realizados.
8. Impacto al medio ambiente	No se realiza una medición, solo se solicitan los permisos.

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	
1. Promoción de ventas	Se ejerce el presupuesto planeado y se prorratea entre todos los desarrollos
2. Ventas realizadas	Se vendieron todas las casas.
3. Ingreso por cobranza	Se realiza un control de tiempo entre ventas formalizadas y no formalizadas
4. Seguimiento posventa a clientes	Se tiene un Call-Center para recepción de solicitudes y se asigna un folio, con el cual se da seguimiento hasta el cierre.
5. Garantías ejercidas	Todas las garantías se cumplen. Se asigna un presupuesto por garantía como porcentaje del costo y se controla en promedio por vivienda.
6. Efectividad del vendedor	Se tiene un esquema de medición por metas para evaluar a cada vendedor.
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	Se tiene un esquema estandarizado de cobranza a partir de la escrituración.
8. Atención en el servicio	Se realiza en función del trabajo del Call-Center .
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	Se tiene encuesta de entrega de casa y de cierre de folio por garantía, pero no se tiene un reporte de todas las encuestas realizadas.
2. Resumen financiero	Se realiza y se asocia con las garantías ejercidas
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	Se hace un cierre por proyecto, pero no se realiza una retroalimentación a toda la compañía.
4. Reporte final de calidad	Se tiene un reporte anual de todos los desarrollo.
5. Resumen final de incidencias	Se hace anualmente como reporte para el IMSS
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	Se hace desde contratos generales, ya que no hubo contratos individuales para este proyecto.
7. Reporte de inconformidades en el diseño	Si se realiza algún cambio al proyecto que impacte a presupuesto, está sujeto a autorización.

**Proyecto 3.** (los datos reales fueron modificados por petición de la empresa)

Empresa: Desarrollo vivienda social

Nombre del proyecto: Desarrollo social

Características: Desarrollo de 700 viviendas de tipo social, con construcción de 48 a 55 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional, con losa de cimentación y losa de azotea aligerada.

<b>Etapas I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	Se tiene estandarizado un paquete de 70 documentos por desarrollo
2. Ingeniería del proyecto	Estructurales, agua potable, pluviales, electrificación, condiciones del suelo, urbanización, vialidades
3. Programa de obra	Se incluyen elementos de urbanización, además de las casas.
4. Presupuesto	Se realiza ya que es el instrumento de control más usado.
5. Plan de ventas	Si se realiza un estudio completo
6. Estudio de mercado	Se realiza en función comercial
7. Permisos y trámites	Todos los permisos municipales, CFE, CNA, estatales, telefonía y cable.
8. Factibilidad técnica	De acuerdo a la zona, se realiza el estudio necesario, en el desarrollo, se hizo para el tipo de suelo.
<b>Etapas II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	Se realiza el proyecto de acuerdo a programa con variación del 10%
2. Presupuesto ejercido	Se contrata a precio alzado
3. Ocurrencia de incidencias	No se reporta ya que es responsabilidad del contratista. Se es solidario con el contratista
4. Auditorias de calidad	Reportes semanales con equipo independiente al que ejecuta.
5. Flujo de efectivo	Se lleva un control estricto por proyecto. Se puede apalancar con otros proyectos
6. Seguimiento a proveedores	Se realiza negociación con proveedores, se hacen convenios institucionales con materiales importantes (80-20)
7. Estado de los contratos	Se realiza un seguimiento semanal de los contratos, en términos de calidad y avance financiero
8. Impacto al medio ambiente	No se mide en obra. Solo se tiene un convenio de recolección de sobrante de poliuretano con el fabricante.

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	
1. Promoción de ventas	Se tienen dos departamentos Mercadotecnia y Comercialización quienes ejecutan toda la promoción de ventas.
2. Ventas realizadas	Se tiene ventas del 100%
3. Ingreso por cobranza	Se da seguimiento estricto a todo el proceso de Vender-Titulación-Cobrar
4. Seguimiento posventa a clientes	Se tiene un Call-Center para dar el servicio posventa y se da seguimiento a todo llamada.
5. Garantías ejercidas	A partir de la entrega empieza la vigencia de la garantía y se dé un seguimiento a todas las solicitudes.
6. Efectividad del vendedor	Se lleva un record de productividad por vendedor.
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	Control de acuerdo a Ventas-Titulación-Cobrar
8. Atención en el servicio	Se lleva una medición final, responsabilidad del Call-Center
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	Reporte de análisis al término de cada proyecto, ha impactado en prácticas futuras.
2. Resumen financiero	Se realiza un resumen final de control financiero por unidad de venta y global.
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	Se realiza por ciclos productivos por área de trabajo.
4. Reporte final de calidad	Reportes acumulados y corte anualizado. Cambio a proveedores y de procesos.
5. Resumen final de incidencias	No hay un reporte, pero se realiza un control en cada incidencia que ocurre.
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	Todo contrato se finiquita.
7. Reporte de inconformidades en el diseño	Se hace una alineación a normas y si el cambio es benéfico al proyecto, se institucionaliza para prácticas futuras.



**Proyecto 4.**

Empresa: AGORA

Nombre del proyecto: Paseo del Vergel

Características: Desarrollo de viviendas de tipo medio-alto de 183 a195 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional, incluye proyectos especiales, de acuerdo a lo solicitado por el cliente.

<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	Proyecto ejecutivo, planos individuales por cas tipo y proyectos especiales
2. Ingeniería del proyecto	Diseño estructuras, eléctrico, hidráulico y sanitario.
3. Programa de obra	Se realiza con anticipación, basado en datos históricos. Se toma de referencia solamente. Una casa debe terminarse en 3 meses
4. Presupuesto	Hay un presupuesto para cada producto del proyecto
5. Plan de ventas	Si se elabora
6. Estudio de mercado	Si se realizó
7. Permisos y trámites	Se realizaron todos los trámites y permisos
8. Factibilidad técnica	Se realizó estudio hidrológico, topográfico y ambiental
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	Se tuvo un retraso de un año en todo el proyecto.
2. Presupuesto ejercido	Se ejerce de acuerdo a lo presupuestado, ya que se acuerda con contratistas.
3. Ocurrencia de incidencias	Se lleva bitácora de obra, donde se reporta cualquier incidencia.
4. Auditorias de calidad	No se hacen. Solo se realiza la entrega a satisfacción del cliente.
5. Flujo de efectivo	No se tiene un control financiero por proyecto, se maneja toda la empresa con un mismo flujo.
6. Seguimiento a proveedores	No se le da un seguimiento individual, solo se revisa por obra terminada.
7. Estado de los contratos	Se realiza de acuerdo al avance, con la finalidad de realizar pagos.
8. Impacto al medio ambiente	No se lleva el control

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	
1. Promoción de ventas	Si se realizó de acuerdo a lo programado.
2. Ventas realizadas	Se vendió el 100% de las casas.
3. Ingreso por cobranza	Se tiene el control por vivienda.
4. Seguimiento posventa a clientes	Se tiene una página de acceso por cliente en internet y se puede dar seguimiento a todo el proceso de posventa.
5. Garantías ejercidas	Se cumplió con el 100% de todas las garantías solicitadas. Se ha otorga incluso fuera del tiempo permitido en la garantía.
6. Efectividad del vendedor	Se realiza en base a comisiones.
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	Se realiza la firma y entrega para poder cobrar y a partir de ahí son 45 días para escrituras
8. Atención en el servicio	Se realiza una encuesta del servicio realizado durante las etapas de la venta y posventa.
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	Se elabora un resumen de las encuestas y se da retroalimentación al área correspondiente.
2. Resumen financiero	No se tiene un instrumento formal para conocer el estado final del desarrollo.
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	No se elabora
4. Reporte final de calidad	Se elabora solo en función de las garantías ejercidas.
5. Resumen final de incidencias	No se tiene un instrumento formal para conocer el estado final del desarrollo.
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	Todo contrato se cierra formalmente.
7. Reporte de inconformidades en el diseño	Se realizan cambios en las viviendas y se actualizan planos. Se elabora recomendaciones para proyectos futuros.

## Proyecto 5

Empresa: Tu Casa Desarrollos

Nombre del proyecto: Villas del Carrizalejo

Características: Desarrollo de 4 viviendas de tipo especial de 40 y 50 m<sup>2</sup> de construcción, de mampostería tradicional. Solo se incluyen 3 viviendas y la casa muestra, en la etapa inicial de desarrollo.

<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	Se realizaron todos los planes requeridos,
2. Ingeniería del proyecto	Es requisito para el sector tener cumplir los requerimiento de ingeniería
3. Programa de obra	El programa debe cumplirse en 5 semanas
4. Presupuesto	Se cotizó a precio alzado
5. Plan de ventas	No se tenía plan de ventas, ya que era el inicio.
6. Estudio de mercado	Se dirigió a trabajadores de maquiladora, que adquieren con el apoyo de INFONAVIT
7. Permisos y trámites	Permisos de construcción, prediales
8. Factibilidad técnica	No fue necesario para estas casa, por ser el inicio del desarrollo.
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	Se ejecutó en 7 semanas
2. Presupuesto ejercido	Al ser a precio alzado, se ejerció al 100%
3. Ocurrencia de incidencias	Reportes informales, se evita reportar incidentes
4. Auditorias de calidad	Supervisión interna. INFONAVIT lo realiza para entrega.
5. Flujo de efectivo	Se financió con capital propio, se pagaba por avance de acuerdo a estimación.
6. Seguimiento a proveedores	Se dio seguimiento a todos los proveedores
7. Estado de los contratos	Se realiza en rejas, ventanera, decorador y suministros de block y acero
8. Impacto al medio ambiente	No se midió, pero se trabaja con Eco-tecnologías, por especificación de INFONAVIT

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	
1. Promoción de ventas	Se tienen puntos de venta, en el desarrollo y otro seleccionado estratégicamente.
2. Ventas realizadas	Si se realizó, todas se vendieron
3. Ingreso por cobranza	Se realizó
4. Seguimiento posventa a clientes	No se realiza. Solo un protocolo en la entrega
5. Garantías ejercidas	Todas las garantías se atienden. En estas 4 casa, no hubo garantías pedidas.
6. Efectividad del vendedor	Se realiza
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	Se lleva el control, como un seguimiento dentro del proceso de INFOAVIT
8. Atención en el servicio	Se lleva al cabo un indicador de servicio de la empresa, es general
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	Solo de evaluación de área comercial
2. Resumen financiero	Se realizó
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	Se realizó comparación con el programa.
4. Reporte final de calidad	Solo de estudios de materiales. Se entrega una carta de cumplimiento de especificaciones.
5. Resumen final de incidencias	No hubo incidencias.
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	Se cierran todos los contratos al entregar una casa, solo se dejan abiertas las garantías al cliente, solo por tiempo limitado.
7. Reporte de inconformidades en el diseño	Estos proyectos no se acostumbra cambiar, en caso de que sea necesario, INFONAVIT obliga a registrarlo.

#### **4.2.4 Resumen de las entrevistas realizas.**

Se realizó un resumen con las respuestas obtenidas, usando el Tablero Maestro de Control de Proyectos, donde se muestra una cantidad de trabajo realizada en cada Indicador de Control, el cual fue consensuado con la persona que se estaba entrevistando.

El valor asignado a cada indicador de control es un valor codificado (entre 0 y1). Siendo 0, para un Indicador donde no se hubiera realizado actividad alguna y 1, para un Indicado donde se realizó la actividad completa. Cuando se tenían cantidad de trabajo parciales, se asignó un valor proporcional al trabajo realizado.

SISTEMA DE CONTROL DE PROYECTOS USANDO INDICADORES CLAVE

La investigación que se realizó está en función de los proyectos ya terminados, es de interés la cantidad de trabajo realizada, ya que se desea saber si los elementos de control son utilizados en forma cotidiana por las empresas, con esto se valida la utilidad de los Indicadores.

El formato de tabla mostrado, sería también una propuesta para una empresa que maneja proyectos múltiples, de cómo se puede tener un tablero integral de control para proyectos múltiples. En la tabla 9 podemos observar en la columna final, en color verde, el *Indicador de Avance Parcial (IAP)*, en este caso indica la cantidad total de trabajo realizado en el proyecto, respecto al trabajo total que indica el modelo propuesto. Podemos observar que

**Tabla 9. Tablero maestro de indicadores de avance de proyectos analizados (IAP)**

Proyecto	Empresa	Etapa I								Etapa II								Etapa III								Etapa IV								Índice de Avance Parcial				
		1. Proyecto arquitectónico	2. Ingeniería del proyecto	3. Programa de obra	4. Presupuesto	5. Plan de ventas	6. Estudio de mercado	7. Permisos y trámites	8. Factibilidad técnica	1. Avance real del programa	2. Presupuesto ejercido	3. Ocurrencia de incidencias	4. Auditorías de calidad	5. Flujo de efectivo	6. Seguimiento a proveedores	7. Estado de los contratos	8. Impacto al medio ambiente	1. Promoción de ventas	2. Ventas realizadas	3. Ingreso por cobranza	4. Seguimiento posventa a clientes	5. Garantías ejercidas	6. Efectividad del vendedor	7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	8. Atención en el servicio	1. Encuestas de satisfacción del cliente	2. Resumen financiero	3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	4. Reporte final de calidad	5. Resumen final de incidencias	6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	7. Reporte de inconformidades en el diseño						
		27%	11%	15%	11%	17%	10%	14%	11%	12%	30%	21%	19%	7%	12%	15%	10%	11%	6%	24%	11%	18%	17%	11%	8%	11%	15%	10%	18%	16%	16%	13%	18%	11%	13%	12%		
Desarrollo Miralta	CONDOCASA (Miralta)	85%	1	1	1	1	0.5	0.3	1	1	84%	1	1.05	1	1	1	0.7	0.3	0	90%	1	1	0.7	1	1	1	1	0.5	71%	1	1	1	0.7	0	1	0	84%	
Desarrollo Almería	VIDUSA (Almería 54)	93%	1	1	1	1	1	0.5	1	1	81%	1	1	0.7	0.7	1	1	0.3	0	90%	1	1	1	1	1	1	1	0	74%	0.5	1	0.5	0.7	0.5	1	1	85%	
Desarrollo social	Desarrollo de Vivienda Social	100%	1	1	1	1	1	1	1	1	91%	1	1	0.4	1	1	1	0.8	1	0.5	100%	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	1	0.8	0.9	1	0.5	1	1	95%
Paseo del Vergel	AGORA	100%	1	1	1	1	1	1	1	1	67%	1	1	1	0	0.5	0.5	0.7	0	100%	1	1	1	1	1	1	1	1	67%	1	1	0	0.5	0	1	1	84%	
Villas del Carrizalejo	Tu Casa Desarrollos	90%	1	1	1	1	0	1	1	1	97%	1.4	1	0.7	0.7	1	1	1	0	89%	1	1	1	0	1	1	1	1	59%	0	1	1	0.5	0.7	1	0	86%	
		0%									0%									0%									0%								0%	

### 4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Podemos observar que, al aplicar la encuesta del modelo integral de control de proyectos, las ejecuciones están entre el 84% y 95%. El que un proyecto no llegara al 100% no indica que proyecto no se terminó, sino que hubo actividades que de haberse realizado hubieran contribuido a un mejor resultado en los resultados del proyecto.

**Tabla 10. Resumen de las actividades de control realizadas por proyecto.**

	<b>Indicadores que sí realizan (1)</b>	<b>Indicadores que realizan parcialmente(&lt;1)</b>	<b>Indicadores que no realizan (0)</b>	<b>Total</b>
<b>Proyecto 1</b>	20	8	3	31
<b>Proyecto 2</b>	21	8	2	31
<b>Proyecto 3</b>	25	6	0	31
<b>Proyecto 4</b>	23	4	4	31
<b>Proyecto 5</b>	21	5	5	31
<b>Global</b>	110	31	14	155

Existen Indicadores de Control que todas las empresas lo ejecutan, de la misma forma que existen algunos de ellos que no se llevan a cabo. Los indicadores de avance parcial, podemos decir, que los llevan al cabo de la manera como lo estamos planteando, sin embargo, ellos si realizan una actividad parecida o relacionada. En la tabla 10 se muestra el resumen de éstas actividades.

#### 4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

Nuestro propósito en este capítulo es validar el modelo propuesto. Para ello podemos concluir en las encuestas realizadas:

- Todos los proyectos analizados, son considerados proyectos que alcanzaron los objetivos asignados por la empresa.
- Todas las empresas realizan las actividades de control como las estamos proponiendo, aquellas donde observamos un 1, el 71% de los indicadores de control son realizados de la misma forma como se propone y de manera similar. Individualmente el porcentaje de aplicación está entre el 65% y el 81%.
- Las actividades que se encuentran haciendo de manera similar ascienda al 20%, una oportunidad de mejora directa en cuanto a lo que hacen. Individualmente entre el 13% y el 26%
- Los Indicadores de control que tienen un cero son el 9%, significa que esas actividades no se llevan a cabo. Significa la oportunidad de la empresa de agregar actividades de control en el proyecto que agregan valor. En forma individual este valor está entre el 0% y el 16%.
- No se observa ningún indicador que las empresas no lleven al cabo. Solo podemos observar el indicador  $IC_{2,8}$ : Impacto al medio ambiente, el cual solo una empresa se encuentra haciendo trabajos relativos. Lo que la mayoría expresó, es que solo realizan el trámite de permiso de impacto ambiental, sin embargo, esto ya está considerado en el Indicador  $IC_{1,7}$ . La explicación a esta observación es que el modelo debe servir para la mejora continua, el cual, es uno de los propósitos de la tesis.
- El Sistema de control propuesto, de haberse usado durante la ejecución, mostraría los valores conforme se estuvieran actualizado, mostrando en ese tiempo su estado, permitiendo tomar decisiones para la mejora y esto ayudaría a incrementar los objetivos del proyecto.

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES DE LA TESIS.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presenta investigación, se concluye con respecto a la hipótesis planteada:

### **Hipótesis:**

Un sistema de control integrado basado en indicadores clave contribuye de forma significativa en la obtención de los objetivos de un proyecto de construcción.

- Podemos inferir al aplicar el sistema de control de proyectos de construcción en proyectos ya terminados y que lograron sus objetivos, que el modelo contribuye a la obtención de objetivos del proyecto.
- El modelo muestra una estructura al organizar todas las actividades de control de un proyecto de una manera lógica y confiable en una ecuación.
- Al estructurar el proyecto y actualizarlo periódicamente, involucra a todos en la empresa.
- Se muestra un valor único del avance y terminación del proyecto, lo que permite tener un instrumento fácil de entender que ayuda a tomar decisiones.
- Se muestran avances por etapa, indicando en cual se ha realizado más trabajo y en un tiempo específico permite conocer el avance parcial de cada etapa y uno global.
- Se tiene un Tablero Maestro de Control de proyectos que, al actualizarlo constantemente, muestra información útil para la toma de decisiones y transparenta la información en toda la empresa.
- El uso de la tecnología para la captura de los datos depende del software que cada empresa usa, en este caso solo lo ilustramos con el uso del software Excel.



## **5.1 RECOMENDACIONES**

Se puede extender los beneficios obtenidos por la presente tesis, referente a aplicación del Sistema de Control de Proyectos.

- Desarrollar un sistema completo de trazabilidad en empresas constructoras, que ayude identificar el origen de todos los materiales, equipos, turnos de trabajo y condiciones bajo las cuales se desarrolló la construcción.
- Crear un sistema de captura de datos para tabletas que se conecten al software de la empresa y así, actualizar a tiempo real el estado del proyecto.
- Realizar un estudio de control estadístico para los diferentes elementos dentro del modelo matemático.

## **5.2 PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS.**

Presentados:

- DESARROLLO DE UN ÍNDICE PARA EL CONTROL DE AVANCE DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DURANTE SU CICLO DE VIDA. Autores: **Caballero, Alberto; García, Salvador; Cremades, Lázaro**. Presentado en SIBRAGILEC/ELAGEC 2015, Sao Carlos, Brasil, 7-9 octubre 2015.

En elaboración:

- ELABORACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. Autores: **Caballero, Alberto; García, Salvador; Cremades, Lázaro**.
- ESTUDIO DE INDICADORES Y MÉTODOS COMPUTACIONALES PARA EL CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. Autores: **Caballero, Alberto; García, Salvador; Cremades, Lázaro**.

## BIBLIOGRAFÍA

- ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**. Vol. 17:6, pp. 337-342. 1999.
- CHAN, A.; CHAN, ADA. Key performance indicators for measuring construction success. **Benchmarking: An International Journal**. Vol. 11 No. 2, pp. 203-221. 2004.
- CHENG, M., PENG, H., Y CHEN, T., Estimate at completion for construction projects using evolutionary support vector machine inference model. **Automation in Construction** Vol. 19 pp. 619-629. 2010.
- CHECKLAND, P. Four conditions for serious systems thinking and action. **Systems Research and Behavioral Science Syst. Res.** Vol. 29 No. 5, 465–469. 2012.
- COSTA, D., FORMOSO, C., KAGIOGLOU, M., ALARCÓN, L. Y CALDAS, C., Benchmarking initiatives in the construction industry: lessons learned and improvement opportunities. **Journal of Management in Engineering**, Vol. 22, No. 4, No.4 pp.158–167. 2006.
- DE WITT, A. Measurement of project success. **Project Management**, Vol. 6 No 3, pp.164-170. 1988.
- DEMING, E. **La Salida de la Crisis**: Calidad, Productividad y Posición Competitiva. 1982. Diez de Santos. Madrid, Esp. 1989
- ELDIN, N. Management of engineering/design phase. **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 117:1, pp.163-175. 1991.
- ELDIN, N. Measurement of work progress: quantitative technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 115, No. 3, pp. 462-474. 1989.
- GARZA, M. **Modelo de Indicadores de Calidad en el Ciclo de Vida de Proyectos Inmobiliarios**. Tesis (Doctorado en Ingeniería de Proyectos ETSEIB), UPC, Barcelona. 2006.
- GOMEZ-SENENT, E. y CAPUZ, S. **El Proyecto y su Dirección y Gestión**: Ingeniería de Proyectos. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones. Valencia Esp. 1999.
- GONGBO LIN, G. y SHEN, Q., Measuring the performance of value management studies in construction: critical review. **Journal of Management in Engineering**, Vol. 23, No. 1, 2007.
- HWANG, B., ZHAO, X. Review of global performance measurement and benchmarking initiatives. **International Journal of Construction Management**. Vol. 15. No. 4, 265-275, 2015
- HEREDIA, J. A. **Sistema de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos**. Publicaciones de la Universitat Jaume I, Castellón Esp. 2001.

- HORTA, I.; CAMANHO, A.; y MOREIRA, J. Performance assessment of construction companies integrating key performance indicators and data envelopment analysis. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 136:5, pp-581-594. 2010.
- KIM, S. Project success indicators focusing on residential projects: Are schedule performance index and cost performance index accurate measures in earned value? 2009. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vol. 36, pp. 1700–1710
- LEWIS, J. P. **Mastering Project Management: Applying Advanced Concepts to Systems Thinking, Control & Evaluation, Resource Allocation**. McGraw-Hill. Segunda Edición. USA 2007
- LIN, G.; QIPING SHEN, G.; SUN, M.; KELLY, J. Identification of key performance indicators for measuring the performance of value management studies in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 137:3, pp. 698-706. 2011.
- MAUBOUSSIN, M. The true measures for success. 2012. **Harvard Business Review** Oct. 2012, pp.246-256
- RAMOS, M. A. **Modelo de Gestión Integral de Proyectos de Construcción de Vivienda en México**. Tesis (Doctorado en Ingeniería de Proyectos ETSEIB) - Universitat Politecnica de Catalunya. Barcelona. 2011
- SERER, M. **Gestión Integrada de Proyectos**. Ediciones Universitat Politecnica de Catalunya UPC. Barcelona Esp. 2001
- SHEWART, W. **Economic Control of Quality of Manufactured Product**. 1931, Quality Press ASQ. Edición de 50 Aniversario, USA 1980
- SOURANI, A.; SOHAIL, M. The Delphi Method: Review and use in construction management research. **International Journal of Construction Education and Research**. 00:1-23. 2014.
- TOMPKINS, J.; WHITE, J. BOZER, Y. y THANCHOCO, J., **Facilites Planning**. 2010, John Wiley and Sons. 4th Ed. USA 2010
- YEUNG, J.; CHAN, A.; CHAN, D. Development of a partnering performance index (PPI) for construction projects in Hong Kong: a Delphi study. 2007. **Construction Management an Economist**, Vol. 25, pp 1219-1237, 2007
- YIN, R., **Case Study Research: Design and Methods**, 2009, SAGE Publications 4a. Ed. USA 2009

## ANEXO 1. ENCUESTAS PARA DESARROLLAR EL MODELO DE CONTROL.

Cuestionarios usados durante el Método Delphi para la realización del modelo matemático del Indicador de Avance Parcial para proyectos.

**Cuestionario 1.** Para conocer las variables en el modelo.

### **Generación y selección de indicadores por etapa del ciclo de vida del proyecto.**

En la lista de abajo se muestran los indicadores para el control de avance de proyectos, los cuales, están clasificados de acuerdo a la etapa del ciclo de vida del proyecto. Seleccione el indicador que debe revisarse en la reunión de avance periódico y en caso de existir otro que usted utilice y que no se encuentre en la lista, anotarlo en el espacio correspondiente.

1.- ¿Cuáles son los indicadores que se deben revisar en la reunión de avance periódico de un proyecto que se encuentra en la Etapa I- Diseño/Ingeniería?

- Proyecto arquitectónico.
- Ingeniería del proyecto.
- Elaboración del programa de obra.
- Elaboración del Presupuesto.
- Elaboración del plan de ventas.

Si falta alguno(s) que usted revise, favor de anotarlo(s). \_\_\_\_\_

2.- ¿Cuáles son los indicadores que se deben revisar en la reunión de avance periódico de un proyecto que se encuentra en la Etapa II- Ejecución/Construcción?

- Avance real del programa del proyecto
- Avance real del presupuesto del proyecto
- Reporte de Ocurrencia de incidencias (reportes de seguridad, accidentes, clima, etc.)
- Realización de Auditorías de calidad.
- Seguimiento al Flujo de efectivo.

Si falta alguno(s) que usted revise, favor de anotarlo(s). \_\_\_\_\_

3.- ¿Cuáles son los indicadores que se deben revisar en la reunión de avance periódico de un proyecto que se encuentra en la Etapa III- Venta/Entrega?

- Promoción de venta ejercida.
- Ventas realizadas.
- Ingreso por cobranza.
- Seguimiento posventa a clientes.
- Garantías que se han hecho válidas.

Si falta alguno(s) que usted revise, favor de anotarlo(s). \_\_\_\_\_

4.- ¿Cuáles son los indicadores que se deben revisar en la reunión de avance periódico de un proyecto que se encuentra en la Etapa IV-Satisfacción del cliente?

- La realización de las encuestas de satisfacción del cliente.
- Elaboración del resumen financiero.
- Elaboración del resumen de ejecución del programa y del presupuesto.
- Elaboración del reporte final de calidad.
- Elaboración de un resumen final de incidencias.

Si falta alguno(s) que usted revise, favor de anotarlos). \_\_\_\_\_

Comentarios:

**Cuestionario 2.** Para conocer cuáles son los Indicadores de control que consideran se deben usar y su importancia en el éxito del proyecto.

**Elaboración de un Sistema de Control Integrado de Proyectos basado en Indicadores**

Datos personales (serán manejados confidencialmente)

Nombre: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Años de egresado: \_\_\_\_\_

Experiencia en área de Vivienda: \_\_\_\_\_

Número de proyectos (estimado) en los que ha participado: \_\_\_\_\_

Número de proyectos en los que ha participado como responsable: \_\_\_\_\_

Evaluación de indicadores por etapa del ciclo de vida del proyecto.

**¿Cuáles son los indicadores de control que se deben revisar en la reunión periódica de avance de un proyecto?**

En la lista de abajo se muestran los indicadores clave (IC) para el control de proyectos clasificados de acuerdo a la etapa de avance en la que se encuentra el proyecto.

Califique que tan importante es revisar el indicador mostrado en una reunión periódica, con el propósito de controlar el proyecto y conocer su avance real.

**I. Para conocer el avance real y controlar un proyecto que se encuentra en la Etapa**

**I.- Diseño/Ingeniería de su ciclo de vida:**

1. ¿Qué tan importante es revisar el avance del Proyecto arquitectónico?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

2. ¿Qué tan importante es revisar el avance de la Ingeniería del proyecto?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

3. ¿Qué tan importante es revisar la elaboración del programa de obra?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

4. ¿Qué tan importante es revisar la elaboración del Presupuesto?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

5. ¿Qué tan importante es revisar la elaboración del plan de ventas?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

6. ¿Qué tan importante es revisar la elaboración de un estudio de mercado?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

7. ¿Qué tan importante es revisar la realización de trámites, permisos, etc.?

<i>Poco importante</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>Extremadamente importante</i>
------------------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------

Comentarios (agregarías algún Indicador de Control):

**II. Para conocer el avance real y controlar un proyecto que se encuentra en la Etapa II.- Ejecución/Construcción de su ciclo de vida:**

1. ¿Qué tan importante es revisar el avance real del proyecto y compararlo contra el programa de obra?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

2. ¿Qué tan importante es revisar el presupuesto ejercido y compararlo contra el programado?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

3. ¿Qué tan importante es revisar la ocurrencia de incidencias (reportes de seguridad, accidentes, clima, etc.)?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

4. ¿Qué tan importante es realizar auditorías de calidad?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

5. ¿Qué tan importante es darle un seguimiento al flujo de efectivo?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

6. ¿Qué tan importante es dar un seguimiento a los proveedores?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

7. ¿Qué tan importante es verificar el estado de los contratos establecidos?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

8. ¿Qué tan importante es revisar periódicamente el Impacto ambiental del proyecto?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

Comentarios (agregarías algún Indicador de Control):



**III.- Para conocer el avance real y controlar un proyecto que se encuentra en la Etapa III.- Venta/Entrega de su ciclo de vida:**

1. ¿Qué tan importante es revisar la promoción de venta que se ha realizado?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

2. ¿Qué tan importante es revisar las ventas realizadas?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

3. ¿Qué tan importante es revisar el ingreso por cobranza?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

4. ¿Qué tan importante es revisar el seguimiento posventa a clientes?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

5. ¿Qué tan importante es revisar las garantías que se han hecho válidas?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

6. ¿Qué tan importante es verificar los tiempos de entrega de escrituración y cobranza?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

7. ¿Qué tan importante es verificar la efectividad del vendedor (el tiempo de venta por casa)?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

Comentarios (agregarías algún Indicador de Control):

**IV.- Para conocer el avance real y controlar un proyecto que se encuentra en la Etapa IV.- Satisfacción del cliente de su ciclo de vida:**

1. ¿Qué tan importante es revisar el avance en la realización de las encuestas de satisfacción del cliente?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

2. ¿Qué tan importante es realizar un resumen financiero por proyecto?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

3. ¿Qué tan importante es revisar el resumen de la ejecución del programa y del presupuesto?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

4. ¿Qué tan importante es revisar el reporte final de calidad?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

5. ¿Qué tan importante es revisar la elaboración de un resumen final de incidencias?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

6. ¿Qué tan importante es revisar el cierre de contratos, pólizas de fianzas, garantías, etc.?

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

7. ¿Qué tan importante es elaborar un reporte de las inconformidades en el diseño (¿Sugerencias de mejoras en el diseño por parte del cliente?)

*Poco importante*      1      2      3      4      5      6      7      *Extremadamente importante*

Comentarios (agregarías algún Indicador de Control):

**Cuestionario 3.** Para confirmar los Indicadores de control que consideran se deben usar y el peso que le asignarían al avance del proyecto.

### **Elaboración de un Sistema de Control Integrado de Proyectos basado en Indicadores**

Nombre: \_\_\_\_\_

Actividad principal: Director de obra, Administrador de proyecto, Director de proyecto

Ecuación estructural del avance de un proyecto.

**Construcción de las etapas del ciclo de vida de un proyecto.**

$$IP_i = FC_{i,1} \times IC_{i,1} + FC_{i,2} \times IC_{i,2} + FC_{i,3} \times IC_{i,3} + \dots + FC_{i,n} \times IC_{i,n}$$

Indique la contribución ( $FC_{i,j}$ ) de cada Indicador de control ( $IC_{i,j}$ ) para cada etapa al ciclo de vida de un proyecto, considerando que la suma de los indicadores en cada etapa  $i$  deberá ser 100.

Etapa I.- Diseño/Ingeniería

$$IP_1 = FC_{1,1}IC_{1,1} + FC_{1,2}IC_{1,2} + FC_{1,3}IC_{1,3} + FC_{1,4}IC_{1,4} + FC_{1,5}IC_{1,5} + FC_{1,6}IC_{1,6} + FC_{1,7}IC_{1,7} + FC_{1,8}IC_{1,8}$$

- 1  $FC_{1,4}$ - ¿Cuál es la contribución del Presupuesto a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 2  $FC_{1,6}$ - ¿Cuál es la contribución de un estudio de mercado a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 3  $FC_{1,7}$ - ¿Cuál es la contribución de tener permisos y trámites en la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 4  $FC_{1,2}$ - ¿Cuál es la contribución del Ingeniería del proyecto a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 5  $FC_{1,1}$ - ¿Cuál es la contribución del Proyecto arquitectónico a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 6  $FC_{1,5}$ - ¿Cuál es la contribución del plan de ventas a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 7  $FC_{1,3}$ - ¿Cuál es la contribución del programa de obra a la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_
- 8  $FC_{1,8}$ - ¿Cuál es la contribución factibilidad técnica en la Etapa de Diseño/Ingeniería? \_\_\_\_\_

S U M A: 100%

Etapa II.- Ejecución/Construcción

$$IP_2 = FC_{2,1}IC_{2,1} + FC_{2,2}IC_{2,2} + FC_{2,3}IC_{2,3} + FC_{2,4}IC_{2,4} + FC_{2,5}IC_{2,5} + FC_{2,6}IC_{2,6} + FC_{2,7}IC_{2,7} + FC_{2,8}IC_{2,8}$$

- 1  $FC_{2,2}$ - ¿Cuál es la contribución del presupuesto ejercido a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 2  $FC_{2,1}$ - ¿Cuál es la contribución del avance real del programa en la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 3  $FC_{2,5}$ - ¿Cuál es la contribución del seguimiento flujo de efectivo a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 4  $FC_{2,4}$ - ¿Cuál es la contribución de las auditorías de calidad a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 5  $FC_{2,6}$ - ¿Cuál es la contribución del seguimiento a proveedores a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 6  $FC_{2,7}$ - ¿Cuál es la contribución del estado de los contratos a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 7  $FC_{2,3}$ - ¿Cuál es la contribución de la ocurrencia de incidencias a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_
- 8  $FC_{2,8}$ - ¿Cuál es la contribución del impacto al medio ambiente a la Etapa de Ejecución/Construcción? \_\_\_\_\_

S U M A: 100%

Etapa III.- Venta/Entrega

$$IP_3 = FC_{3,1}IC_{3,1} + FC_{3,2}IC_{3,2} + FC_{3,3}IC_{3,3} + FC_{3,4}IC_{3,4} + FC_{3,5}IC_{3,5} + FC_{3,6}IC_{3,6} + FC_{3,7}IC_{3,7} + FC_{3,8}IC_{3,8}$$

- 1  $FC_{3,2}$ - ¿Cuál es la contribución de las ventas realizadas a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 2  $FC_{3,3}$ - ¿Cuál es la contribución del ingreso por cobranza a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 3  $FC_{3,6}$ - ¿Cuál es la contribución de la efectividad del vendedor a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 4  $FC_{3,1}$ - ¿Cuál es la contribución de la promoción de ventas a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 5  $FC_{3,4}$ - ¿Cuál es la contribución del seguimiento posventa a clientes a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 6  $FC_{3,7}$ - ¿Cuál es la contribución del tiempo de entrega de escrituración y cobranza a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 7  $FC_{3,5}$ - ¿Cuál es la contribución de las garantías ejercidas a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_
- 8  $FC_{3,8}$ - ¿Cuál es la contribución de la atención en el servicio a la Etapa de Venta/Entrega? \_\_\_\_\_

S U M A: 100%

Etapa IV.- Satisfacción del cliente

$$IP_4 = FC_{4,1}IC_{4,1} + FC_{4,2}IC_{4,2} + FC_{4,3}IC_{4,3} + FC_{4,4}IC_{4,4} + FC_{4,5}IC_{4,5} + FC_{4,6}IC_{4,6} + FC_{4,7}IC_{4,7}$$

- 1  $FC_{4,2}$ - ¿Cuál es la contribución del resumen financiero a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 2  $FC_{4,6}$ - ¿Cuál es la contribución del cierre de contratos, pólizas, garantías, etc., a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 3  $FC_{4,4}$ - ¿Cuál es la contribución del reporte final de calidad a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 4  $FC_{4,3}$ - ¿Cuál es la contribución del resumen de ejecución del programa y del presupuesto a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 5  $FC_{4,1}$ - ¿Cuál es la contribución de las encuestas de satisfacción del cliente a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 6  $FC_{4,7}$ - ¿Cuál es la contribución del reporte de inconformidades en el diseño (Sugerencias de mejora) a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_
- 7  $FC_{4,5}$ - ¿Cuál es la contribución del resumen final de incidencias a la Etapa de **Satisfacción del cliente**? \_\_\_\_\_

S U M A: 100%

**Cuestionario 1.** Para conocer la proporción que le asignarían a cada etapa del proyecto, con respecto al proyecto terminado.

**Elaboración de un Sistema de Control Integrado de Proyectos basado en Indicadores**

Datos personales (serán manejados confidencialmente)

Nombre: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Años de egresado: \_\_\_\_\_

Experiencia en área de Vivienda: \_\_\_\_\_

Número de proyectos (estimado) en los que ha participado: \_\_\_\_\_

Número de proyectos en los que ha participado como responsable: \_\_\_\_\_

**Ecuación estructural del avance de un proyecto.**

**Modelo general de avance de un proyecto.**

El modelo del ciclo de vida de un Proyecto está representado por la ecuación (1), la cual consiste en cuatro etapas y la suma de todas multiplicadas por su factor de contribución integra el ciclo de vida. El **Indicador de Avance del Proyecto (IAP)** muestra el estado actual del proyecto mediante el porcentaje de contribución de cada una de las etapas multiplicada por el avance real, conforme a su ejecución en el tiempo el tiempo.

$$IAP = FC_1 IP_1 + FC_2 IP_2 + FC_3 IP_3 + FC_4 IP_4 \quad \text{ec. (1)}$$

Donde,

- $IAP$  = Índice de Avance del Proyecto
- $FC_1$  = Factor de Contribución de la Etapa I.  
Diseño/Ingeniería/Planeación
- $IP_1$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa I.  
Diseño/Ingeniería/Planeación
- $FC_2$  = Factor de Contribución de la Etapa II.  
Ejecución/Construcción
- $IP_2$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa II.  
Ejecución/Construcción
- $FC_3$  = Factor de Contribución de la Etapa III.  
Venta/Entrega
- $IP_3$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa III.  
Venta/Entrega
- $FC_4$  = Factor de Contribución de la Etapa IV.  
Satisfacción del cliente
- $IP_4$  = Índice de Avance Parcial de la Etapa IV.  
Satisfacción del cliente

**Ecuación para el Control de Avance**

**Indicador de Avance del Proyecto (IAP):**

$$IAP = FC_1 IP_1 + FC_2 IP_2 + FC_3 IP_3 + FC_4 IP_4$$

donde,

$IAP$  = Índice de Avance del Proyecto

$FC_i$  = Factor de Contribución de la etapa  $i$

$IP_i$  = Índice de Avance Parcial de la etapa  $i$ . Donde:

$$\sum_{i=1}^4 IP_i = 100$$

Se le pide indicar la contribución de cada etapa al ciclo de vida de un proyecto (factores de contribución por etapa  $FC_i$ ), considerando que la suma de todas las etapas deberá ser 100%.

- ¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa I (Diseño/Construcción)? \_\_\_\_\_
- ¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa II (Ejecución/Construcción)? \_\_\_\_\_
- ¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa III (Venta/Entrega)? \_\_\_\_\_
- ¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa IV (Satisfacción del cliente)? \_\_\_\_\_

**S U M A: 100%**

**Questionario 2.** Para confirmar la proporción que le asignarían a cada etapa del proyecto, con respecto al proyecto terminado.

**Ecuación estructural del avance de un proyecto.**

**Modelo general de avance de un proyecto. Segunda encuesta.**

De acuerdo a los datos de la encuesta realizada el día 20 de febrero se obtuvieron los siguientes datos:

$$FC_1=24.6, \quad FC_2=31.2, \quad FC_3=25, \quad FC_4=19.2$$

La ecuación resultante es:

$$IAP = 24.6 IP_1 + 31.2 IP_2 + 25 IP_3 + 19.2 IP_4 \quad \text{ec. (1)}$$

Sabiendo el resultado de la encuesta anterior, ¿Qué factor de peso le otorgaría a cada etapa del ciclo de vida del proyecto?

Se le pide otorgar el factor de peso para conocer el avance de cada etapa al ciclo de vida de un proyecto (factores de contribución por etapa  $FC_i$ ), considerando que la suma de todas las etapas deberá ser 100%.

¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa I?	FC <sub>1</sub> = _____
¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa II?	FC <sub>2</sub> = _____
¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa III?	FC <sub>3</sub> = _____
¿Qué porcentaje del ciclo de vida del proyecto tiene la Etapa IV?	FC <sub>4</sub> = _____
<b>S U M A</b>	<b>100%</b>



## ANEXO 2. ENCUESTAS PARA VALIDAR EL MODELO.

Encuestas realizadas a cada los directores de proyecto de las empresas seccionadas. En cada elemento a investigar, se le preguntó, si realizaban la actividad y la forma de hacerlo. Las preguntas en cada uno de los Elementos de Control se encuentran en el Capítulo 4.

**Proyecto** \_\_\_\_\_

**Empresa:** \_\_\_\_\_

**Nombre del proyecto:** \_\_\_\_\_

**Características:** \_\_\_\_\_

<b>Etapa I.- Diseño/Ingeniería</b>	
1. Proyecto arquitectónico	
2. Ingeniería del proyecto	
3. Programa de obra	
4. Presupuesto	
5. Plan de ventas	
6. Estudio de mercado	
7. Permisos y trámites	
8. Factibilidad técnica	
<b>Etapa II.- Ejecución/Construcción</b>	
1. Avance real del programa	
2. Presupuesto ejercido	
3. Ocurrencia de incidencias	
4. Auditorias de calidad	
5. Flujo de efectivo	
6. Seguimiento a proveedores	
7. Estado de los contratos	
8. Impacto al medio ambiente	

<b>Etapa III.- Venta/Entrega</b>	
1. Promoción de ventas	
2. Ventas realizadas	
3. Ingreso por cobranza	
4. Seguimiento posventa a clientes	
5. Garantías ejercidas	
6. Efectividad del vendedor	
7. Tiempo de entrega de escrituración y cobranza	
8. Atención en el servicio	
<b>Etapa IV. Satisfacción del cliente.</b>	
1. Encuestas de satisfacción del cliente	
2. Resumen financiero	
3. Resumen de ejecución del programa y del presupuesto	
4. Reporte final de calidad	
5. Resumen final de incidencias	
6. Cierre de contratos, pólizas, garantías, etc	
7. Reporte de inconformidades en el diseño	