



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LA ETAPA DE
EJECUCIÓN DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ING.CIVIL – GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE LA CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A:

ARQ. LILIANA ASENET CISNEROS VELA

T U T O R:

DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

JULIO, 2011



JURADO ASIGNADO

Presidente: Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora

Secretario: M.I. Salvador Díaz Díaz

Vocal: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

1er. Suplente: Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez

2do. Suplente: Ing. Luis Fernando Zarate Rocha

Lugar dónde se realizó la tesis:
Universidad Nacional Autónoma de México
México, Distrito Federal.

Tutor de Tesis

Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

“Metodología para la Reducción de Pérdidas en la Etapa de Ejecución de un Proyecto de Construcción”

Arq. Liliana Asenet Cisneros Vela
Maestría en ingeniería con especialidad en construcción
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de ingeniería
Asesor: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

Con el más profundo agradecimiento:

A mi Padre:
Victorino Cisneros Almeida

Y

A mi Madre:
Myrna Estela Vela

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al CONACYT, Por la gran oportunidad de estudiar en esta institución de un nivel altamente competitivo.

A mi Tutor, el Dr. Jesús Hugo Meza Puesto por su invaluable apoyo y dedicación para la realización de este trabajo.

A mis Maestros, A cada uno de los maestros que con su dedicación y empeño transmiten sus conocimientos a nosotros los alumnos.

A mis Hermanos, León Felipe, Alhelí, Violeta y Azucena por su gran amor y apoyo incondicional.

A Sergio, Por su comprensión, apoyo y tolerancia en todo momento.

A mis Amigos, Por la comprensión y el apoyo en cada momento en el desarrollo de la maestría.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
▪ Justificación Económica	5
▪ Justificación Social	5
OBJETIVOS	6
▪ Generales	6
▪ Particulares	6
HIPÓTESIS	7
ALCANCES	8
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	9
1.1 <i>Lean Production</i>	9
1.1.1 Orígenes de <i>Lean Production</i>	9
1.1.2 El proceso de construcción según la filosofía tradicional	12
1.1.3 El proceso de construcción según la filosofía Lean	13
1.1.4 Principales diferencias entre los dos procesos	15
1.1.5 Elementos de <i>Lean Production</i>	17
1.1.5.1 Desperdicio	17
1.1.5.2 Valor en la construcción	18
1.1.5.3 Cadena de valor en la construcción	19
1.1.5.4 Sistema de producción “Jalar”	20
1.1.5.5 Modelo de conversiones y Flujo	20
1.1.5.6 Productividad	21
1.2 <i>Lean Construction</i>	22
1.2.1 Definición del <i>Lean Construction</i>	22
1.2.2 Principios del <i>Lean Construction</i>	23
1.2.3 Herramientas del <i>Lean Construction</i>	29
1.2.3.1 <i>JIT (Just in Time)</i>	29
1.2.3.2 <i>TQM (Total Quality Management)</i>	29

1.2.3.3 TPM (Total Productive Maintenance)	29
1.2.3.4 Mejora Continua	30
1.2.3.5 Benchmarking	30
1.2.3.6 Competencia basada en el tiempo	30
1.2.3.7 Ingeniería Concurrente	30
1.2.3.8 Reingeniería	31
1.2.4 Logística de Lean Construction	31
1.3 Pérdidas en la Construcción	33
1.3.1 Concepto de Pérdidas	33
1.3.2 Principales fuentes y causas de pérdidas en la construcción	34
1.3.3 Herramientas para el control de pérdidas	36
1.3.4 Herramientas estadísticas de la calidad que ayudan a la reducción de pérdidas	37
1.3.5 Herramientas administrativas de la calidad que ayudan a la reducción de pérdidas	37
1.4 Estado del Arte	39
CONCLUSIÓN CAPITULAR	42
CAPÍTULO II MÉTODO Y ANÁLISIS	43
2.1 Consideraciones Generales	43
2.2 Tipo de investigación	43
2.3 Descripción del Método	45
2.4 Datos generales	46
2.4.1 Universo o población	46
2.4.2 Tamaño de la muestra	47
2.5 Cuestionario por encuesta	49
2.5.1 El uso del cuestionario como herramienta	49
2.5.2 Características y diseño del cuestionario	49
2.5.3 Fundamento teórico	50
2.5.4 Aplicación del cuestionario	50
2.6 Conclusión Capitular	51
CAPÍTULO III ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	52
3.1 Técnica de recolección de datos	52
3.2 Análisis de resultados	53
3.2.1 Diagnóstico del grado de uso del sistema de construcción sin pérdidas	53

3.2.2 Control de pérdidas en proyectos de construcción.....	56
3.2.3 Excesos en los costos por falta de implementación	60
3.2.4 Utilidad de metodología para la reducción de pérdidas en la construcción	62
3.2.5 Implementación de la metodología	62
3.5 Conclusión Capitular	64
CAPÍTULO IV PROPUESTA METODOLÓGICA	65
4.1 Consideraciones generales para la propuesta metodológica	65
4.2 Diseño de la Propuesta Metodológica para la Reducción de Pérdidas en la Construcción.....	66
4.2.1 <i>Diagrama de flujo general</i> para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución	67
4.2.1.1 Descripción del diagrama de flujo de metodología general para reducción de pérdidas	68
4.2.2 Diagrama de flujo para <i>Inicio de Ejecución</i> de un proyecto de construcción	71
4.2.2.1 Descripción de componentes de diagrama de flujo para <i>Inicio de Ejecución</i>	72
4.2.3 Diagrama de flujo para <i>Desarrollo de Ejecución</i> de un proyecto de construcción	75
4.2.3.1 Descripción de componentes de diagrama <i>Desarrollo de Ejecución</i>	76
4.2.4 Diagrama de flujo para <i>Fin de Ejecución</i> en un proyecto de construcción.....	79
4.2.4.1 Descripción de componentes de diagrama de flujo para <i>Fin de Ejecución</i>	80
4.3 Por dónde empezar como empresa para el uso de la Metodología de reducción de pérdidas.	81
4.4 Como controlar la propuesta	82
4.5 Costo / Beneficio de la implementación Metodológica para la Reducción de Pérdidas	83
4.5.1 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en <i>Inicio de Ejecución</i>	84
4.5.2 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en <i>Desarrollo de Ejecución</i>	86
4.5.3 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en <i>Fin de Ejecución</i> (Mejora del Proceso)	87
4.5.4 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en <i>Fin de Ejecución</i> (Mejora Continua del Proceso)	88
4.6 Conclusión Capitular	92
CONCLUSIONES FINALES.....	93
RECOMENDACIONES FINALES.....	97
ANEXOS	98
BIBLIOGRAFÍA.....	108

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida	12
Figura 2. Restricciones comunes para la realización de una actividad	14
Figura 3. Enfoque de los esfuerzos de desarrollo <i>Lean Construction</i>	15
Figura 4. Los siete desperdicios por Taiichi Ohno, 1988.	17
Figura 5. La producción como un flujo de procesos.....	20
Figura 6. La producción Lean se pone en marcha en función de la demanda	21
Figura 7. Comparación entre las diferentes visiones de producción	23
Figura 8. Elementos que integran un sistema de logística <i>Lean</i>	32
Figura 9. <i>Diagrama general</i> de flujo de metodología para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución de un proyecto de construcción.....	67
Figura 10. Diagrama de flujo para la reducción de pérdidas para el <i>Inicio de Ejecución</i>	71
Figura 11. Diagrama de flujo para la reducción de pérdidas para el <i>Desarrollo de Ejecución</i>	75
Figura 12. Diagrama de flujo para la reducción de pérdidas para el <i>Fin de Ejecución</i>	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Los cinco principios clave de <i>Lean Production</i>	11
Tabla 2. Comparación entre método convencional y nueva filosofía <i>Lean</i>	16
Tabla 3. Costo estimado de las pérdidas más comunes en la construcción.....	34
Tabla 4. Ejemplos de pérdidas en un proyecto de edificación	35
Tabla 5. Empresas dedicadas al sector construcción en el Distrito Federal.....	47
Tabla 6. Pérdidas en Proyectos de Construcción	89
Tabla 7. Costo/Beneficio Estimado de la Propuesta de Reducción de Pérdidas.....	90

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Conocimiento de sistemas relacionados con <i>Lean Construction</i>	53
Gráfica 2. Diagnóstico de uso de herramientas <i>Lean</i>	54
Gráfica 3. Pérdidas: consideración de pérdidas, complejidad de los procesos y medidas para el control.....	55
Gráfica 4. Ejecución de obra etapa principal para reducir pérdidas	55
Gráfica 5. Principales procesos de ejecución como mayor fuente de pérdidas.....	56
Gráfica 6. Etapas del proyecto con mayor porcentaje de pérdidas	57
Gráfica 7. Pérdidas más frecuentes.....	58
Gráfica 8. Procesos con mayor porcentaje de pérdidas.....	58
Gráfica 9. Evidencia de falta de documentación de procesos.....	59
Gráfica 10. Idea errónea de los inventarios o stocks	60
Gráfica 11. Excesos en costos.....	61
Gráfica 12. Variación de pérdidas consideradas contra reales	61
Gráfica 13. Importancia de contar con un sistema de reducción de pérdidas.....	62
Gráfica 14. Disponibilidad a implementar un sistema de reducción de pérdidas.....	63

Resumen

El actual escenario de competitividad en el que se mueven las empresas de construcción, demanda nuevos enfoques de producción, donde la reducción de sobrecostos juega un papel relevante. En la construcción el control de sobrecostos es complejo ya que ésta industria carece de uniformidad, los proyectos son únicos e irrepetibles por las características particulares de cada desarrollo constructivo, estas diferencias generalmente traen consigo pérdidas en todas las etapas pero particularmente en la ejecución, dichas pérdidas posteriormente se convierten en incrementos lo cual es un problema repetitivo en la construcción.

Actualmente existen diversas filosofías desarrolladas por investigadores de todo el mundo que permiten una disminución de pérdidas por medio de principios básicos, una de estas filosofías es el *Lean Construction* base principal para el desarrollo esta investigación.

En base a los problemas repetitivos de incrementos de costos en la construcción y a la falta de un sistema práctico de uso sencillo que permita reducirlos se plantea el objetivo central de esta investigación, que fue aportar una Metodología para la Reducción de Pérdidas basada en el *Lean Construction*, la metodología es de fácil utilización y aplicación para las empresas medianas y pequeñas dedicadas al desarrollo de proyectos de vivienda multifamiliar de interés medio e interés social, ésta metodología tiene como objetivo ayudar a disminuir las pérdidas, incrementar la productividad, detectar problemas y beneficiar a todos los involucrados en el proceso de ejecución de proyectos constructivos.

- *Palabras clave*

Pérdidas, *Lean Construcción*, *Lean Production*, Productividad, Gestión de la Calidad, *Just in Time*, Construcción Esbelta.

Abstract

The current competitive scenario in which construction companies operate, demands new approaches to production, where the reduction of cost overruns plays an important role. In construction cost overruns control is complex because it lacks uniformity industry, projects are unique and unrepeatable by the particular characteristics of each building development, these differences generally entail waste in all stages but particularly in the execution, such waste increases subsequently become a problem which is repeated in construction.

Currently there are different philosophies developed by researchers from around the world to allow a reduction of losses through basic principles of these philosophies is the main base Lean Construction to develop this research.

Based on the repeated problems of increases in construction costs and the lack of a practical system reducing it raises the central objective of this research was to provide a Methodology for Reduction Waste based on Lean Construction, This methodology is easy to use and application for small and medium enterprises responsible in the development of multifamily housing projects medium interest and social interest, this methodology is intended to help reduce waste, increase productivity, identify problems and benefit all involved in the process of construction projects.

- Keywords

Waste, Lean Construction, Lean Production, Productivity, Quality Management, Just in Time.

Introducción

La industria de la construcción se ha considerado durante muchos años como una industria de baja productividad, poco eficiente y con problemas constantes y repetitivos. Es una de las pocas industrias en donde generalmente los costos ejecutados son mayores a los presupuestados.

Los problemas crónicos de la construcción son bien conocidos: baja productividad, la falta de seguridad, condiciones de trabajo deficientes, la insuficiencia de calidad e incremento de costos. Una serie de soluciones o visiones se han ofrecido para aliviar estos problemas en ésta industria, pero son pocas las que realmente han logrado introducirse como herramienta para el mejoramiento o solución a dichos problemas debido a la alta resistencia al cambio que caracteriza a la construcción y todos los involucrados en este proceso.

En la actualidad, el uso de nuevas tecnologías es una forma importante de reducir la variación en los procesos y en los costos, que se considera una de las principales causas de los actuales problemas.

La industria manufacturera ha sido un punto de referencia y una fuente de innovaciones durante muchas décadas ya que muchos sistemas que se han iniciado en esta industria han sido utilizados para otras industrias como la construcción, esto debido a que la industria manufacturera está muy adelantada en sus sistemas de producción.

Después de la segunda guerra mundial un ingeniero de Toyota (Taiichi Ohno) creó la filosofía *Lean* o tal y como se conocía entonces “Sistema de producción Toyota”, que se basa en una nueva filosofía de producción, más que en las nuevas tecnologías, subraya la importancia de las teorías y principios básicos relacionados con los procesos de producción (Shingo 1988; Schonberger 1990; Plossl 1991).

Esta nueva filosofía sirvió para demostrar que el sistema de producción en masa no era el único ni el mejor, y transformó a una empresa pequeña como Toyota a la gran empresa que hoy en día conocemos, y que en la actualidad ocupa un lugar muy importante en el sector automotriz.

A principios de 1990 un grupo de investigadores americanos, consideró que la filosofía *Lean*, que tan buenos resultados había dado a la industria automovilística, se podía aplicar a la construcción, sobre todo en lo que se refería a los conceptos clave de ésta, producción eficiente y mejora continua, e inventaron el término *Lean Construction*.

El término *Lean Construction* ha evolucionado mucho desde 1990 y cada vez son más los que comparten la idea de que el *Lean Construction* mejora de forma sustancial los resultados de la construcción.

Lean construction ha sido implementada con éxito en algunos países del mundo desde 1993, grupos como el *Lean Construction Institute* e *Internacional Group for Lean Construction* conformados por una red de investigadores y profesionales en la ingeniería, arquitectura y construcción, plantean que la educación práctica e investigación en estos campos debe ser renovada con nuevos conceptos para responder a los desafíos que el nuevo mercado impone.

En México en término *Lean Construction* es poco conocido y por lo tanto tiene un aplicabilidad muy baja éste sistema debido a la falta de cultura y capacidad por experimentar las innovaciones que tiene la industria de la construcción ya que ésta conserva principios inalterados por mucho tiempo, los procesos de diseño y construcción están insertos en paradigmas muy arraigados en la cultura de la industria y si bien se sabe que no tienen los mejores resultados al menos funciona dejando mucho que desear, así pues no se evalúa ni se contempla la aplicación de una herramienta de mejora para el proceso en general.

Planteamiento del Problema

Es un hecho que en la industria de la construcción desde hace mucho tiempo se tiene una cantidad innumerable de desperdicios en todos los procesos y etapas de desarrollo de un proyecto, por tal motivo es cada vez más necesaria una reestructuración en cada parte para identificar y eliminar desperdicios que no agregan valor al producto final de los proyectos.

Las estadísticas muestran que un 50% de los proyectos terminan tarde y fuera de presupuesto, 25% fallan completamente y solo el 25% de los proyectos se terminan a tiempo y en presupuesto¹, por tales razones el éxito de un proyecto de construcción depende de la ejecución hábil de las funciones administrativas sin embargo, es cada vez más evidente que en esta industria existen problemas de descontrol que generan un sin número de consecuencias como las pérdidas debido a la falta de una metodología que permita la reducción de las mismas para proyectos constructivos.

Cada vez es más difícil terminar un proyecto de construcción con el mínimo de sobrecostos generado por diversas razones y circunstancias, para tal efecto en otras industrias se cuenta con sistemas de gestión de calidad con lo cual controlan sus procesos de tal manera que se reducen notablemente las pérdidas llegando a optimizar tanto sus sistemas que tienen una mejora evidente en el desarrollo del producto, sin embargo, sabemos que en la construcción llegar a la eliminación de pérdidas es una tarea sumamente difícil pero definitivamente se pueden disminuir en gran medida con el hecho de implementar una metodología sencilla que permita la optimización del ciclo,. Esto traería una menor variación en el incremento desmedido de costos por falta de un control de pérdidas en la construcción.

Debido a los problemas antes mencionados se plantean las siguientes preguntas que enfatizan la falta de una metodología para la reducción de pérdidas:

- ¿Por qué se generan los desperdicios en el proceso de ejecución?
- ¿Cuál es la mejor manera de reducir las pérdidas en un proceso de ejecución?
- ¿Cuáles son las causas principales del desperdicio de materiales en un proceso de ejecución?
- ¿Factores que influyen para el incremento en el uso de materiales, mano de obra y equipo en proyecto de construcción?
- ¿Cómo influyen las pérdidas en el presupuesto de un proyecto de construcción?
- ¿La empresa está preparada para absorber las pérdidas que generen el mal aprovechamiento de los recursos asignados a determinado proyecto?
- ¿Qué consecuencias tiene la generación de pérdidas en la construcción?

¹ Fuente: <http://www.pwc.com/mx/es/index.jhtml>

-
- ¿Qué se requiere para reducir las pérdidas de un proyecto de construcción en su etapa de ejecución?
 - ¿Cuáles son las principales fuentes de pérdidas en el desarrollo de un proyecto de construcción?
 - ¿Quiénes son los principales autores de las pérdidas en un proyecto de construcción?
 - ¿Cuáles ventajas traería la implementación de una metodología práctica para la reducción de pérdidas?
 - ¿Qué proceso en la parte de ejecución es el más sensible a originar pérdidas?

Justificación de la Investigación

▪ *Justificación Económica*

Uno de los mayores problemas de la industria de la construcción es el incremento en los costos en la etapa de ejecución² por falta de control, planeación, tiempo, etc. Problema que enfatiza la necesidad de contar con herramientas prácticas que permitan disminuir o reducir los incrementos en los presupuestos y hacer de la construcción un negocio más rentable.

El contar con una metodología que permita el control, y reducción de las pérdidas es indudablemente un beneficio para las empresas encargadas del desarrollo de proyectos de vivienda multifamiliar ya que con una herramienta como ésta las empresas obtendrán beneficios económicos que se verán reflejados en su utilidad.

Actualmente existen diferentes métodos y herramientas para la reducción de pérdidas pero no han sido utilizados e implementados en el sistema de desarrollo de proyecto que se tiene, para tal efecto, será necesario establecer una metodología de fácil comprensión, práctica y que cubra las mayores deficiencias en cuanto a desperdicios, pérdidas y malos usos de recursos que agregan costos y tiempo en la ejecución de las obras y en el resultado final de las mismas.

▪ *Justificación Social*

Los beneficios sociales que nos trae la implementación de una metodología para la reducción de pérdidas es proporcionar un herramienta para el uso de las empresas constructoras que podrá ayudar a eficientar la mano de obra y por lo tanto incrementar el rendimiento y productividad de la empresa teniendo como consecuencia el beneficios para todos los involucrados en el procesos de la construcción obteniendo sistemas de desarrollo de proceso más ordenados, organizados y más planificados evitando problemas posteriores que afecten a los recursos humanos de la empresa.

Igualmente beneficia a investigaciones posteriores relacionadas con este tema ya que colabora al desarrollo de éstas y así contribuir con el crecimiento de nuevas herramientas para la reducción de pérdidas.

² Aunque todas las partes de un proyecto son iguales, evidentemente, la etapa de la ejecución del proyecto, es la más crítica, y por tanto la que más peso tiene. Esto es perfectamente apreciable, si medimos un proyecto ya sea con base en el tiempo de ejecución, o en su costo, o con las dos variables de manera simultánea.

Objetivos

▪ **Generales**

Desarrollar una propuesta metodológica para controlar y reducir los desperdicios durante la etapa de ejecución de proyectos de construcción, dicha propuesta estará basada en los sistemas actuales para reducción de pérdidas en la construcción conjuntamente con los criterios propios y datos importantes que se obtengan de la investigación de campo, para así obtener una metodología de fácil comprensión y uso para las personas encargadas de la ejecución de proyectos de construcción.

▪ **Particulares**

- Identificación de los procesos con mayores pérdidas durante la etapa de ejecución de proyectos de construcción.
- Detección de los problemas principales que generan pérdidas en la construcción.
- Comprobación de las hipótesis formuladas para la investigación.
- Establecer una metodología práctica que ayude a la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de proyectos de construcción.
- Evaluar la aplicabilidad y uso en las empresas de la metodología propuesta para reducción de pérdidas.

Hipótesis

- 1) En los proyectos de construcción generalmente se tienen pérdidas considerables que generan sobrecostos no estimados, si se contará con una metodología que permita la reducción de éstas la construcción sería beneficiada económicamente.
- 2) La fase de ejecución por su importancia en el ciclo del proyecto es la que más pérdidas genera, estas pérdidas podrían ser reducidas si se contará con una metodología para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución.
- 3) Las empresas no tienen idea de las pérdidas que se generan en sus procesos por la falta de un sistema de gestión de pérdidas y control de materiales, para lo cual es necesario el conocimiento de los nuevos sistemas y herramientas que existen para incrementar los beneficios económicos y sociales para todos los involucrados en el proceso.
- 4) En las empresas se tiene la idea errónea de que los inventarios o stocks son una inversión y no una pérdida, idea que sería diferente si se tuviera conocimiento de los sistemas existentes para el control de pérdidas.
- 5) Los errores en el proceso de ejecución son repetitivos sin importar del tipo de proyecto que se trate, problema que podría reducirse o mejorar si se tuviera una documentación de procesos que permita aprender de los errores.

Alcances

- Realizar una recopilación de la teoría existente para el *Lean Construction* teniendo en cuenta las ideas más importantes de este sistema.
- Realizar un diagnóstico de los sistemas usados en nuestro país para la reducción de pérdidas en constructoras medianas y pequeñas.
- Establecer una propuesta metodológica para la reducción de pérdidas en proyectos de construcción de vivienda multifamiliar de interés medio y social para etapa de ejecución con base en la teoría existente del *Lean Construction*, la investigación de campo y el criterio propio.

Capítulo I Marco Teórico

1.1 Lean Production

En el presente capítulo se muestra la teoría correspondiente al *Lean Construction* y *Lean Production* y otros conceptos teóricos relacionados con el tema, así como aportaciones de investigaciones relacionadas con estos temas ya que esta información es elemental para poder desarrollar la Propuesta Metodológica de Reducción de pérdidas que es el objetivo central de esta investigación.

1.1.1 Orígenes de Lean Production

El concepto de *Lean Production* fue introducido originalmente en Japón por Toyota Motor Company, uno de los mayores productores de automóviles del mundo, bajo el nombre de “Sistema de Producción Toyota” (Idea de Taichii Ohno inspirado en los principios de W. E. Deming) y se remonta a los años 40’s cuando las compañías de automóviles Japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños y con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en la producción.

La idea principal es la eliminación de inventarios o stocks³, pérdidas y actividades que no agregan valor en un sistema de producción, con el fin de optimizar recursos materiales, humanos, maquinaria y equipo, así como reducir los tiempos de operación y el espacio.

Ohno considera las diferencias con el método estadounidense (Fordismo⁴) al indicar que en la rama automotriz norteamericana se utiliza un método de reducción de costos al producir automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad restringida de modelos, mientras que en Toyota se fabrica a un buen precio pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes.

Durante los años 60, Toyota se apoyó en Ohno para simplificar y hacer más eficiente su maquinaria, completando el modelo de lo que hoy conocemos como *Lean Production* a principios de los años 70.

La filosofía principal de *Lean Production* se enfoca en identificar dos aspectos fundamentales en un sistema de producción, actividades de conversión y actividades de flujos, donde las actividades de conversión son las que agregan valor a la materia que será convertida en producto, y las actividades de flujo, que son las que no genera valor, pero son la liga entre las actividades de conversión. El objetivo principal es reducir o eliminar las actividades de flujos con el fin de hacer más eficientes las actividades de conversión. (Koskela, 1993).

El resultado es un nuevo tipo de fábrica: la fábrica ligera, transparente y flexible, sus pilares son la producción en el momento preciso y la auto activación, de estas ideas nace el término *Lean* el cual se

³ Stock es la existencia o reserva de alguna cosa disponible para un uso futuro.

Debe buscarse la reducción del número de artículos e stock para simplificar la gestión, ganar sitio y reducir el capital inmovilizado.

⁴ El Fordismo es una etapa del capitalismo moderno que abarca desde la década de 1940 hasta la década de 1970, la denominada edad dorada del capitalismo. Se caracteriza por la existencia de empresas basadas en métodos de producción en serie y a gran escala. Se caracteriza por la cadena de montaje como regulador de la producción.

define como un sinónimo de mínimo, ligero, flexible o sin pérdidas. Las diferentes pérdidas son definidas por los criterios de rendimiento para el sistema de producción. Si no se cumplen los requisitos de un cliente es una pérdida.

Lean Production consta de cinco principios clave:

Principio	Descripción
1. Especificar valor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Qué es lo que lo clientes quieren? ▪ Especificar el valor desde el punto de vista del cliente final.
2. Identificar el flujo de valor y eliminar desperdicio.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ver todo el sistema y mejorarlo ▪ Eliminar desperdicios encontrando paso que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente. ▪ Estudio de todas las fases del proceso de producción, para determinar las que añaden valor y las que se deben cambiar o eliminar
3. Establecer flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
4. Implementar un sistema “pull”	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producir por órdenes de los clientes en vez de producir basándose en pronósticos de ventas a largo plazo. ▪ No se produce nada hasta que el cliente tenga la necesidad y proporcione la señal. ▪ Inventarios ocultan problemas e ineficiencias.
5. Mejorar continuamente persiguiendo la perfección	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Añadir eficiencia siempre es posible ▪ En la medida en que se eliminan los pasos innecesarios y los flujos de trabajo se adoptan a los pedidos de los clientes, se comprueban las reducciones de costos, esfuerzo y tiempos de trabajo en todas las áreas de la empresa. ▪ La eliminación completa de todos los desperdicios a fin de crear valor para el cliente.

Tabla 1. Los cinco principios clave de *Lean Production*

Fuente: Blakc JT., And Hunter S. L., “Lean Manufacturing Systems and Cell Desing”, 2003.

La administración tradicional de procesos considera sólo las actividades de conversión, todas son tratadas desde este enfoque, lo que ocasiona que el flujo de los procesos no sea analizado, controlado y mejorado adecuadamente, mientras que *Lean Production* clasifica a las actividades en aquellas que generan valor y las que no lo generan. Las primeras se analizan con el fin de eficientar los procesos y se busca que las segundas sean reducidas lo más posible, o en su defecto sean eliminadas.

Resumen Histórico:

- Desde finales de 1890 Fréderik W. Taylor uno de los primeros pensadores de la administración gerencial. Con su obra “Principios de la administración científica”, da los primeros pasos del pensamiento administrativo y hoy su legado es considerado como fundamental y una referencia obligatoria ya que a pesar del tiempo, sus apreciaciones resultan de gran actualidad.
- Frank Gilbreth añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. Entonces aparecen los primeros conceptos de eliminación de pérdidas y los estudios del movimiento.
- En 1910 Henry Ford inventa “La Producción en Serie” es el primer intento de diseño de un sistema de producción concentrando procesos, pero con altos niveles de inventario. Alfred P. Sloan mejora el sistema Ford introduciendo en General Motors el concepto de “Diversidad en las Líneas de Montaje”, haciendo el producto accesible a un mayor mercado.
- Después de la II Guerra Mundial comienzan a cambiar las exigencias del mercado. Aumenta la competencia y los precios descienden, aumentan las exigencias de rapidez en la entrega y la calidad del producto por parte del cliente.
- En los años 50’s Taiichi Ohno desarrolla en “Sistema de Producción Toyota”. El pequeño fabricante Toyota Motor Company desarrolla un sistema de producción de alta eficiencia, a bajos volúmenes y con muchas variantes de un mismo producto.

1.1.2 El proceso de construcción según la filosofía tradicional

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Conversión”, el cual se muestra en la Figura 1. Este modelo también considera subprocesos, denominados genéricamente, subprocesos de conversión.

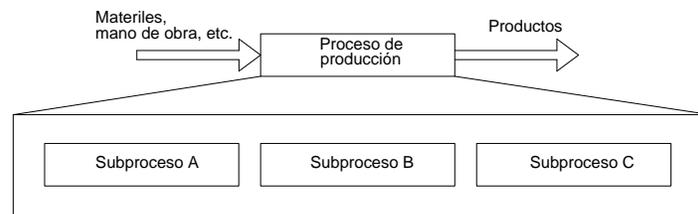


Figura 1. Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida
Fuente: Koskela Lauri, “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992.

Este modelo posee los siguientes errores (Lira, 1996):

- a) No diferencia entre las actividades de conversión (actividades que agregan valor⁵) y las actividades de flujo, tales como esperas, controles, movimientos, etc. (actividades que no agregan valor⁶). Este modelo considera que todas las actividades agregan valor.
- b) Una de las premisas fundamentales del modelo, estima que el costo total del proceso puede reducirse minimizando los costos de cada subprocesso, ignorando los efectos producidos por la interdependencia entre subprocessos. El modelo no considera la variabilidad de los resultados y los trabajos rehechos, pues se asume que el trabajo pasa linealmente y secuencialmente a través del sistema de producción.
- c) No existe preocupación por el impacto que produce en el producto final, la mala calidad de los recursos, la variabilidad y la incertidumbre.

A pesar de las desventajas evidentes que tiene el modelo tradicional⁷ ha sido usado y adoptado en la industria de la construcción. Según Johnson y Kaplan (1987) el modelo de conversión fue establecido en siglo XIX, cuando las empresas y plantas manufactureras se centraban solamente en conversiones. Hacia el final del siglo, la tendencia era formar empresas jerárquicamente organizadas controlando varios procesos de conversión. Los procesos de producción eran simples, flujos más corto y organizaciones más pequeñas, pero los problemas debido a la base conceptual⁸ permanecieron indiferentes. Sólo más tarde, cuando el modelo de conversión fue aplicado a la producción más compleja, surgen problemas evidenciados claramente.

En general el modelo tradicional no es más que un conjunto de subprocessos.

1.1.3 El proceso de construcción según la filosofía Lean

El punto de partida de la nueva filosofía de producción fue iniciada por Ohno y Shingo en las fábricas de automóviles Toyota en la década de 1950. El enfoque principal fue la reducción o eliminación de los inventarios.

Según el *Lean Construction*, el proceso de producción debe verse como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos, de esta manera se podrá saber con mayor certeza el valor y las pérdidas asociadas a cada eslabón de la cadena de flujo.

En teoría el proceso de construcción tradicional es un proceso bien estructurado para procesos de producción simples. Pero, para procesos de producción complejos, que envuelven una infinidad de

⁵ Definición en concepto de cadena de valor

⁶ Definición en concepto de cadena de valor

⁷ La filosofía convencional a tendido a disminuir los requerimientos del cliente (Koskela, 1994).

⁸ La carencia de un marco unificado conceptual y teórico ha sido persistente a pesar de la realización de crecientes esfuerzos por mejorar los defectos del modelo de actividad.

actividades que necesitan ser coordinadas, planificadas y controladas el sistema *Lean* es mucho más adecuado. Así pues en proyectos complejos, donde el cliente tenga una alta exigencia y los mercados sean altamente competitivos el sistema de producción *Lean* aportará a la empresa unos beneficios que el sistema tradicional nunca podrá obtener.

Según Ballard el proceso de producción bajo un sistema *Lean* se divide en tres pasos:

- 1) Primero se convierte materias primas en un producto final.
- 2) Segundo el material y la información fluye a través del tiempo y del espacio.
- 3) Tercero el valor para el cliente es creado.

Para que el proceso de construcción sea *Lean*, no sólo se han de dar los tres pasos sino que los tres pasos se han de dar y de gestionar a la vez.

La máxima finalidad es construir algo que el cliente considere valioso y eliminar los desperdicios en el proceso de construcción de ése algo valioso.

El proceso de construcción bajo la filosofía *Lean* busca que el flujo sea el sistema primordial de construcción, para que el flujo sea constante se han de ir realizando actividades de forma continua.

Dichas actividades tiene un aserie de restricciones como se muestra en la siguiente figura:

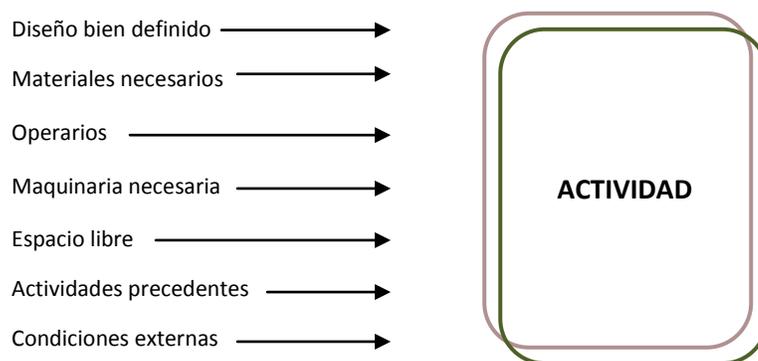


Figura 2. Restricciones comunes para la realización de una actividad

Fuente: Saloman, J.A., "Application of the New Production Philosophy to Construction", 2005.

1.1.4 Principales diferencias entre los dos procesos

La producción convencional está mejorando debido al uso de nuevas tecnologías poniendo atención principalmente en las actividades que añaden valor. Así mismo con el tiempo las actividades que no añaden valor y que no son controladas tienden a crecer trayendo como consecuencia:

- Producción más compleja
- Producción más propensa a generar problemas

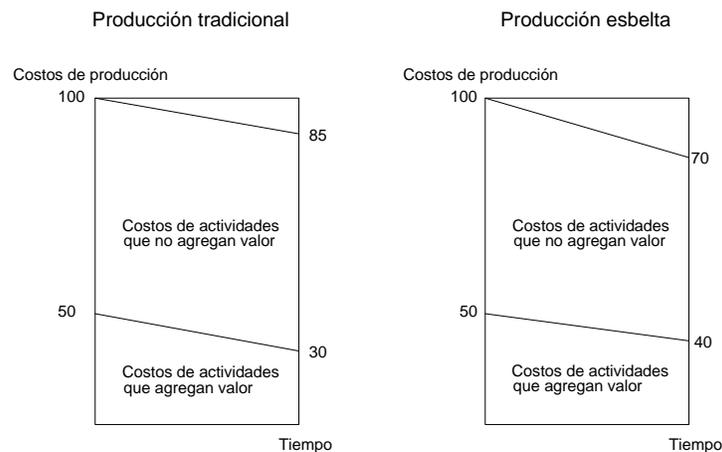


Figura 3. Enfoque de los esfuerzos de desarrollo *Lean Construction*
Fuente: Alarcón Luis. F., "*Lean Construction*", 1997.

En la filosofía *Lean* las actividades que no agregan valor son atendidas antes que ocasionen problemas.

A través de las aplicaciones de los principios para mejorar el proceso es posible reducir los costos y las actividades que no agregan valor notablemente.

	Producción tradicional	Lean Production
▪ Concepto	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que agregan valor.	La producción está compuesta por flujos (no agregan valor) y conversiones (agregan valor).
▪ Control de producción	Dirigido al costo de las actividades	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos.
▪ Mejoramiento	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que si agregan valor, a través del mejoramiento continuo y la implementación de nueva tecnología.

Tabla 2. Comparación entre método convencional y nueva filosofía *Lean*

Fuente: Botero B., Luis F., Álvarez V Martha E., "Identificación de las Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción", Revista Universidad EAFIT, volumen 130, abril-junio 2003, Medellín Colombia.

En la *filosofía de producción tradicional* sin duda se han conseguido aumentos en productividad y reducciones espectaculares en los costos. Sin embargo, por la propia forma de estar concebida obtienen estos resultados operando en grandes lotes de productos lo más estandarizados posibles, produciendo al máximo de su capacidad para después *empujar*⁹ el producto hacia el mercado y esperar la hora de venderlos. Se trata pues de un sistema enfocado a elevar al máximo la productividad de todas y cada una de las operaciones y obtener económicas de escala al máximo nivel posible, consiguiendo así el mínimo costo unitario. La competitividad que se puede lograr con este enfoque de gestión es limitada y su costo puede ser excesivo ya que, la operación con lotes grandes es muy lenta, genera muchos inventarios y la calidad es incierta y costosa. Frente a los sistemas clásicos de gestión basados casi exclusivamente en la productividad *la filosofía Lean* ofrecen además rapidez en la respuesta, calidad, reducción de inventarios menor costo y mucha flexibilidad que los mercados (cada día menos estables) necesitan en mayor medida. Los primeros en implementarla fueron los fabricantes de automóviles japoneses, y aunque originalmente la metodología fue utilizada

⁹ Esto es llevar el producto a lo largo de sus canales de distribución hasta los consumidores finales.

únicamente en este sector, en la actualidad su aplicación se ha extendido a todos los procesos empresariales de un negocio. Pasaron varias décadas antes de que la industria estadounidense observara los beneficios de dicha metodología y se interesará en adoptarla.

La aplicación de nuevas tecnologías es más fácil con la filosofía *Lean*, porque se requiere menos inversión y la producción se controla mejor. Después de la fase inicial incrementa la eficiencia de las actividades que añaden valor esto es más rápido con el sistema *Lean* que con el sistema tradicional.

Así pues se marcaron las principales diferencias entre estas dos filosofías lo cual nos da una pauta muy definida de lo que no funciona de la filosofía tradicional. Cada vez es más necesario contemplar los criterios que se tienen en la filosofía *Lean* y adoptarlos en el desarrollo de las actividades de diversas industrias entre ellas la construcción.

1.1.5 Elementos de Lean Production

1.1.5.1 Desperdicio

Un desperdicio para la Toyota es cualquier cosa que sea diferente a la mínima cantidad de equipo, material, partes y mano de obra absolutamente esencial para la producción.

Sin embargo, en un sentido más amplio y aplicado más a la nueva filosofía se definiría como cualquier pérdida de aquellas actividades que, mientras producen un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor o ayudan a avanzar al proyecto. (Alarcón, 1994).

Existe una clasificación realizada por Taiichi Ohno y comprende siete desperdicios principales:

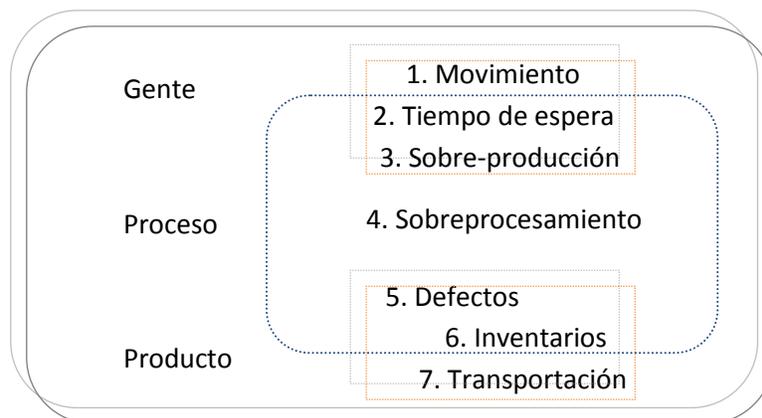


Figura 4. Los siete desperdicios por Taiichi Ohno, 1988.

1. Movimiento: Los empleados deben tener a su disposición las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos innecesarios.
2. Esperas: Se genera por falta de planificación, de comunicación o de tardanza en el suministro de materiales, herramienta o información.
3. Sobre-producción: Se refiere a hacer más de lo necesario, dedicar más esfuerzos de los necesarios en revisiones y actualizaciones. Producir más de lo que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo, ocupa trabajo y recursos que se podrían utilizar o responder a la demanda del cliente
4. Sobre-procesamiento: Se genera cuando a un producto o servicio se le realiza más trabajo del necesario, que no es parte normal del proceso y que el cliente no está dispuesto a pagar.
5. Defectos: Multiplican los costos, el tiempo de trabajo y consumen una parte importante de los recursos para su solución.
6. Inventario: Se deben reducir al mínimo ya que tienen un costo financiero y de mantenimiento. Por lo tanto, demasiado margen de inventarios ocultan los problemas.
7. Transportación: Los materiales se debería entregar y almacenar en el punto de fabricación para evitar traslados innecesarios.

La eliminación de los desperdicios comprende la aplicación de sistemas como el *Just in Time*, Mantenimiento Productivo Total, Gestión de Calidad Total. Así como actividades de grupos pequeños (círculos de calidad, equipos de mejora, equipos para detección, prevención y eliminación de desperdicios), sistemas de sugerencias, y despliegue de políticas.

1.1.5.2 Valor en la construcción

El valor se define como el grado de satisfacción del cliente final, o sea que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. El valor debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción.

La satisfacción del cliente es el punto central el cualquier tipo de producción por eso es importante entender las necesidades y que es lo que espera el cliente antes de empezar la producción. Al producir es necesario poner atención en que se producirá para el cliente y no para sacar más ganancias de un producto determinado ya que muchas veces intentar ganar al máximo provocará el efecto contrario y traerá consigo costos más elevados.

La especificación del valor es el punto de partida de la *Filosofía Lean* y es a su vez el más crítico.

El encargado de crear valor es la persona encargada de fabricar el bien y no el cliente, por eso es importante para el fabricante saber qué tipo de valor quiere el cliente que se le fabrique. Para poder especificar el valor de un producto de forma correcta es importante entender quien será el cliente, porque si no se sabe a quién está destinado el producto será imposible hacer la especificación del valor.

Hay dos tipos de clientes: el cliente interno y el usuario final. El cliente interno es aquel que se encuentra en el siguiente paso en la escala de producción y el usuario final es aquel que comprará o

usará el producto final. Es importante la especificación de valor desde la perspectiva de los dos tipos de clientes existentes.

1.1.5.3 Cadena de valor en la construcción

Se define como todas aquellas acciones que necesitan producirse para poder fabricar el producto final ¹⁰ valioso que el cliente espera y que se venderá en el mercado.

Definiremos en un principio las actividades que agregan y no agregan valor:

- Actividad que agregan valor: Es la actividad que convierte un material o información hacia los requerimientos de cliente. (Kosela, 1994)
- La actividad que no agregan valor¹¹ (pérdidas): Aquellas que requieren un tiempo, recursos y espacio pero no agregan valor. (Koskela 1994)

Para poder crear la cadena de valor cualquier producto tiene que pasar por tres actividades de gestión:

- a) Pasar del concepto al diseño detallado y a la planificación de la producción
- b) Planificación de cómo se va a modificar el producto desde la orden de compra hasta el momento de la entrega.
- c) Transformación de la materia prima al producto final.

Cuando se determine la cadena de valor de un producto cualquiera, se podrá dividir el conjunto de actividades que se han de realizar en tres grupos diferentes:

- a) El primer grupo de las actividades que añaden valor al producto final,
- b) El segundo grupo es el de las actividades que no añaden valor al producto final pero que no podemos excluir del proceso para obtener el producto final debido al proceso de producción escogido.
- c) El tercer grupo de actividades innecesarias, ya que no agregan valor al producto final y además se pueden excluir del proceso de producción sin que el producto final se vea alterado. Para poder convertir el proceso de producción en un Proceso *Lean*, es importante minimizar las actividades necesarias pero que no agreguen valor y eliminar las actividades innecesarias.

El *mapeo de la cadena de valor* mediante diagramas de flujo de proceso permite la identificación de los requerimientos de información y materiales necesarios en cada etapa del proyecto, así como la forma en que se transmite el trabajo ejecutado de una etapa a otra.

¹⁰ En el caso de la construcción los proyectos son únicos, las actividades son variables y el lugar de trabajo y la organización son temporales (Koskela, 1994).

¹¹ El volumen de actividades que no agregan valor no se mide, solo existen métodos para frenarlos (Koskela, 1994).

1.1.5.4 Sistema de producción “Jalar”

En la nueva filosofía se refiere a *Jalar* del sistema los recursos necesarios para la ejecución de una actividad en el tiempo y cantidad requeridos, ubicándolos generalmente en el sitio preciso para su utilización y/o consumo. Esto ocasiona una reducción de costos por manejo y almacenamiento de inventarios, tal como lo pretende la Producción *Lean*. Para la implementación de este sistema se requiere no producir nada hasta que sea requerido, por lo que se deben conocer a detalle las necesidades del cliente, ofrecer tiempos de respuestas rápidas y ser flexibles para satisfacer las variaciones en la demanda del mercado.

1.1.5.5 Modelo de conversiones y Flujo

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos.

El nuevo modelo de producción puede ser definido de la siguiente forma:

“La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima al producto final. En este flujo, el material es procesado, se producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente”. Este proceso de actividades intrínsecamente diferentes representa la visión de conversión de producción; la inspección, el movimiento y la espera representa el aspecto de flujo de producción. (Koskela 1994).

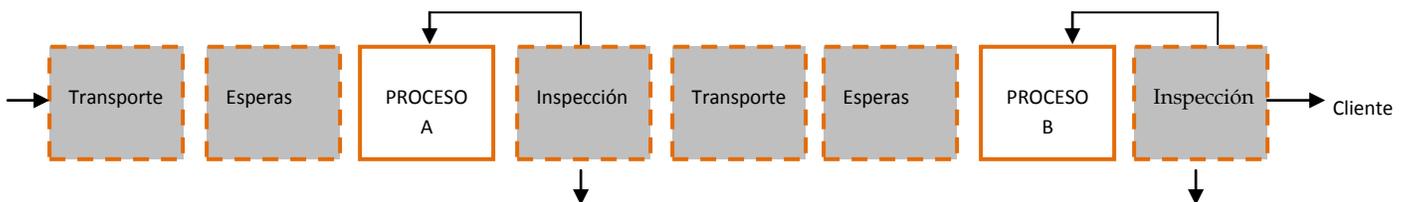


Figura 5. La producción como un flujo de procesos

Los cuadros sombreados representan actividades que no agregan valor, en contraste con las actividades que si agregan valor al proceso.

Fuente: Koskela Lauri, “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992.

Para conseguir que un proceso fluya se tiene que poner atención en el producto como tal y en las necesidades que éste tendrá y no tanto en la organización o en el equipamiento.

1.1.5.6 Productividad

Taiichi Ohno identificaba la sobreproducción como el problema básico a partir del cual se derivaban los demás, por lo que en Toyota se puso especial atención para producir en función de la demanda inmediata (Liker, 2004).

Una aproximación a la definición de la productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado. De una manera más amplia podemos definir la productividad en la construcción como “La medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para complementar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell, 1999).

El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y la efectividad¹², ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si ésta presenta problemas de calidad.

El proceso inicia al final de la cadena de producción con la solicitud de parte del cliente, lo cual genera una reacción en cadena de pedidos al interior de la empresa hasta llegar al primer paso de la producción y a su vez a los proveedores; esto puede observarse en la siguiente figura:

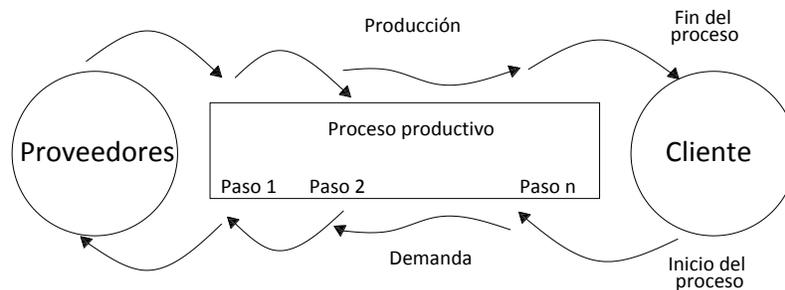


Figura 6. La producción Lean se pone en marcha en función de la demanda

Un sistema productivo como la construcción se caracteriza por la transformación de insumos y recursos, en productos deseados.

Existen gran cantidad de factores que afectan la productividad en proyectos de construcción algunos de ellos son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyectos
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad que generan altas tasas de accidentes

¹² Eficiencia: Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles., también se define como: recursos programados/recursos utilizados.

Efectividad: Capacidad para producir el efecto deseado.

- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra
- Falta de materiales requeridos
- Falta de suministro de equipos y herramientas
- Excesivo control de calidad
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Clima y condiciones adversas en la obra

En la actualidad los esfuerzos hacia la productividad han hecho énfasis en la participación, buscando el compromiso de todas y cada una de las personas de una organización para obtener productividad y calidad en lo que cada quien realiza.

1.2 Lean Construction

1.2.1 Definición del Lean Construction

*Lean Construction*¹³ nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La nueva filosofía de producción ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas ampliamente en la industria automotriz, podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción.

El *Lean Production* o Sistema Toyota ha servido de base para la elaboración de diferentes sistemas para el mejoramiento de la calidad y ha revolucionado la administración de negocios y por su extensión a la construcción. Se crea una nueva filosofía de Planificación de proyectos, que nace a comienzos de los años 90s en Finlandia, teniendo como modelo el *Lean Production* Japonés, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna (*Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo*), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras. Koskela propone esta nueva filosofía de control de producción en su tesis doctoral "*Application of the New Production Philosophy to Construction*", 1992. Esta referencia teórica desarrollada recibe el nombre de "*Lean Construction*" o "Construcción sin Pérdidas", cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que pérdida es menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

El *Lean Production* es llamado así porque usa la mitad de todo comparado con el método de producción en masa¹⁴: la mitad del esfuerzo humano en las fábricas, la mitad de espacio de

¹³ Wojtkowski, 2005, (Director de la red para diseño y construcción de SSM Healthcare) afirma: "Si hablas con el diseño y construcción en comunidad, la mayoría de las ideas que rodean la filosofía *Lean Construction* son cosas que ya se han estado diciendo durante años ", "Lo que hace la metodología *Lean* es darnos la plataforma que necesitamos para tener todo junto" "Tratando de hacer esas cosas que hemos conocido durante mucho tiempo para beneficio del proyecto".

¹⁴ Alrededor de 1914 Henry Ford desarrolló la producción en masa para el funcionamiento de su planta de producción y ensamblaje de automóviles; Los conceptos aplicados sentaron las bases que posteriormente utilizarían para el desarrollo de *Lean Production*.

manufactura, la mitad de la inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad del tiempo (Koskela, 2004).

En esencia, la nueva conceptualización implica una doble visión de producción: esto consiste en conversiones y flujos. La eficacia total de producción es atribuible al buen manejo de ambas.

Mientras todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor al material o a la información, siendo transformada en un producto final.

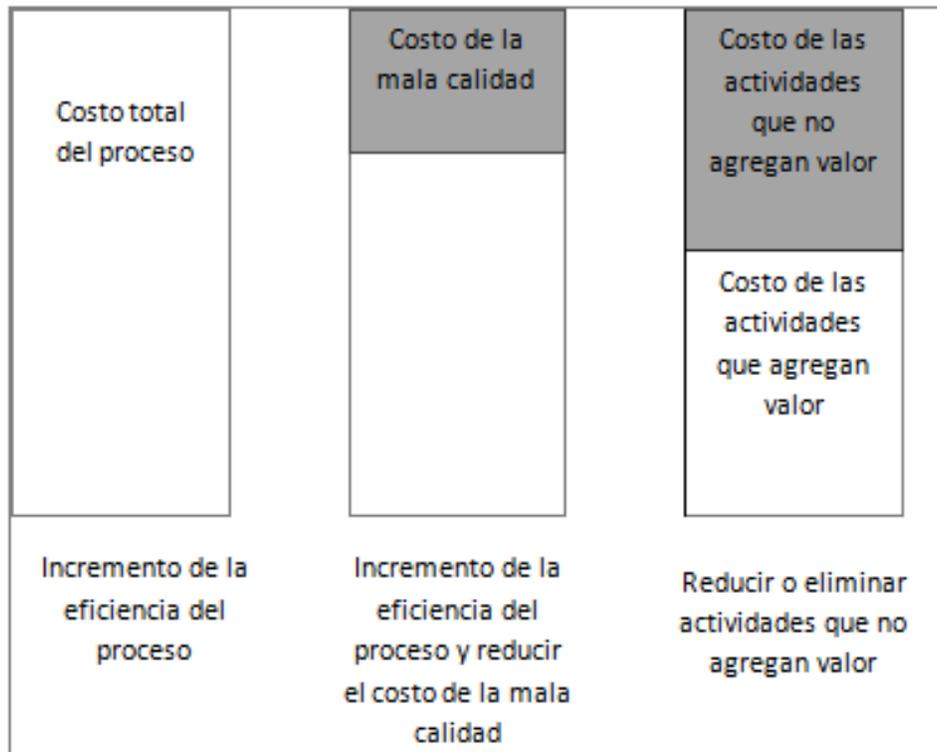


Figura 7. Comparación entre las diferentes visiones de producción

Fuente: Koskela Koskela, "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992

Experiencias internacionales han demostrado que la implementación de la filosofía *Lean Construction* puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto y por ende aumentar la fiabilidad de éste.

1.2.2 Principios del *Lean Construction*

El nuevo modelo conceptual es una síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común como el *Just in Time* y el *Movimiento de la Calidad*.

Uno de los elementos centrales de *Lean Construction* es la reinterpretación de la forma en que se entiende la producción en construcción, modificando el conocido modelo de conversión. La tarea fue desarrollar un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, sobre todo de los que

carece el modelo de tradicional. El nuevo modelo de producción puede ser definido como la visión dual de la producción que consta de conversiones y flujos.

La nueva filosofía de producción propone los siguientes principios:

Principios del sistema Lean Construction

Lean Construction

1. Reducir las actividades que no agregan valor
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
3. Reducir la variabilidad
4. Reducir el tiempo del ciclo
5. Simplificar mediante minimización de pasos y partes
- 6 Incrementar la transparencia en los procesos
7. Enfocar el control al proceso completo
8. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos
9. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking)

1. Reducir las actividades que no agregan valor¹⁵

Reducir la parte de actividades que no agregan valor es una pauta fundamental. La experiencia muestra que las actividades que no agregan valor dominan la mayor parte de los procesos; por lo general sólo el 3 al 20 % de pasos añaden valor (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total es insignificante de 0.5 al 5 % (Stalk & Hout 1990). Existen tres causas de origen por las que las actividades que no añaden valor están en el proceso: el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de producción.

Algunas de las actividades que añaden valor no producen valor para los clientes internos, como la planificación, la contabilidad y la prevención de accidentes. Tales actividades no deberían ser suprimidas sin considerar que estas actividades tendrán valor para cliente en otra parte del proceso.

¹⁵ Cada vez que una tarea es dividida en dos sub tareas ejecutadas por diferente persona, no añaden valor y si aumenta la inspección, el movimiento y espera, así el modelo tradicional colabora con las actividades que no añaden valor (Koskela, 1994).

2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final¹⁶.

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa y analizar sus necesidades.

3. Reducir la variabilidad

La desviación de lo planificado representa lo que se denomina *variabilidad* y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable¹⁷.

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente la uniformidad del producto siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor.

La reducción de la variabilidad en los procesos deben ser considerados un objetivo intrínseco (Sullivan 1984). Schonberger (1986) afirma “La Variabilidad es el Enemigo Universal”, así pues se tiene que reducir la incertidumbre y aumentar la previsibilidad.

4. Reducir el tiempo del ciclo

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos (Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo.

El tiempo del ciclo se puede representar como sigue:

Tiempo de ciclo = Tiempo del proceso + Tiempo de inspección + Tiempo de esperas + Tiempo de movimiento hacia la actividad siguiente.

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las

¹⁶ *Cliente externo*: Son aquellos que compran un producto o utilizan un servicio y generalmente es el usuario final.

Cliente interno: Son los empleados que están continuamente relacionándose con otro empleado dentro de la misma empresa y reciben un producto o servicio durante el desarrollo del proceso productivo entre ellos mismos.

¹⁷ Recientes estudios han demostrado que la planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total de un proyecto, sin embargo, regula la ejecución global de éste. Por lo tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y, por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad (Lira, 1996).

pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

Desde el punto de vista de la mejora, el tiempo del ciclo¹⁸ es en donde se toma conciencia de un problema y da una oportunidad para la aplicación de una solución es crucial.

Cada escalón en una jerarquía de la organización se suma a la duración del ciclo de corrección de errores y resolución de problemas. Este simple hecho proporciona la motivación de la nueva filosofía de producción de disminución de niveles de organización para habilitar a las personas que trabajan directamente en el flujo.

5. Simplificar mediante minimización de pasos y partes

La complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad ya que sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples.

Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

Herramientas útiles hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.
- Cambios organizacionales.

6. Incrementar la transparencia en los procesos

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el control y el mejoramiento para: "Hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados" (Stalk & Hout 1989).

Enfoques prácticos para aumentar la transparencia son los siguientes:

- El establecimiento de limpieza básicos para eliminar el desorden: el método de 5's¹⁹.

¹⁸ Existen mejores esfuerzos por la aplicación del *Just in Time* en la Construcción. Uno de los acercamientos más interesantes de la nueva filosofía de producción están propuestas en "Toward Construction JIT" (Ballard & Howell, 1994).

- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

7. Enfocar el control al proceso completo

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo.

Hay al menos dos requisitos previos para el control enfocado sobre el proceso completo. Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias alternativas son usadas en la actualidad. En organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos (Stewart 1992).

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental la cooperación a largo plazo con los proveedores y el funcionamiento en equipo esto con el objetivo de obtener beneficios mutuos de un flujo optimizado.

8. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos²⁰

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen²¹.

Los siguientes puntos secuenciales están simplificados para establecer la mejora continua:

- Organizarse para el mejoramiento
- Mejorar en el establecimiento de objetivos
- Confiar la responsabilidad de mejora a todos los empleados; una mejora constante de cada unidad de organización se debe exigir y recompensar.
- Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras.
- Mejorar el control del proceso
- Mejoramiento continuo

¹⁹ Metodología Japonesa orientada a la productividad del área del trabajo, su control visual y operación esbelta. Busca lograr un ambiente de trabajo agradable, eficiente y seguro, mediante el orden y la limpieza. Seiri (Separar), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Mantener el lugar en optimas condiciones), Shitsuke (Hábito).

²⁰ Cualquier mejora sustancial debe provenir de hacer algún cambio en el sistema, lo cual es responsabilidad de la dirección (Deming, 1989).

²¹ Filosofía Japonesa del Mejoramiento Continuo en General (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor.

No perder de vista los siguientes puntos:

- El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos.
- La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos.
- El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

9. Referenciar permanentemente los procesos (*Benchmarking*)

Benchmarking puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones.

A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.²²

Los pasos básicos del Benchmarking²³ son los siguientes (Camp 1989):

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocessos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

²² Gracias a un Benchmarking, la empresa Ford observó que el departamento de contabilidad de Mazda había sido controlado por solo 5 personas, en comparación con el de Ford por más de 500 empleados (Hammer 1990).

²³ Una metodología detallada para el Benchmarking ha sido presentada extensamente por Robert Camp (1989).

1.2.3 Herramientas del *Lean Construction*

La nueva filosofía de producción es una generalización de sistemas como JIT, TQM y TPM entre otros, los cuales se describen brevemente a continuación:

1.2.3.1 *JIT (Just in Time)*

El JIT o producción Justo a Tiempo, es la filosofía japonesa en la cual se requiere que la producción necesaria sea realizada en la cantidad y tiempo establecido, es decir, variación cero al tiempo programado (no producir ni de más ni de menos). El objetivo es el de tratar de eliminar actividades inútiles²⁴ en cualquier proceso, las cuales agregan un costo sin un valor aditivo al producto. Lo cual supone un desperdicio a cualquier actividad que no forme parte de lo establecido, ya que se utilizaron recursos para producir algo no necesario o fuera de tiempo. La premisa básica es la reducción a cero el tiempo de espera, de tal manera que: se invierta lo mínimo en inventario²⁵, se reduzcan tiempo de entrega de producción, se reaccione más rápido ante la demanda y se pueda prever cualquier problema de calidad.

JIT tiene también como objetivo el traducirse en forma de beneficios para la empresa, mediante el retorno de la inversión, además de la reducción en los niveles del inventario. Así mismo, entre otras cosas JIT busca calidad del producto²⁶.

El JIT se aplica sobre todo en procesos de fabricación repetitivos e industrializados. La idea general es establecer procesos del flujo ligando centros del trabajo de modo que haya un flujo de materiales uniforme, equilibrado a través del proceso de producción entero.

1.2.3.2 *TQM (Total Quality Management)*

El TQM o gestión total de la calidad es una metodología que persigue la mejora continua de todo el sistema, entendiendo por esto: diseño, materiales, proveedores, fabricación y distribución. De tal manera que el producto o servicio que el cliente reciba está en constante mejoramiento y en condiciones correctas para su utilización. También se pretende el crecimiento y rentabilidad de la empresa optimizando su competitividad por medio de eliminación de desperdicios y la satisfacción total del cliente.

1.2.3.3 *TPM (Total Productive Maintenance)*

El TPM o mantenimiento de la producción total es un sistema que se usa para optimizar la efectividad de la maquinaria y para prever posibles roturas en ésta. Se basa en el trabajo en equipo e involucra a cualquier nivel o función de una organización. El objetivo primordial del sistema es el de ser efectivo

²⁴ Los fletes y el almacén de materia prima son ejemplos típicos que el JIT considera como actividades inútiles.

²⁵ Para la gestión de inventarios se necesita conocer los costos a tener en cuenta: costo de posesión (almacén, deterioro, robo) y costo de adquisición.

²⁶ La programación de la producción en función de las entregas, así como la reducción de tiempos muertos asociados a la disposición de maquinaria y a los paros de equipos por mantenimiento son también prioridades del JIT.

cuando usamos maquinaria, y eso requiere cuatro técnicas diferentes, que son mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, prevención de mantenimiento y mantenimiento de rotura. Estas metodologías son enfoques parciales, ya que se originan alrededor de uno o más principios centrales. Sin embargo, en lugar de aplicar una sola metodología, es más eficaz adoptar los principios de base de cada una y las metodologías que proporcionan mayores resultados en cada caso particular para así definir enfoque de *Lean Construction*.

1.2.3.4 Mejora Continua

Una idea clave es mantener y mejorar el funcionamiento del trabajo a través de mejoras pequeñas y graduales. Los desperdicios en el proceso son el objetivo de la mejora continua. El término "Aprendizaje de organización" se refiere en parte a la capacidad de mantener la mejora continua (Senge, 1990).

1.2.3.5 Benchmarking

Se refiere a comparar el desempeño actual contra el líder de la especialidad en cuestión (Camp 1989, Compton 1992). En esencia, significa la búsqueda y aplicación las mejores prácticas de empresas que realizar actividades similares o iguales a la que se pretende mejorar. El procedimiento de evaluación comparativa se formalizó en la década de 1980 basada en el trabajo realizado en Xerox (Camp, 1989).

1.2.3.6 Competencia basada en el tiempo

La competencia basada en el tiempo hace referencia a los tiempos de toda la organización para el beneficio de la competencia. Esencialmente, se trata de una generalización de la filosofía JIT. Ohno indica que acortar el tiempo de entrega crea beneficios tales como una disminución en los trabajos no relacionados con el procesamiento, una disminución en el inventario y la facilidad de la identificación del problema (Robinson, 1991).

1.2.3.7 Ingeniería Concurrente

El término se refiere a un proceso de mejora del diseño, se caracteriza por un riguroso análisis de los requisitos de un proyecto, la incorporación de las limitaciones de las siguientes fases en el marco conceptual, y el endurecimiento del control de cambios hacia el final del proceso de diseño. En diferencia al proceso de diseño tradicional los ciclos se transfieren a las fases iniciales y al trabajo en equipo. La compresión del tiempo de diseño, el aumento del número de revisiones, y la reducción de órdenes de cambio son los tres objetivos principales de la ingeniería concurrente.

1.2.3.8 Reingeniería

Este término se refiere a la reconfiguración radical de los procesos y tareas, especialmente en lo que respecta a la aplicación de tecnología de la información. Según Hammer, reconocer y romper con normas e hipótesis obsoletas es la clave en la reingeniería.

1.2.4 Logística de Lean Construction

La filosofía de *Lean Construction* apunta al mejoramiento de la logística como herramienta principal en la eliminación de pérdidas.

En términos de la construcción, la logística se puede entender como: “Llevar los bienes o servicios adecuados al lugar adecuado, en el momento adecuado y en las condiciones deseadas”, bajo un enfoque de eliminar aquellas actividades que no agregan valor a dichos productos con el objetivo de proveer la mejor calidad, costos bajos y entregas a tiempo a los clientes, a la vez que se consigue la mayor contribución a la empresa (Ballow 2004).

Esto se logra con el mejoramiento en las actividades de planificación, organización y el control antes, durante y después de los trabajos de construcción.

Los objetivos principales de un sistema logístico son maximizar el nivel de información hacia el cliente y reducir al mínimo costo total de las actividades del proceso. Es decir los objetivos son generar valor al cliente y reducir el costo en el proceso de producción.

Sin un sistema logístico capaz y eficiente, es imposible obtener los beneficios del *Lean Construction*.

Los elementos que intervienen en el desarrollo de la logística *Lean* son cuatro:

- Sistemas de producción,
- Sistemas de distribución Internos,
- Sistemas de transportación y,
- Relación cliente – proveedor

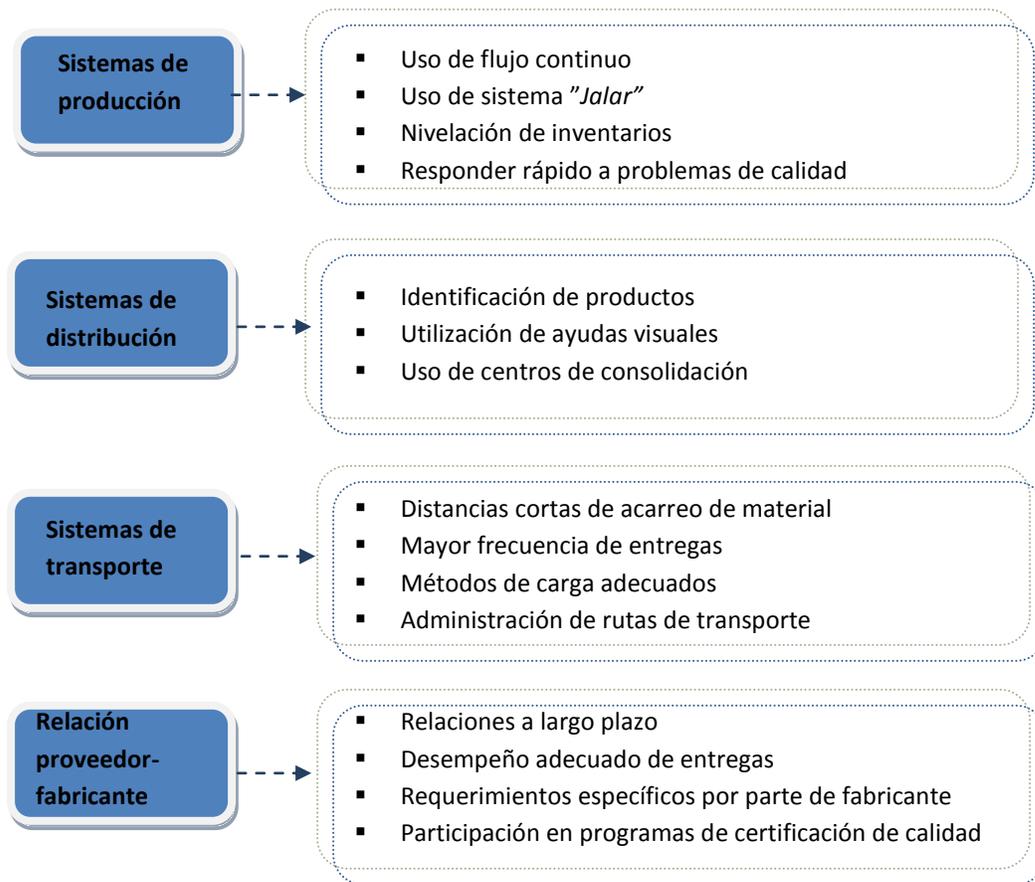


Figura 8. Elementos que integran un sistema de logística *Lean*

1.3 Pérdidas en la Construcción

En la construcción, como toda actividad se genera desperdicios, lo cual genera pérdidas. Generalmente cuando un presupuesto es realizado, se realiza también el programa de obra, ya que de poco sirve conocer el costo de un proyecto si no conocemos la duración del mismo. Los presupuestos y las programaciones como es bien sabido se realizan tomando en cuenta desperdicios asumibles. Así mismo el cálculo de la productividad en una actividad se realiza tomando en cuenta que esta no puede ser del 100%. Por lo tanto en la construcción el desperdicio incosteable es por lo menos, aquél que no haya sido estimado en el presupuesto y que no haya sido calculado en la productividad esperada en una actividad.

En la construcción intervienen una serie de factores tan diversos que disparan las posibilidades de tener más de un tipo de desperdicio. Esta realidad es bien conocida por los profesionales encargados del proceso de la construcción, pues son estos los que tienen la responsabilidad de lidiar con todos los factores que intervienen en la ejecución de un proyecto. Ante estas condiciones la identificación de pérdidas es una herramienta de suma importancia en los proyectos de construcción.

1.3.1 Concepto de Pérdidas

Se considera pérdidas²⁷, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcón, 2002).

Así pues las pérdidas no agregan valor, pero consumen tiempo y recursos generando costos en el proceso de producción.

Para identificar las pérdidas de un proceso constructivo es necesario conocer los tipos de trabajo existentes:

- Trabajo productivo (Tp): Definido como el tiempo empleado por el trabajador en la elaboración de alguna unidad de producción.
- Trabajo contributivo (Tc): Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas.
- Trabajo no contributivo (Tnc)²⁸: Se define como cualquier otra actividad realizada por los trabajadores y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto se consideran pérdidas.

La meta es la eliminación total de las pérdidas (Trabajo no contributivo) a lo largo del proceso productivo, a través de:

- Definir la pérdida
- Identificar el origen

²⁷ Las pérdidas están relacionadas generalmente por la combinación de varios eventos y no de un factor aislado (Skoles, 1973).

²⁸ Según un estudio realizado por la Universidad Católica de Chile el trabajo no contributivo oscila entre un 25 y 30%, lo cual es una oportunidad de mejora.

- Planear la eliminación del desperdicio y,
- Establecer permanentemente un control para prevenir la recurrencia.

Para lograr la identificación de pérdidas existe una clasificación de *siente tipos de desperdicios*²⁹

Sobre las pérdidas se concluye:

- Las pérdidas señalan los problemas dentro del sistema, por lo cual es realmente un síntoma más que una causa.
- Las pérdidas son constantes en cada una de las actividades del proceso productivo.
- El desperdicio incrementa los costos sin aportar ningún beneficio reduciendo nuestra competitividad en el mercado.

1.3.2 Principales fuentes y causas de pérdidas en la construcción

Los porcentajes a continuación presentados son estimaciones basadas en estudios realizados en diferentes países que dan una muestra bastante clara del impacto que tienen los desperdicios en los proyectos.

Tipo de desperdicio	Costo	País
Costos de calidad	12% del costo del proyecto	EUA
Costos externos de calidad	4% del costo del proyecto	Suecia
Falta de constructabilidad	6-10% del costo del proyecto	EUA
Administración deficiente de materiales	10-12% de costos de trabajo	EUA
Consumo excesivo de materiales en sitio	10% en promedio.	Suecia
Tiempo de trabajo usado para actividades que no agregan valor	Aproximadamente 2/3 del tiempo total.	EUA
Falta de seguridad	6% del costo del proyecto	EUA

Tabla 3. Costo estimado de las pérdidas más comunes en la construcción
Fuente: Koskela Lauri, "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992.

²⁹ Los siete desperdicios han sido definidos en parte correspondiente a Desperdicio.

Dichas pérdidas tienen tres causas principales:

- **Diseño:** Se le atribuye desde un 23% hasta un 78% de pérdidas dependiendo del estudio al que se haga mención. Dichos porcentajes son tan altos ya que en muchas ocasiones se tiene poca información y se comienza a trabajar así, ocasionando después retrabajos cuando se tiene información verídica y completa. Se llega a creer que el costo de los mismos es mayor al costo del diseño en sí.
- **Construcción:** Las pérdidas son de un 17% a un 55%. Aquí es necesaria la especificación total del diseño, para eliminar cualquier limitante y problema de construcción.
- **Provisión de materiales:** Falta de provisión oportuna genera pérdidas entre un 15% y 20%. Las alianzas con los proveedores para regular el flujo de materiales de tal manera que no se generen esperas en sitio o se tengan almacenados podría aumentar la rentabilidad del proyecto.

Las pérdidas se dividen en dos grandes grupos:

- **Pérdida inevitable:** Es aquella en que la inversión para evitarla es mayor que la economía que produce.
- **Pérdida evitable:** Sucede cuando el costo del desperdicio es más alto que el costo para prevenirlo.

Para mejorar el proceso de construcción es necesario identificar las pérdidas evitables e inevitables, para lo cual un estudio realizado por la Universidad Católica de Chile genera como resultado las siguientes pérdidas como las más frecuentes en la construcción (Alarcón 1997).

Pérdidas comunes en un proyecto de construcción³⁰	
1. Rehacer trabajo	9. Exceso de vigilancia
2. Trabajos innecesarios	10. Ocio
3. Errores	11. Retraso de actividades
4. Detecciones	12. Procesamiento extra
6. Pérdida de materiales y mano de obra	13. Aclaraciones
7. Deterioro de materiales	14. Esperas
8. Movimientos innecesarios de gente y materiales	15. Descansos

Tabla 4. Ejemplos de pérdidas en un proyecto de edificación

Fuente: Alarcón Luis F., "Herramientas para la Reducción de Pérdidas en Proyectos de Construcción", Revista de ingeniería, Universidad Católica de Chile, volumen 15, junio 1997.

³⁰ Los desperdicios en la industria de la construcción son pasados por alto o relegados a un segundo plano y no se tienen estudios específicos que den estadísticas claras y concretas acerca del costo que estos significan para los proyectos.

1.3.3 Herramientas para el control de pérdidas

La nueva filosofía de producción propone el uso de herramientas que tienen como objetivo reducir los retrasos, interrupciones, mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y la planeación en el proyecto de construcción

Descripción de herramientas:

- Encuesta de mejoramiento y diagnóstico: Esta herramienta tratará de identificar las categorías de pérdidas en las obras de construcción, para lo cual se basa en una encuesta que tiene como objetivo identificar las pérdidas más frecuentes y las fuentes más recurrentes de estas, así como la causa de las mismas. La encuesta puede ser generada por los propios miembros del proyecto. La información requerida para elaborar la encuesta consta de dos partes, una lista de pérdidas y una lista de clasificación de las fuentes potenciales de pérdidas. En el Anexo 3 se muestra la tabla correspondiente.
- Carta de balance de un proceso: La carta balance es un método clásico de análisis de operaciones que permite seguir en forma detallada el uso de los recursos en una operación para identificar oportunidades de mejoramiento, permite identificar las interrelaciones existentes entre las actividades, localizar cuellos de botella y tener una visión global del proceso integrado de las operaciones.

El enfocar la atención en el proceso completo permite analizar mejoras globales, lo que no siempre es posible cuando se cuenta sólo con una visión individual de cada operación. La aplicación de soluciones individuales de este tipo permite reducir esperas y balancear mejor el uso de recursos aumentando en forma importante la productividad de la obra.

La obtención de una carta balance de este tipo requiere una observación permanente del proceso lo que implica un gasto importante de recursos en la recolección de información.

- Muestreo del trabajo: El tradicional muestreo de trabajo presenta un enorme atractivo como herramienta de detección de pérdidas. Por medio de observaciones aleatorias es posible estimar, con una validación estadística la forma en que se usa el tiempo de la mano de obra en un proyecto de construcción, esta información, acompañada por la comparación con parámetros para los mismos proyectos o similares ayuda a identificar las causas de las pérdidas detectadas. Un uso inteligente de esta herramienta puede ayudar enormemente a mejorar la gestión de las obras.

El tipo de oficio es un factor³¹ muy importante en el momento de cuantificar las pérdidas ya que el comportamiento es muy diferente.

Identificar categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas incrementa la productividad (Alarcón 2003).

³¹ Factores que influyen en el tipo de oficio: 1. Alta rotación de ayudantes, 2. Falta de especialización en sus actividades, 3. Poca experiencia y 4. Niveles bajos de compromiso. (Botero 2003).

Las herramientas que se muestra aquí pueden ayudar en la tarea de crear una mentalidad de mejora, lo que hará posible crear gradualmente las condiciones para adoptar los principios de *Lean Construction*.

1.3.4 Herramientas estadísticas de la calidad que ayudan a la reducción de pérdidas

La gestión de la calidad se apoya en herramientas. Un grupo de ellas hacen uso del llamado método estadístico, estas herramientas son conocidas como las siete herramientas estadísticas de la calidad, desarrolladas por Ishikawa. El empleo del método estadístico permite la recopilación y el ordenamiento de datos, de tipo cuantitativo, con el fin de observar desviaciones que permitan la toma de decisiones, encaminadas a mejorar la calidad de los productos. De estas siete herramientas se han seleccionado las que colaboran directamente al control o reducción de pérdidas y se enumeran a continuación:

- Diagrama de causa - efecto

También conocido como espina de pescado o diagrama Ishikawa, aunque no es propiamente una herramienta estadística ayuda a conocer las causas de un problema, considera para esto una relación causa-efecto a partir de una tormenta de ideas. Dicho diagrama por su estructura se asemeja al cuerpo de un pescado, en la cual la cabeza es el objeto en estudio y las ramificaciones las posibles causas, principales y secundarias (Anexo 2). Como causas principales, se colocan las llamadas 5 M's, que son: materiales, mano de obra, maquinaria, método y medición.

- Hoja de verificación

Son hojas de registro que se emplean en la recopilación de datos durante el proceso. Están integradas por tres partes: identificación, fallos y frecuencias. Se busca en ellas claridad, así como que los datos sean representativos de la población en estudio.

- Diagrama de Pareto

Señala que el 20% de las causas de un problema origina el 80% de sus efectos. Dicho principio, que es aproximado, permite visualizar las causas en las que hay que prestar más atención. Estos diagramas pueden ser de dos tipos: de fenómenos, en los cuales se presentan datos de calidad, costos, o de datos, que presentan información sobre operarios, maquinaria, etc.

1.3.5 Herramientas administrativas de la calidad que ayudan a la reducción de pérdidas

Existe otro grupo de herramientas de apoyo, de tipo cualitativo, llamadas las siete herramientas administrativas de la calidad. De estas siete herramientas se han seleccionado las más representativas que pueden ayudar al control de pérdidas.

- Tormenta de ideas

Una de las formas más eficaces para resolver problemas, consiste en la libre exposición de ideas, en una junta en la que intervienen los interesados en el tema a tratar. Se recopilan todas las ideas, de las

cuales se seleccionan las mejores, para la adopción de estrategias a seguir. Esta herramienta es de gran utilidad por el desarrollo de la creatividad y la retroalimentación que genera.

- Diagrama de relación

Herramienta que ayuda en la identificación de relaciones que existen entre los elementos de un problema, para identificar sus causas y sus soluciones. Estas relaciones se realizan por medio de flechas; permite visualizar los múltiples efectos que puede ocasionar un elemento (Anexo 4).

- Diagrama de flujo

Método gráfico que permite visualizar la forma como funciona un proceso, por medio de símbolos para definir procesos y líneas interconectadas para indicar el flujo. Permiten el ahorro de páginas escritas de procedimientos (Anexo 5).

- Diagrama de matriz

Esta herramienta ayuda a organizar y comparar dos o más conjuntos de variables, mediante el empleo de un arreglo matricial. Permite visualizar las posibles combinaciones de métodos para lograr un objetivo. También es posible realizar en ella ordenación de datos (Anexo 6).

1.4 Estado del Arte

En los últimos años ha adquirido una especial importancia el *Lean Construction*, para lo cual se cuenta con abundante información sobre su base teórica, metodología de implementación, recomendaciones para su éxito; pero existe poca información para la aplicación en el proceso de ejecución de un proyecto de construcción y la forma práctica de reducir las pérdidas. A continuación se muestran algunos antecedentes relacionados al tema de investigación que han sido realizados en otros países ya que a la fecha se han encontrado escasos documentos realizados en nuestro país.

Alarcón Luis F., "Herramientas para Reducir las Pérdidas en Proyectos de Construcción", Revista Universidad Pontificia Católica de Chile, vol. 15, Junio 1997

Luis Fernando Alarcón es uno de los principales investigadores del *Lean Construction* y ha realizado varias aportaciones al sistema así en libros y artículos de la revista de ingeniería. A continuación se muestra un ejemplo de ello.

- Resumen

En la revista de ingeniería se han plasmado artículos interesantes de varias aplicaciones del sistema *Lean*, de las cuales uno de los más importantes son las herramientas para reducir las pérdidas en proyectos de construcción ya que se presentan diferentes tipos de herramientas, su aplicación y las ventajas que tiene el uso de ellas.

- Aportación

La principal aportación de este artículo es la recopilación de las herramientas a utilizar y las aplicaciones a proyectos ya que se puede evaluar el resultado del uso de las mismas.

- Análisis crítico

Es un artículo interesante en el sentido de la información que en él se plasma pero es importante resaltar que solo es una recopilación de información que ya existe solo que poniéndola en la perspectiva de los beneficios que trae así como la aplicación a proyectos de construcción.

Torres Formoso C., Isatto Luis; Hitomi Hirota; "Method for Waste Control in the Building Industry", University of California, Berkeley, CA, USA, July 1999.

- Resumen

El documento presenta los resultados preliminares de un proyecto de investigación que tiene como objetivo desarrollar un método para el control de residuos en las obras de construcción. Este método pretende establecer procedimientos de control de pérdidas en el marco de la gestión del sitio de manera rutinaria.

- Aportación

El estudio hace contribuciones para la consolidación de la teoría de *Lean Construction*, a través de la aplicación de algunos de sus principios en la práctica.

Se propone una clasificación de pérdidas en base a anteriores estudios sobre la medición de desperdicios. Con esta clasificación, fue desarrollado un protocolo de datos aplicado a estudios de casos realizados en tres diferentes empresas de construcción en Brasil. Una de las principales conclusiones del documento se refiere a la necesidad de integrar el control de residuos en la planificación de la producción y control de procesos.

- Análisis crítico

La investigación solo se centra en tres procesos (colocación de concreto, enyesado y colocación de cerámica en pisos y muros) por lo tanto creo falta una visión más global de lo que es el proceso de ejecución., Por otra parte no se especifica un método formal ya que se dan consejos pero no existe una metodología de fácil aplicación para las empresas que quisieran reducir sus pérdidas en base a esta investigación.

En resumen, el título del artículo es “Método” lo cual en ninguna parte del escrito muestra un método como tal, sin embargo, si se mencionan consejos y si tiene resultados que aunque no son gráficos ni de fácil comprensión aportan datos interesantes.

Ballard Glenn H., " The Last Planner System of Production Control", Faculty of engineering of the University of Birmingham, May 2000.

- Resumen

El sistema del Último Planificador es una herramienta para controlar interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad entre éstos y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación dentro de la filosofía *Lean Construction*.

- Aportación

Glenn Ballard, propone el sistema del Último Planificador, basado en los principios del *Lean Construction*, que apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia y planificación semanal.

- Análisis crítico

Sin duda el sistema Ultimo Planificar ha sido una de las principales aportaciones bajo los principios de la teoría *Lean*, sin embargo, es un sistema complejo ya que involucra a más personas en el proceso productivo con el fin de incrementar la fiabilidad de la planeación, esto genera un proceso más largo en efecto más fiable pero que requiere de mucha dedicación.

Botero B. Luis F., Álvarez V. Martha E., “Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento)”, *Revista Universidad EAFIT*, octubre-diciembre 2004, año/vol. 40, número 136, Medellín Colombia. Pp. 50-64.

La revista de la universidad EAFIT ha publicado varios artículos correspondientes a la nueva filosofía de producción de los cuales vale la pena destacar la Guía de Mejoramiento para la Productividad debido a la aportación que tiene este artículo.

- Resumen

El artículo presenta una guía para el mejoramiento de la productividad bajo los principios del *Lean Construction*, esta metodología comprende todo el proceso de producción en la construcción bajo un diagrama de fácil utilización.

- Aportación

Una guía para el mejoramiento de la productividad en la construcción de proyectos de vivienda, con la cual se pretende mejorar el desempeño aumentando la competitividad de las empresas del sector. Para tal efecto se estudian nueve proyectos que comprenden casas y edificios en donde muestran la efectividad de la propuesta planteada.

- Análisis crítico

La guía presentada en este artículo abarca desde el uso de nuevas herramientas como lo es el *Lean Construction* hasta la Mejora Continua por lo cual tiene un enfoque completo porque contiene varios procesos de un proyecto de construcción. Como inconveniente la guía es demasiado sencilla ya que no abunda en ningún paso planteado, esto se convierte en un inconveniente para usarlo ya que las empresas que desconozcan estas nuevas filosofías de producción al momento de ver dicha guía necesitarán información del tema o buscar respuestas a dudas debido a la poca complejidad que desarrolla.

Las aportaciones realizadas en *Lean Construction* son bastantes en los últimos 15 años, sin embargo al inicio de esta filosofía se desato un sin número de publicaciones relacionadas con el tema pero en el transcurso del tiempo ha ido en decadencia el número de aportaciones, sin embargo, es una filosofía que sigue vigente y todavía tiene muchas cosas por aportar a la industria de la construcción.

Conclusión Capitular

Después de la revisión teórica se concluye lo siguiente:

- La base teórica existente para el *Lean Construction* es muy amplia gracias a un amplio número de investigadores que han dedicado su tiempo a esta filosofía realizando nuevas aportaciones,
- La industria manufacturera ha sido un punto de referencia y una fuente de innovaciones durante muchas décadas para la industria de la construcción,
- La teoría *Lean* ha venido a revolucionar el mundo de la construcción ya que cuenta con resultados satisfactorios en diferentes tipos de proyectos,
- Existe una fuerte evidencia empírica que muestra que la construcción genera una considerable cantidad de desperdicios que pueden ser evitados,
- La pérdida de valor en el producto final es un problema cada vez más frecuente en la construcción pero puede ser solucionado utilizando la filosofía *Lean*,
- Los principios teóricos de *Lean Production* son la base del *Lean Construction* con los cambios y modificaciones necesarios considerando las limitaciones y diferencias que tiene la construcción,
- Una serie de investigadores han realizado un esfuerzo por conceptualizar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción y así obtener una reducción de pérdidas y mejoramiento de la productividad.
- Los factores que afectan la productividad de la construcción son muchos, pero es una realidad que cada vez existen más filosofías y herramientas que permiten que sea una industria cada vez más confiable y rentable.

Capítulo II Método y Análisis

2.1 Consideraciones Generales

En este capítulo se describe la metodología de investigación empleada para elaborar la Propuesta de Reducción de Pérdidas, ésta propuesta estuvo basada en el marco teórico presentado en el Capítulo I así como en investigaciones anteriores del tema y apoyada con la investigación de campo a realizada.

Principales componentes

Al diseño de investigación lo acompañan tres grandes componentes que son:

- La elección de técnicas de recolección de datos. Básicamente se refiere a las técnicas y herramientas de las que se hizo uso al momento de llevar a cabo el trabajo de campo de la investigación, y con esos datos se llegó a conclusiones sobre nuestras hipótesis formuladas anteriormente.
- Selección de estrategias. Se refiere a la manera en que se realizó la investigación.
- El diseño de la muestra. Básicamente es el criterio en que se eligió la muestra para que fuera representativa de la población que es sujeto de estudio.

2.2 Tipo de investigación

La presente investigación comprende las siguientes características:

- Investigación cuantitativa

Investigación de tipo cuantitativa ya que trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede.

- Investigación no experimental

La presente investigación es de tipo no experimental³² ya que solo se observó los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador.

A partir de las observaciones se procedió a diseñar tanto los objetivos como las hipótesis dando inicio a la investigación.

- Investigación propositiva

La investigación se cataloga como propositiva ya que bajo los principios del sistema *Lean Construction* se propone una nueva metodología para la reducción de pérdidas

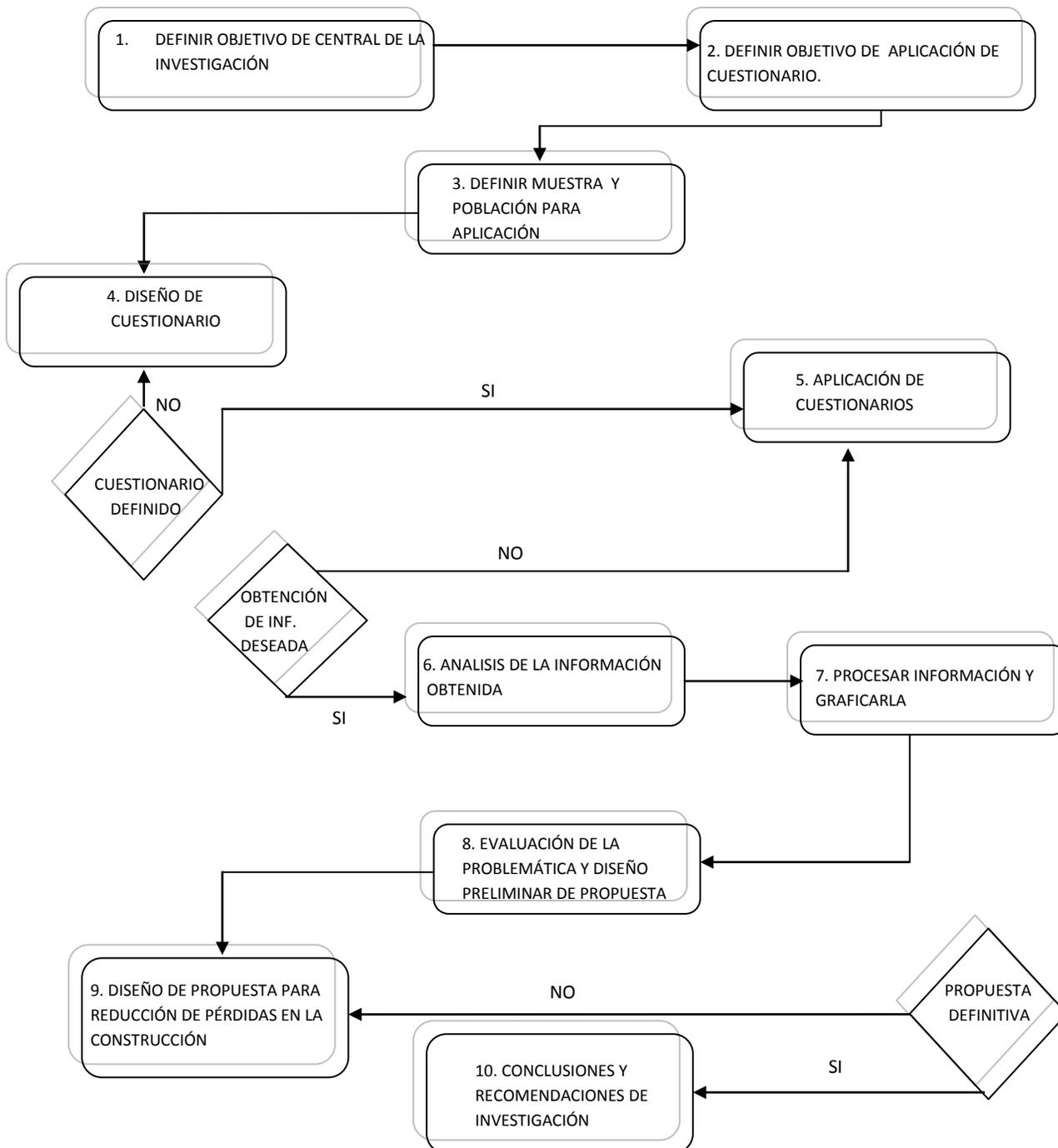
- Investigación descriptiva

³² Es importante considerar que los diseños no experimentales constituyen una alternativa para el estudio de numerosos casos que no permiten el manejo experimental (Kerlinger, 1979; Plutchnik, 1975).

Investigación descriptiva porque se utiliza principalmente el método de análisis, es decir, se descompone el objeto que se va a estudiar en sus distintos aspectos o elementos, para llegar a un conocimiento más especializado. Se realiza una exposición de hechos ideas, explicando las diversas partes, cualidades o circunstancias.

2.3 Descripción del Método

La metodología³³ a emplear para la realización de la propuesta de reducción de pérdidas es la siguiente:



³³ Al explicar la metodología utilizada en la investigación cualquier otro investigador será capaz de reproducir el estudio si así lo desea (Ibáñez, 1995).

En el anterior diagrama de flujo se puede observar que la metodología consta de cinco partes principales:

1. Revisión de información documental
2. Realización de cuestionario en base a información documental e hipótesis planteadas
3. Aplicación del cuestionario³⁴ realizado
4. Análisis e interpretación de resultados
5. Elaboración de propuesta metodológica

Estas cinco partes han sido básicas y elementales para el desarrollo de la investigación ya que cada parte es elemental para llegar al desarrollo correcto de la Propuesta de Reducción de Pérdidas.

2.4 Datos generales

2.4.1 Universo o población³⁵

Es un conjunto de elementos que, delimitándose en el espacio y el tiempo, constituyen el objeto de estudio.

La población hacia la cual se orienta éste trabajo es hacia las empresas pequeñas y medianas³⁶ dedicadas a la edificación vertical de vivienda multifamiliar de interés social y nivel medio que laboran actualmente en el Distrito Federal.

Se delimitó este universo por las siguientes razones:

- a) Actualmente en el Distrito Federal se construye con mayor frecuencia vivienda multifamiliar debido a la amplia población demandante de vivienda y la escases de terrenos para viviendas unifamiliares.
- b) Según diversos estudios la mayoría de los problemas de pérdidas los tienen empresas pequeñas y medianas ya que las empresas más grandes de alguna manera cuentan con un sistema que les permita un control de costos y por lo tanto reducción desperdicios.
- c) Es un número importante el de las empresas dedicadas a la vivienda multifamiliar de interés social e interés medio, por lo tanto es amplia la población que se beneficiaría con la propuesta de este trabajo de investigación.

³⁴ Conviene experimentar la aplicación en un grupo reducido de características lo más semejantes a las personas a las que se va a encuestar. Esta aplicación previa tiene por objeto detectar preguntas e instrucciones ambiguas que posteriormente pueden restar validez al instrumento

³⁵ Una buena descripción de la población permitirá al lector de la investigación determinar el grado de similitud que existe entre los sujetos del estudio y la población con que trabaja y, por ello, cuan aplicables son los resultados (Gay,1987).

³⁶ “La mayoría de las empresas pequeñas y medianas no cuentan con un sistema administrativo bien definido por lo que no existen objetivos ni planes documentados para la empresa, trabajan de manera reactiva, solucionando problemas conforme van apareciendo, la dirección de la misma se lleva de manera empírica, el control es totalmente rudimentario y por esto no se lleva a cabo la medición de resultados para poder aplicar correctamente medidas correctivas” (Gómez 2002, como enfrentar la competencia global, D.F. México.

Al final de este trabajo de investigación la población seleccionada tendrá una Propuesta Metodológica para la Reducción de Pérdidas en el Proceso de Ejecución de un Proyecto de Construcción, ésta propuesta ayudará a reducir las pérdidas que actualmente se tienen y por lo tanto, la reducción de los sobrecostos que éstas generan.

2.4.2 Tamaño de la muestra³⁷

La muestra es aquella parte del universo a la cual se limitará la observación. Para que la muestra sea válida se requiere que sea representativa, es decir, que presente en las mismas proporciones las características del universo estudiado.

El número de muestras se basó en registros del Sistema de Información Empresarial Mexicano (<http://www.siem.gob.mx>) el cual tiene registradas 677 empresas dedicadas al sector de la construcción y que se clasifican de la siguiente manera:

Tipo	Número de empresas
▪ Empresas constructoras	476
▪ Empresas dedicadas a servicios para la construcción	185
▪ Proveedores de insumos	16
<i>Total de empresas</i>	<i>677 empresas</i>

Tabla 5. Empresas dedicadas al sector construcción en el Distrito Federal

Fuente: <http://www.siem.gob.mx>, Julio del 2010.

Aplicar 476 cuestionarios a las empresas dedicadas a la construcción resulta complicado, poco práctico, caro y sobre todo innecesario es por ello que se realizó el filtro de empresas dedicadas a la vivienda multifamiliar de interés social e interés medio. Se seleccionaron 54 empresas que sería el universo resultado de la aplicación de la fórmula del cálculo de la muestra.

³⁷ Un diseño estadístico tiene como mínimo, preferentemente, 30 muestras. (Arnau Grass, 1981, 1984; Barlow y Hersen, 1988; Castro, 1977).

El tamaño de la muestra se obtiene aplicando la formula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza, 1.65 para el 90%, 1.96 para el 95% de confianza

N = Universo³⁸

p = Probabilidad a favor

q = Probabilidad en contra

e = Error de estimación

Así:

$$n = \frac{(1.65)^2 54 (0.50) (0.50)}{(0.10)^2 (54-1) + (1.65)^2 (0.50) (0.50)} = 30.36 = 30 \text{ muestras}$$

El tamaño de la muestra y también su cálculo depende de los factores siguientes:

- La amplitud del universo infinito o no
- El nivel de confianza adoptado
- El error de estimación

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con las siguientes consideraciones:

- El nivel de confianza varía del 90% al 99% por tanto el valor a aplicar es de 1.65 para 90%,
- El universo es de 54,
- Los valores *p* y *q* son constantes 50%,
- Error de estimación del 10%
- En resumen para 30 empresas entrevistadas se tiene un error de estimación (*e*) del 10% con un nivel de confianza (*z*) de 1.65 para un 90%.

³⁸ Isaac y Michael (1981) y Steiner (1982) coinciden en que ya que las pruebas estadísticas convencionales (Ji cuadrada, análisis de varianza, etc) señalan un límite de 30 para el uso de "n-1" en sus formulas para muestras pequeñas (Glass y Stanley, 1974; Haber y Runyon, 1973) podría considerarse este número como mínimo aceptable., así mismo Walpole y Myers, 2000, afirman "Para muestras de tamaño n = 30, sin importar la forma de la mayoría de las poblaciones, la teoría muestral garantiza buenos resultados".

2.5 Cuestionario por encuesta

Es un instrumento para la recopilación de información y consiste en una serie de preguntas a las que se debe responder por escrito.

Las preguntas deben suscitar respuestas que confirmen o descarten las hipótesis de igual manera las preguntas deben reflejar las hipótesis planteadas.

2.5.1 El uso del cuestionario como herramienta

El valor de cuestionario condiciona el de la encuesta, por tal motivo se debe presentar la máxima atención a su preparación ya que no puede haber una buena investigación sin un buen cuestionario.

Un cuestionario debidamente formulado debe favorecer la recopilación de datos para la investigación. Esta es su finalidad, de ahí que la formulación y la naturaleza de las preguntas, la manera de proponerlas y su ordenamiento son aspectos técnicos importantes que deben observarse para que una encuesta por cuestionario resulte satisfactoria.

2.5.2 Características y diseño del cuestionario

Se diseñó el cuestionario acorde con los objetivos planteados y los conceptos evaluados de construcción sin pérdidas.

a) Características

El cuestionario contiene cuatro tipos de información:

1. Información de identificación: Mediante esta información se tuvo una referencia sobre el entrevistado, principalmente para efecto de aclaraciones posteriores.
2. Información de diagnóstico: Permite conocer el estado actual en que labora la empresa encuestada.
3. Información básica: Es la que corresponde al cuerpo del cuestionario, y son todas la preguntas que ayudarán a demostrar una hipótesis.
4. Información de utilidad de metodología: Se conocerá si es de interés de las empresas contar con una Metodología para la Reducción de Pérdidas.

El cuestionario está compuesto de un total de 25 preguntas que son divididas en cinco secciones como sigue:

Instrucciones de contestación

I. Datos generales

II. Diagnóstico

III. Control de pérdidas en proyectos de construcción

IV. Utilidad de metodología para la reducción de pérdidas en proyectos de construcción

V. Implementación metodológica para la reducción de pérdidas en proyectos de construcción

El propósito de dividir el cuestionario en secciones es para ordenar y clasificar la información que se va a obtener conforme al tipo de preguntas que se trata.

b) Diseño

Para el diseño del cuestionario³⁹ fue necesario involucrarse plenamente en el tema y fijar claramente el objetivo que tiene la aplicación del mismo, igualmente fue necesario plantear claramente las preguntas conforme a las hipótesis de la investigación.

El diseño de las preguntas ha sido basado en las hipótesis de trabajo así como en el fundamento teórico existente del tema de investigación, el tiempo dedicado a contestar el cuestionario es de 10 minutos aproximadamente y su forma de medición va a ser gráfica ya que en general son preguntas de fácil codificación.

Las preguntas son claras, sencillas y específicas para evitar confusiones por parte del entrevistado.

2.5.3 Fundamento teórico

Las preguntas han sido diseñadas en función del objetivo que se pretende alcanzar fue primera pauta a seguir en el diseño del cuestionario.

Para el contenido de las secciones del cuestionario ha sido necesario utilizar la base teórica existente hasta la fecha, para de tal manera soportar las ideas plasmadas con la teoría correspondiente de diversos autores especialistas en el tema así como la utilización del criterio propio para definir las preguntas estratégicas que permitan conseguir el propósito de la investigación.

2.5.4 Aplicación del cuestionario

Se aplicó el cuestionario a 30 empresas con características similares dedicadas a la construcción de vivienda multifamiliar de nivel medio e interés social, estas empresas fueron seleccionadas cuidadosamente de acuerdo a obras ejecutadas y experiencia en el sector de la construcción del Distrito Federal y se encuentran registradas en el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM).

Tomando en consideración que no todas las empresas colaborarían con el llenado de cuestionarios para la Reducción de Pérdidas se les envió a un mayor número de empresas dedicadas a la construcción de vivienda multifamiliar de nivel medio e interés social, esto para llegar a un total de 30 muestras y así tener un margen por falta de participación de las empresas debido al desconocimiento del sistema, ignorancia de la utilización y beneficios de la aplicación de la construcción sin pérdidas.

La aplicación del cuestionario fue vía correo electrónico en su mayoría, ya que la aplicación de algunos de ellos fueron personalmente en los cuales se interactuó directamente con el entrevistado y así se obtuvo información referente a su experiencia personal que aportó datos importantes a la presente investigación.

³⁹ El cuestionario se presenta en el anexo 1.

2.6 Conclusión Capitular

Sobre la metodología de investigación se concluye lo siguiente:

- La selección de la muestra se realizó de forma objetiva para que ésta realmente fuera representativa.
- Las empresas a cuestionadas fueron las dedicadas a desarrollo de vivienda multifamiliar de interés social e interés medio ubicadas en el Distrito Federal.
- El diseño del cuestionario se basa en los principios del *Lean Construction*, en las hipótesis formuladas y en las deducciones propias respecto al tema en cuestión.
- Con el contenido de cuestionario se afirmaron o desecharon hipótesis formuladas al inicio de la investigación.
- La herramienta de trabajo para el desarrollo de la Metodología de Reducción de Pérdidas es el cuestionario elaborado en esta parte de la investigación

En la metodología de investigación planteada se define claramente los pasos seguidos para la obtención de datos veraces que permitan el diseño del sistema para la reducción de pérdidas.

Capítulo III Análisis e Interpretación de Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario para la reducción de pérdidas, dichos cuestionarios fueron aplicados a las empresas dedicadas a la construcción de vivienda multifamiliar de nivel medio e interés social. Los resultados se muestran de una forma gráfica y son divididos en las mismas secciones de las que consta el cuestionario. El presente instrumento favoreció a la contrastación de las hipótesis de investigación que se han considerado al inicio de la investigación. El análisis e interpretación de resultados se convirtió en una parte esencial para el desarrollo de la Propuesta Metodológica para la Reducción de Pérdidas que es el objetivo central de esta investigación.

3.1 Técnica de recolección de datos

Se desarrolló un procedimiento para la recolección de datos, que implicó la aplicación de indicadores cuantitativos.

Se elaboró un cuestionario⁴⁰ con el cual se buscó:

- Evaluar el estado actual en cuanto a la aplicación de herramientas para el control de pérdidas en la construcción,
- Identificar las pérdidas más comunes en el proceso de ejecución de proyectos de construcción y,
- Demostrar la utilidad e implementación de una propuesta metodológica para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución de proyectos de construcción.

El cuestionario consta de cinco secciones (Ver anexo 1), las cuales sirvieron para realizar los objetivos anteriormente mencionados.

Este instrumento se diseñó con base en los principios del *Lean Construction* y de las hipótesis formuladas al inicio de la investigación.

Aunque el cuestionario era anónimo, es decir, no se debía colocar el cargo ni el nombre del entrevistado, éste debía desempeñar un alto cargo dentro de la empresa o de la obra (dueño, director, gerente, superintendente de obra, etc.).

⁴⁰ Al elaborar el cuestionario es necesario establecer la forma en que será tabulado e interpretado. Para este objeto, es de gran utilidad la aplicación experimental que permite prever la dispersión que tendrán las respuestas.

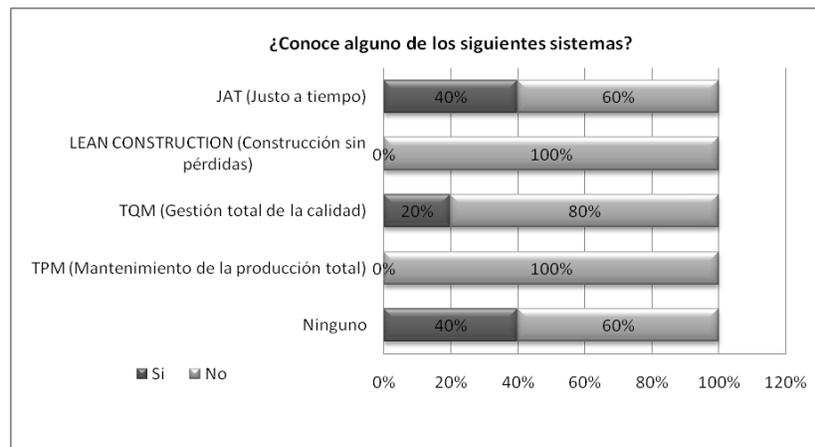
3.2 Análisis de resultados

Se ha subdividido la presentación del análisis de resultados para su mayor comprensión en cinco secciones que son las mismas en las que está subdividido el cuestionario.

3.2.1 Diagnóstico del grado de uso del sistema de construcción sin pérdidas

Como primer paso fue importante saber si las empresas tenían un control de pérdidas, que si bien no era algo formal como el sistema *Lean Construction* tuvieran al menos un tipo de gestión de desperdicios para su beneficio, para tal efecto, se realizaron preguntas que permitieran hacer un diagnóstico de las empresas entrevistadas.

En la Gráfica 1 es importante destacar como las empresas constructoras vigentes en el país no conocen los sistemas de reducción de pérdidas en su gran mayoría, el 40% conoce al JAT (Justo a tiempo) y el 20% al TQM (Gestión total de la calidad) y es de suma importancia para la investigación darse cuenta que las empresas no conocen el *Lean Construction* mucho menos las ventajas que éste otorga, este hecho permite evidenciar que existe un gran retraso en cuanto al uso de las nuevas herramientas en la construcción.



Gráfica 1. Conocimiento de sistemas relacionados con *Lean Construction*
Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 2 se muestra lo siguiente:

1. El 40% de las empresas tienen un estimado de las pérdidas que tienen y aunque ese estimado varia de las pérdidas reales, es bueno que las empresas tengan idea de los desperdicios que sus proyectos están generando.
2. En el *Lean Construction* es muy importante tener en cuenta el concepto de agregar valor al producto final y en esta gráfica se muestra que el 60% de los entrevistados conoce el concepto, algo que beneficiaría la implementación de un sistema para la reducción de pérdidas.

3. Ninguna de las empresas cuenta con un sistema de reducción de pérdidas y, en consecuencia, no conocen las herramientas que podrían usar para disminuir sus porcentajes por concepto de pérdidas, esto desafortunadamente es un punto muy delicado ya que el no contar con un sistema de reducción de pérdidas nos da a conocer que las empresas trabajan con los mismos sistemas de siempre y no se permiten conocer las nuevas estrategias desarrolladas por otros países como una buena oportunidad de mejora en el proceso de la construcción.

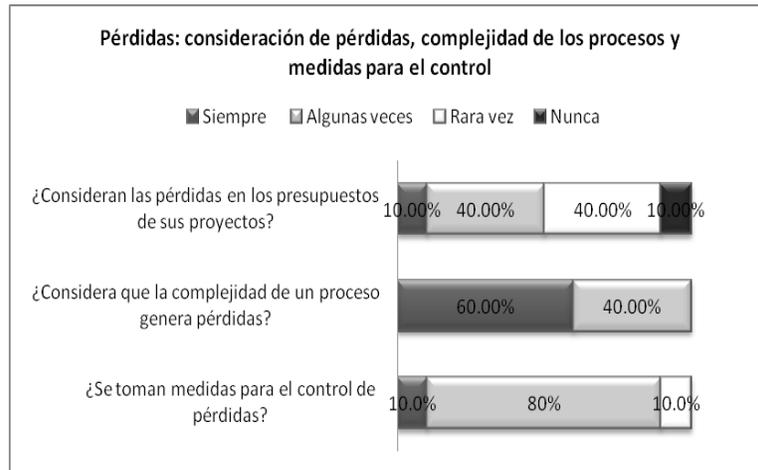


Gráfica 2. Diagnóstico de uso de herramientas *Lean*
Fuente: Elaboración propia

De la Gráfica 3 destaca lo siguiente:

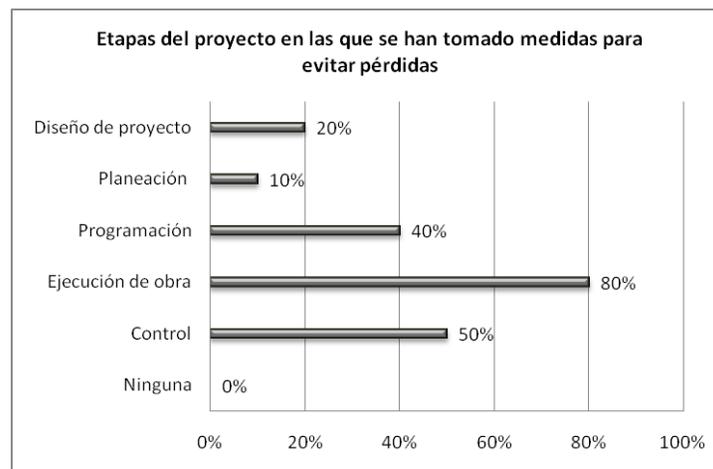
1. Sólo el 10% de las empresas entrevistadas considera siempre las pérdidas en sus procesos, el 40% algunas veces, el 40% rara vez y el 10% nunca, es un problema significativo la cantidad de empresas que no consideran las pérdidas en sus presupuestos, ésto lleva a una falta de previsibilidad y por lo tanto, reducción de utilidad por generación de pérdidas que no fueron contempladas en la elaboración de presupuestos, éstas pérdidas al momento de la ejecución originan problemas que se convierten en gastos extras para la empresa.
2. El 60% de las empresas entrevistadas sabe que la complejidad de un proceso genera pérdidas y es difícil creer que después de tener éste conocimiento no tomen las medidas necesarias al momento del diseño de los proyectos para tener procesos más fáciles y por lo tanto, más limpios y con pérdidas reducidas.⁴¹
3. El 80% de las empresas entrevistadas toma medidas en algunas ocasiones para el control de pérdidas y, si bien destacó en las anteriores gráficas que no cuentan con un sistema formal de reducción de pérdidas al menos cuando se dan cuenta de ellas toman consideraciones para controlarlas o reducirlas.

⁴¹ Principio del *Lean Construction*: Simplificar mediante la minimización de pasos y partes del proceso.



Gráfica 3. Pérdidas: consideración de pérdidas, complejidad de los procesos y medidas para el control
Fuente: Elaboración propia

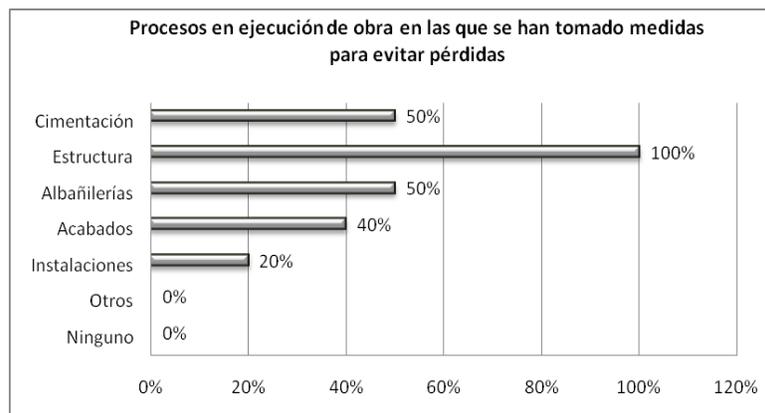
El 80% de las empresas entrevistadas toma medidas en la ejecución de obra (Gráfica 4), el proceso de ejecución es sin duda uno de los más importantes en el ciclo de un proyecto igualmente es un proceso que genera muchas pérdidas por la magnitud e importancia del mismo ya que aquí se conjuntan otros procesos anteriores del ciclo de vida de un proyecto.



Gráfica 4. Ejecución de obra etapa principal para reducir pérdidas
Fuente: Elaboración propia

El proceso de ejecución se subdivide en varias etapas, por lo tanto, del 80% de las empresas que toman medidas en el proceso de ejecución (Gráfica 4) las toman más comúnmente en las siguientes etapas:

El 100% en estructura, 50% en albañilerías y cimentación, 40% en acabados y 20% en instalaciones (Gráfica 5),. La mayoría de las empresas tiene identificado el proceso de la estructura como uno de los más significativos en la generación de pérdidas y en importancia económica en el desarrollo del proyecto, ya que el porcentaje asignado a una estructura representa parte importante en un presupuesto.



Gráfica 5. Principales procesos de ejecución como mayor fuente de pérdidas
Fuente: Elaboración propia

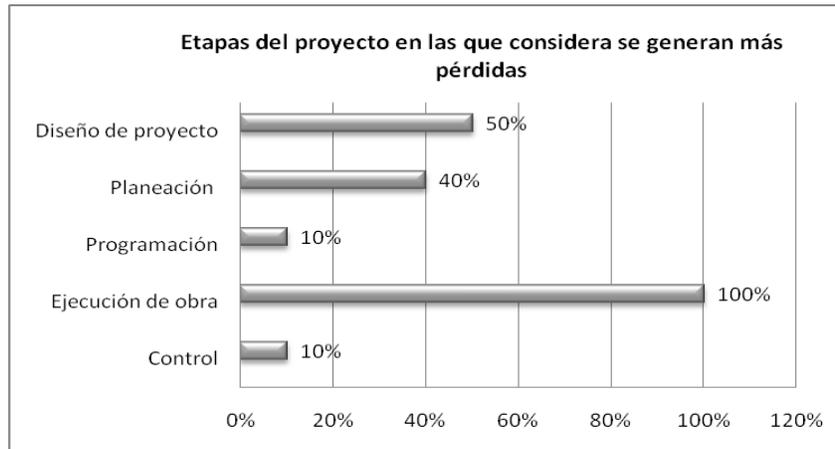
Las empresas no cuentan con un sistema formal para el control de pérdidas pero si tienen idea de que éstas existen y también del porcentaje de excesos por cuestión de las mismas en sus proyectos, el hecho de que se tengan esta estimación de datos en las empresas es un buen punto, pero no del todo ya que si se toman medidas son para algunos de los casos y subsecuentemente en proyectos posteriores ya dejan en el olvido lo que se había elaborado para algún proyecto en particular por la misma cuestión de la informalidad en la gestión de desperdicios.

3.2.2 Control de pérdidas en proyectos de construcción

En esta parte se plasman los procesos que generan más pérdidas así como las etapas de mayor importancia en generación de las mismas, también la documentación de procesos en las empresas y los inventarios o stocks como inversión o desperdicio.

Se considera que en la etapa de ejecución es en donde se generan más pérdidas (Gráfica 6), punto que es necesario para el desarrollo de esta investigación ya que está enfocado a ese proceso, igualmente se consideran que en la etapa de diseño de proyecto y planeación también se generan pérdidas considerables ya que estas pérdidas generarán más pérdidas posteriores en la ejecución si no son corregidas a tiempo y deben ser eliminadas ya que las empresas no tienen la visión de

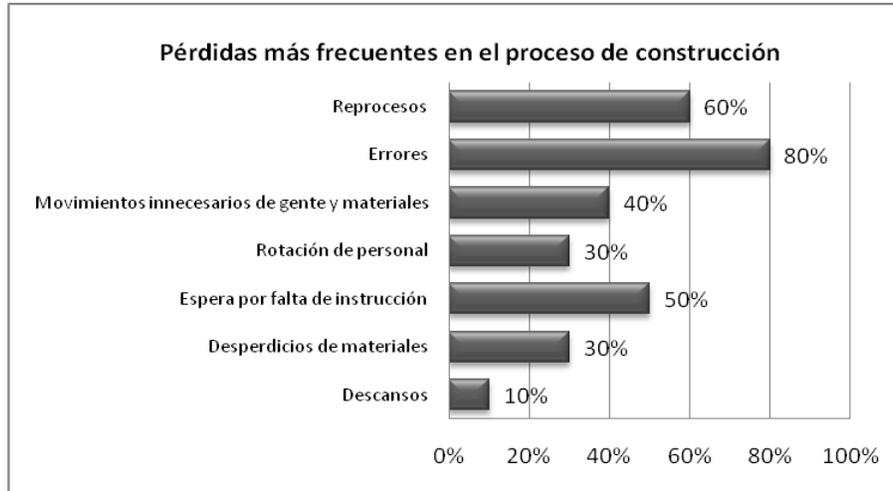
entregar proyectos completos y una debida planeación para que en etapas posteriores estas fases no sean motivo de desperdicios.



Gráfica 6. Etapas del proyecto con mayor porcentaje de pérdidas
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 7 están las pérdidas más frecuentes basadas en los siete desperdicios de Taiichi Ohno (1988) ajustadas a una visión más práctica de la construcción actual en nuestro país. Se observa claramente que las empresas constructoras consideran los errores⁴² como la mayor fuente de pérdidas, reprocesos y espera por falta de instrucción también es una fuente importante de pérdidas en las empresas entrevistadas pero en menor porcentaje, esto indica que existe una fuerte falta de planeación en la etapa de ejecución que lleva a errores que no necesariamente son de la mano de obra sino de todo el personal involucrado ya que ellos son los últimos de la cadena pero existen muchos involucrados anteriores, igualmente ocurre con los reprocesos ya que es la consecuencia de la falta de supervisión durante todo el desarrollo del proceso y no solamente al final como comúnmente es en la ejecución de proyectos.

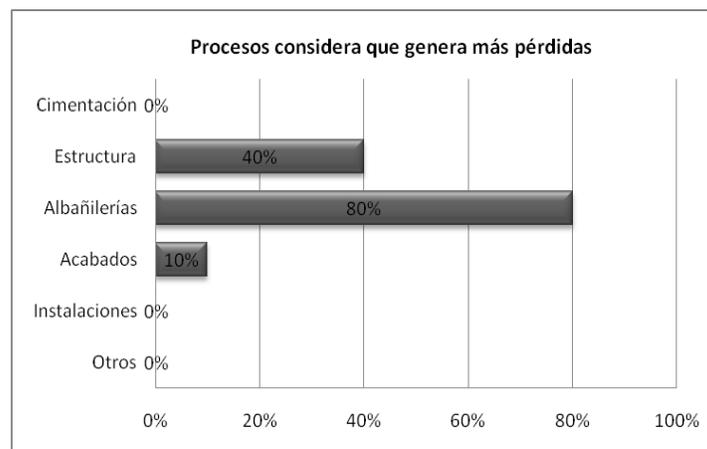
⁴² Dos clases de error. Dos causas para las pérdidas producidas por la confusión entre las causas especiales y las causas comunes de la variación: 1) Adscribir una variación o un error a una causa especial cuando la realidad es que la causa pertenece al sistema (causas comunes); 2) Adscribir una variación o un error al sistema (causas comunes) cuando en realidad es que la causa es especial. (W. Edwards Deming, 1989).



Gráfica 7. Pérdidas más frecuentes

Fuente: Elaboración propia

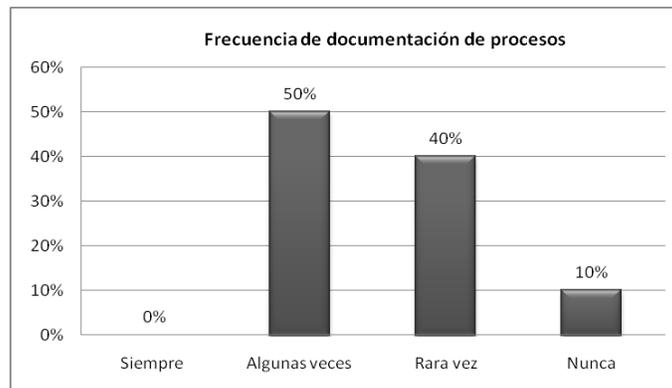
Las empresas entrevistadas opinan que las albañilerías son el proceso que genera más pérdidas seguido de la estructura (Gráfica 8), sin embargo, en las ocasiones que las empresas han tomado medidas para controlar las pérdidas lo han hecho en el proceso de estructura según la Gráfica 5, lo cual se hace debido a la importancia económica de la estructura en un presupuesto ya que el porcentaje de participación de la estructura es más alto que el de las albañilerías por tal motivo es importante tomar medidas en el proceso de estructura sin descuidar los desperdicios que generan las albañilerías.



Gráfica 8. Procesos con mayor porcentaje de pérdidas

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 9 se evidencia el problema frecuente de la falta de documentación de errores y sus posibles correcciones, esto realmente es muy común entre las empresas constructoras y se observa en estos resultados. El documentar los errores cometidos es de vital importancia ya que si éstos no se evalúan y se documentan de manera práctica y sencilla, con facilidad se pueden volver a cometer. Las empresas evalúan los errores verbal e informalmente, pero no llegan a registrarse o documentarse, por lo que además de perderse formalidad, se pierde efectividad en el proceso.



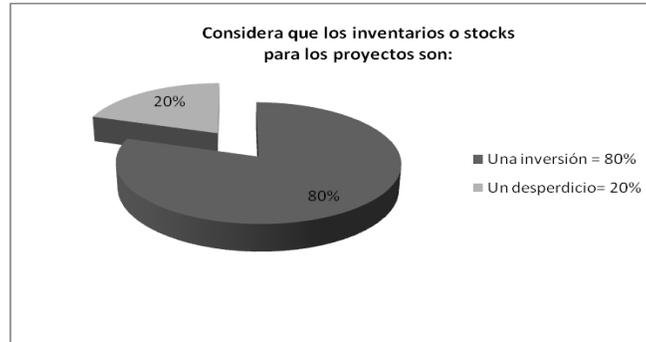
Gráfica 9. Evidencia de falta de documentación de procesos⁴³

Fuente: Elaboración propia

Cero inventarios o stocks en obra es un principio fundamental del JAT (Justo a tiempo) y por supuesto del *Lean Construction*. En la Gráfica 10 se evidencia que es una realidad que las las empresas consideran que los inventarios son una inversión y no tienen en cuenta los costos que ellos generan, es complicado creer que el 40% de las empresas conoce el JAT según la Gráfica 1, sin embargo, consideran que los inventarios son una inversión siendo que si en verdad ubicaran los principios mínimos del JAT sabrían que no son precisamente una inversión. Generalmente los inventarios ocultan problemas⁴⁴ que no se solucionan y a lo largo del proceso seguirán generando pérdidas.

⁴³ “La experiencia sin teoría no enseña nada. En realidad la experiencia no se puede registrar a menos que haya alguna teoría, por tosca que sea, que suministre una hipótesis y un sistema para catalogar las observaciones”, (Scribner’s, 1929; Dover, 1956).

⁴⁴ Los inventarios o existencias protegen los problemas, impidiendo que alguien los resuelva y ofrecen otras maneras de adaptarse a los problemas sin necesidad de resolverlos, (Edward J. Hay, 1989).



Gráfica 10. Idea errónea de los inventarios o stocks⁴⁵

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Excesos en los costos por falta de implementación⁴⁶

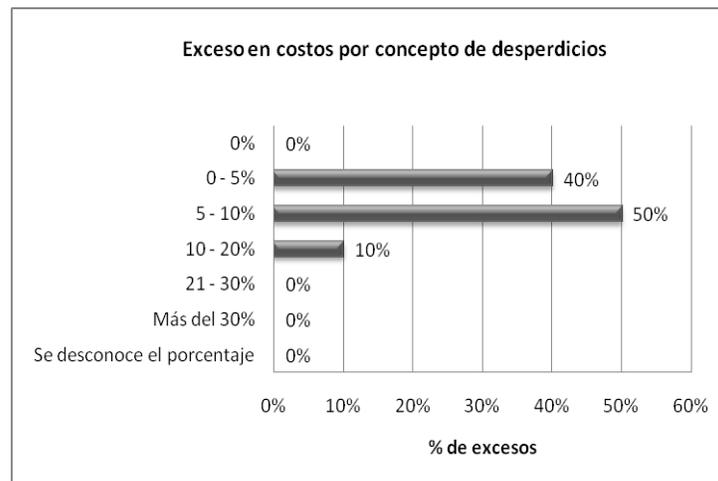
En esta parte se analizaron 2 tipos de excesos:

- Excesos totales que se tienen en el presupuesto final por concepto de pérdidas que es la Gráfica 11.
- Variación que se tiene entre las pérdidas consideradas y las pérdidas reales después de la conclusión del proyecto (Gráfica 12).

⁴⁵ Muchos datos indican que los costos de mantener las existencias generalmente equivalen del 25 al 30% del valor total de las mismas. (Edward J. Hay, 1989).

⁴⁶ "La reducción de costos puede alcanzar hasta al 25 % en comparación con el tradicional enfoque de gestión de proyectos". (Howell, 1999).

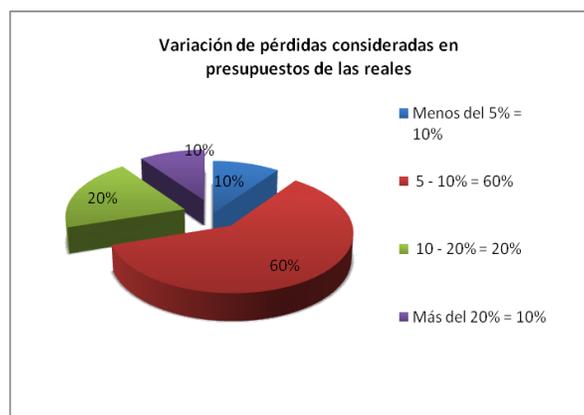
El 50% de las empresas entrevistadas tienen excesos en los costos entre el 5 y el 10%, este margen implica pérdidas importantes en la rentabilidad de la industria en cuestión, ya que las inversiones en el sector de la construcción son muy altas y el porcentaje de rentabilidad, hasta cierto punto, bajo con respecto a otros sectores productivos. El 40% de las empresas tiene pérdidas menores del 5%, esto es un porcentaje bajo con respecto a lo considerado en los presupuestos al momento de su elaboración.



Gráfica 11. Excesos en costos

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 3, el 90% de las empresas que consideran las pérdidas (siempre, algunas veces, rara vez, nunca) tienen variaciones en la consideración de éstas y el mayor porcentaje de variación está entre un 5 y 10% de lo considerado (Gráfica 12) para el 60% del total de las empresas, situación que indica una buena oportunidad de mejora.



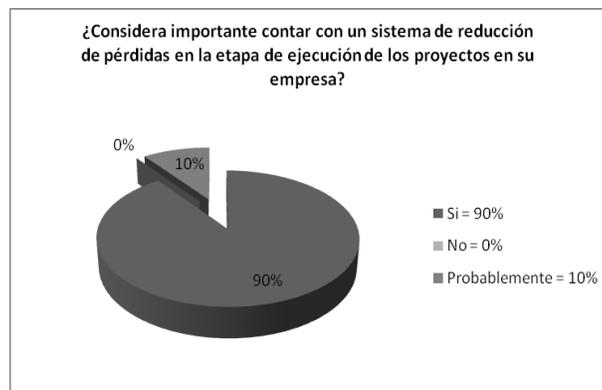
Gráfica 12. Variación de pérdidas consideradas contra reales

Fuente: Elaboración propia

Los excesos en los costos es sin duda un problema constante en la construcción peroafortundamente existen nuevas estrategias para mejorar o reducir esos excesos con propuestas de fácil aplicación en el desarrollo de proyectos.

3.2.4 Utilidad de metodología para la reducción de pérdidas en la construcción

El 90% de las empresas entrevistadas considera importante contar con un sistema de reducción de pérdidas (Gráfica 13) y, aunque no conocen los beneficios exactos que un sistema así les traería saben que tener internamente una herramienta les ayudaría a poder detectar problemas, prever y controlar pérdidas y disminuir los sobrecostos por mal uso de recursos. Así con el uso de una metodología se podrá aumentar la utilidad y rentabilidad de la construcción.



Gráfica 13. Importancia de contar con un sistema de reducción de pérdidas
Fuente: Elaboración propia

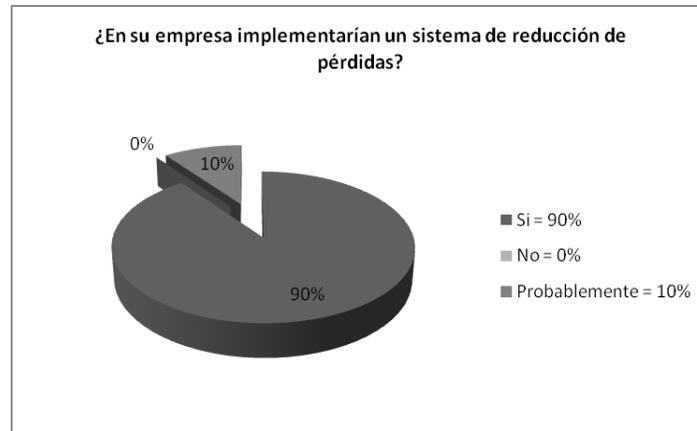
3.2.5 Implementación de la metodología

La falta de motivación en la implementación de innovaciones y nuevas estrategias tiene que ver con la usual “resistencia al cambio”, se realizan las cosas igual durante años sin evaluar si realmente está funcionando el sistema utilizado. Este problema puede romper con la investigación exhaustiva de las innovaciones presentes en el mercado y la mejora cuantificable de las mismas en cuanto a rendimientos, productividad y rentabilidad.

Sin importar el hecho que la mayoría de las empresas no tengan conocimiento sobre el *Lean Construction*, la disposición a su implementación es muy alta (Gráfica 14), quiere decir que hay una necesidad extendida de generar cambios para mejorar la productividad de los procesos en las empresas.

Ejecutar cambios trascendentales en una empresa no es fácil, requiere de tiempo y dedicación, sin embargo, los empresarios manifiestan estar dispuestos a llevarlos a cabo para optimizar su

productividad, efectividad, eficiencia, rentabilidad, para mejorar la ejecución de proyectos de construcción.



Gráfica 14. Disponibilidad a implementar un sistema de reducción de pérdidas
Fuente: Elaboración propia

3.5 Conclusión Capitular

De acuerdo con los resultados emitidos de la aplicación del cuestionario y tomando en consideración la situación actual de las empresas dedicadas a la construcción de vivienda multifamiliar en cuanto al uso y conocimiento del *Lean Construction* se concluye lo siguiente:

- La mayoría de las empresas desconoce el término *Lean Construction* por esa razón, la implementación del mismo es un punto complejo a considerar. Sin embargo, las empresas se mostraron dispuestas a generar cambios para la implementación de una metodología para la reducción de pérdidas, siempre y cuando ayude a optimizar los procesos de ejecución de las obras, mejore el rendimiento de los recursos y genere beneficios económicos y de esta manera sea efectiva la implementación.
- Las empresas tienen idea de las pérdidas generadas pero no cuentan con un sistema de gestión de pérdidas ni control de recursos que les permita cuantificarlas y eliminarlas, aunque de alguna manera se toman medidas para controlarlas.
- La etapa de ejecución es una fuente importante de pérdidas en el ciclo del proyecto y una buena oportunidad de mejora económica para las empresas.
- Los costos de las pérdidas son más altos de los consignados por las empresas al inicio de los proyectos motivo que reduce la utilidad esperada de ellos.
- La idea errónea de los inventarios como inversión les ocasiona pérdidas considerables a las empresas y aunque tener mínimos inventarios es un punto complejo de manejar por todos los involucrados en la logística es un problema que indudablemente se puede mejorar y controlar.
- La falta de documentación de procesos es una herramienta muy útil para evitar pérdidas, con hechos documentados se adquiere experiencia y promueven soluciones a problemas posteriores. Las empresas no dedican recursos a este punto tan importante por el tiempo que se invierte en ello sin ver los beneficios que una herramienta así les traería ya que al no documentar los procesos se repetirán los errores una y otra vez generando gastos innecesarios.
- Existe una necesidad extendida de generar cambios para mejorar la productividad en las empresas, bien sea utilizando el *Lean Construction* o cualquier otro programa de mejoramiento continuo que les aporte alguna solución a sus necesidades y problemas recurrentes.
- Es indudable que es necesario tener una herramienta de fácil comprensión e implementación en la industria de la construcción, de ahí la necesidad de una Metodología para la Reducción de Pérdidas ya que es un instrumento que aportará muchos beneficios a las empresas constructoras.

Capítulo IV Propuesta Metodológica

El presente capítulo muestra la Propuesta Metodológica para la Reducción de Pérdidas, ésta propuesta se desarrolló después de haber conocido la teoría correspondiente y los resultados de la investigación de campo, esto permitió detectar los principales problemas en el proceso de ejecución, con lo cual se sabe que la reducción de pérdidas es posible contando con un sistema más ordenado que permita realizar un proceso con calidad y con la menor cantidad de sobrecostos. Así pues es importante contar con una metodología que permita contrarrestar los problemas recurrentes de exceso de costos en la construcción.

En este capítulo se propone el uso de una metodología práctica para el proceso de ejecución de proyectos de interés social y medio que permita la reducción de pérdidas y disminución de sobrecostos en los proyectos de construcción llegando al objetivo principal de esta investigación.

4.1 Consideraciones generales para la propuesta metodológica

Para el diseño de la propuesta fue necesario ubicar correctamente el proceso de la construcción, conocer los problemas recurrentes en el proceso de ejecución y la teoría respecto al *Lean Construction*. Con esta información fue factible plantear una metodología para el proceso de ejecución en donde se maneja un flujo principal del proceso y las medidas correctivas necesarias para evitar las pérdidas.

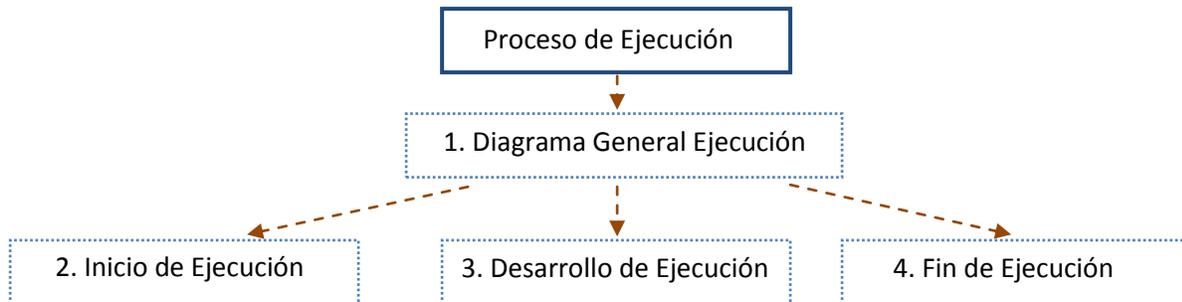
La construcción es un proceso variable y único ya que de un proyecto a otro las condiciones son diferentes y por tal razón es complicado unificar una solución a todos los problemas, con la siguiente metodología aunque se sepa que las pérdidas nunca van a desaparecer en su totalidad si ayudará a que se reduzcan considerablemente.

La ejecución es un proceso complejo que implica otros procesos anteriores, por tales motivos se planteó una solución práctica que permita absorber omisiones de procesos anteriores ya que en la construcción de nuestro país en muchas ocasiones se inicia el proceso de ejecución sin tener bien definidos los procesos preliminares.

Se ha establecido una secuencia práctica y sencilla tomando en cuenta como se lleva a cabo el proceso de ejecución actualmente en nuestro país y sin descuidar nunca que sea para uso y beneficio de las empresas constructoras.

4.2 Diseño de la Propuesta Metodológica para la Reducción de Pérdidas en la Construcción

El diseño de la propuesta está comprendido de los siguientes diagramas de flujo:

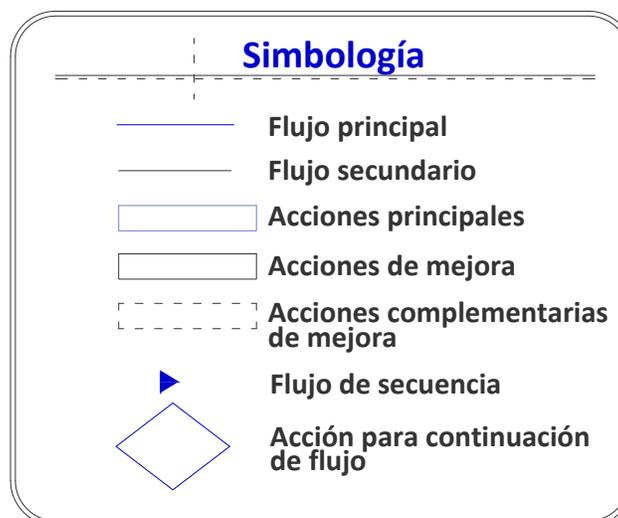


Estructura general de Propuesta Metodológica

Se ha estructurado la propuesta de la manera anterior para facilitar su uso y comprensión.

Para las empresas que deseen implementar esta metodología y no tienen el tiempo requerido para involucrarse con toda la propuesta, pueden usar solo el diagrama general que contiene los puntos a seguir a lo largo de la ejecución explicados de tal manera que les permita reducir sus pérdidas y en los demás diagramas se abunda sobre los puntos establecidos.

Los diagramas 2,3 y 4 contienen una explicación más detallada del proceso de ejecución y las especificaciones necesarias para poder llegar a la reducción de pérdidas de una manera secuencial y ordenada por medio de acciones de fácil aplicación.



Simbología utilizada para la propuesta metodológica

4.2.1 Diagrama de flujo general para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución

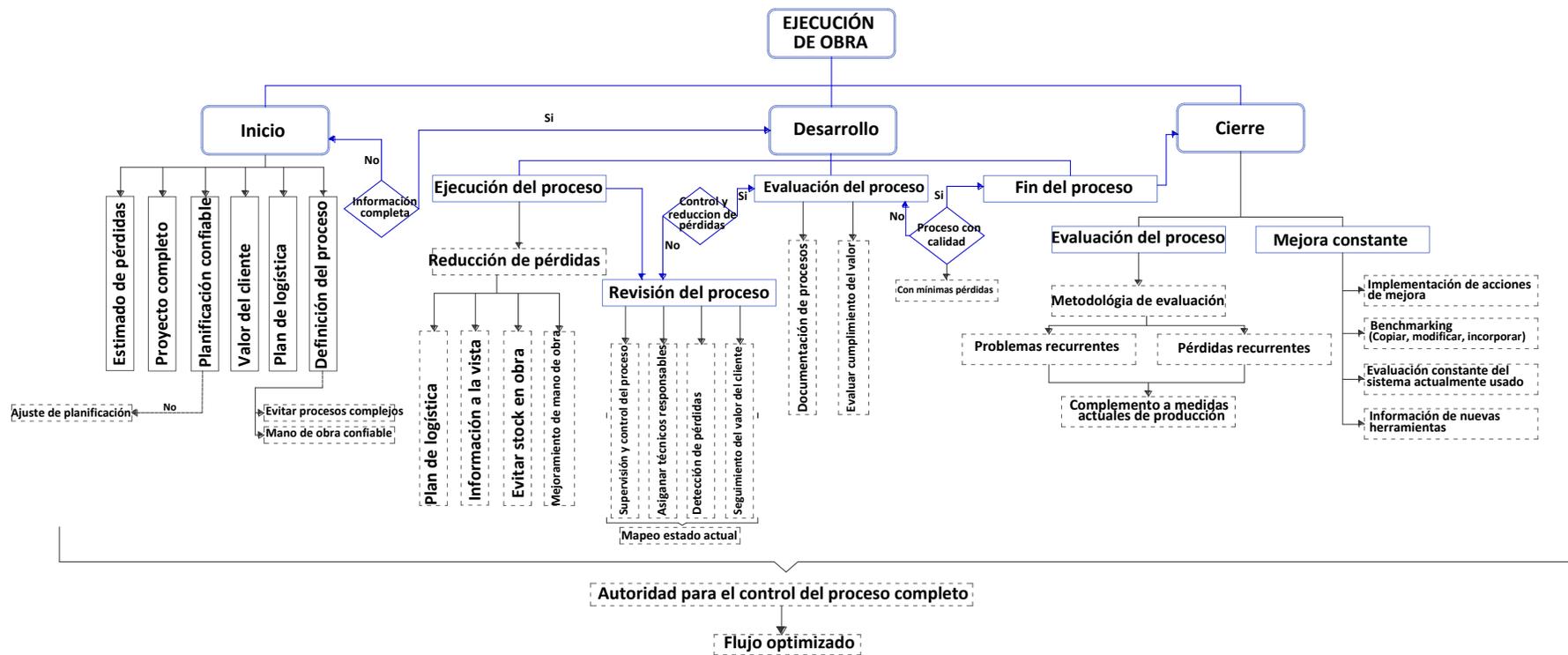
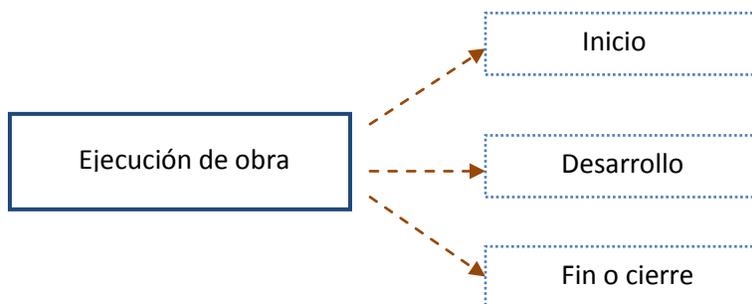


Figura 9. **Diagrama general** de flujo de metodología para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución de un proyecto de construcción.

(Elaboración propia)

4.2.1.1 Descripción del diagrama de flujo de metodología general para reducción de pérdidas

El proceso de ejecución fue subdividido de la siguiente manera:



En cada proyecto es necesario partir de un punto para llegar a su máximo crecimiento y posteriormente descender para finalizar, así pues, la ejecución debía ser estructura de tal manera que permitiera clasificar las actividades correspondientes a cada etapa de ejecución para lograr una mejor comprensión, mejores resultados de aplicación y sencilla implementación de la propuesta planteada.

El diagrama general cuenta con los siguientes elementos (simbología de propuesta):

- Acciones principales: Actividades principales del proceso de ejecución.
- Acciones de mejora: Acciones que deben implementarse dar seguimiento para lograr la reducción de pérdidas.
- Acciones complementarias de mejora: Acciones de apoyo para mejora y que se verán reflejadas en el flujo completo del proceso.
- Flujo principal: Es el flujo principal del proceso esta caracterizado por las acciones principales.
- Flujo secundario: Complemento al flujo principal y caracterizado por acciones de mejora y acciones complementarias de mejora.
- Flujo de secuencia: Indica el siguiente punto a seguir el flujo general del proceso.

Con las anteriores herramientas se logra la propuesta metodológica general que logra un flujo completo del proceso de ejecución con mínimas pérdidas.

Descripción técnica del Diagrama General:

- *Inicio de Ejecución:* Esta etapa es parte primordial para la ejecución ya que si en se tiene la información necesaria para comenzar los trabajos se tendrá un reducción de pérdidas, si desde aquí se tienen deficiencias se verán reflejas en pérdidas, y aunque actualmente es difícil iniciar con una información completa y confiable siempre será posible mejorar las etapas previas a la ejecución.

La metodología presentada puede funcionar sin tener proyecto completo, pero es necesario señalar que implicará el doble de esfuerzo por parte de personal involucrado para evitar pérdidas generadas por falta de información, es necesario que se tenga proyecto lo más completo y especificado posible.

Actualmente en la construcción difícilmente se dará inicio a los trabajos hasta que se tenga un proyecto completo, pero es importante destacar que muchas de las pérdidas se generan por falta de una propuesta ejecutiva convincente y completa para la ejecución.

- *Desarrollo de Ejecución:* Etapa en la que se hace uso de muchos recursos humanos y materiales, por lo cual es muy importante poner atención en ella y llevarla de acuerdo a la metodología planteada. Es la parte cumbre de la ejecución y el seguimiento de las acciones planteadas definitivamente tendrá un ahorro económico notable en este proceso.

El desarrollo de la ejecución a su vez se subdivide de la siguiente forma:

- Ejecución del proceso: Parte principal del desarrollo ya que aquí se llevará la realización del proceso como tal. Es importante ir reduciendo las pérdidas en todo el proceso de ejecución con las acciones que se muestran en el diagrama.
- Revisión del proceso: Paralelamente con la ejecución del proceso es necesario tener revisiones y supervisiones constantes para evitar reprocesos y errores que son consideradas pérdidas.
- Evaluación del proceso: Si el personal encargado de la ejecución considera que a pesar de las medidas tomadas según la metodología se siguen teniendo pérdidas es necesario evaluar el proceso usado, es importante que estas evaluaciones se realicen desde un punto de vista global y con un sentido crítico y objetivo.
- Fin del proceso: Culminación de la elaboración del proceso y liga importante para pasar al cierre de la ejecución.

- *Cierre de Ejecución:* El cierre es de fundamental importancia y será una valiosa herramienta para el desarrollo de los siguientes proyectos. Al finalizar el proyecto será necesario que se realice una evaluación general de cómo se llevó a cabo la ejecución, esto con la ayuda de herramientas y sobretodo del personal involucrado. Esta evaluación debe ser lo más crítica posible para poder sacarle el provecho requerido. De igual manera es necesario tener una visión de que la construcción siempre puede mejorar y para ello es importante tener en cuenta las nuevas herramientas desarrolladas por investigadores de todo el mundo para uso y beneficio de esta la industria.

La metodología general permitirá la reducción de pérdidas llevando a cabo las acciones planeadas en ella, las empresas deben poner de su parte para que esta metodología funcione, y aunque no requiere uso de muchos recursos económicos pero si es importante señalar que requiere tiempo y constancia.

Definitivamente los beneficios obtenidos serán mayores que los recursos aplicados para su implementación.

4.2.2 Diagrama de flujo para *Inicio de Ejecución* de un proyecto de construcción

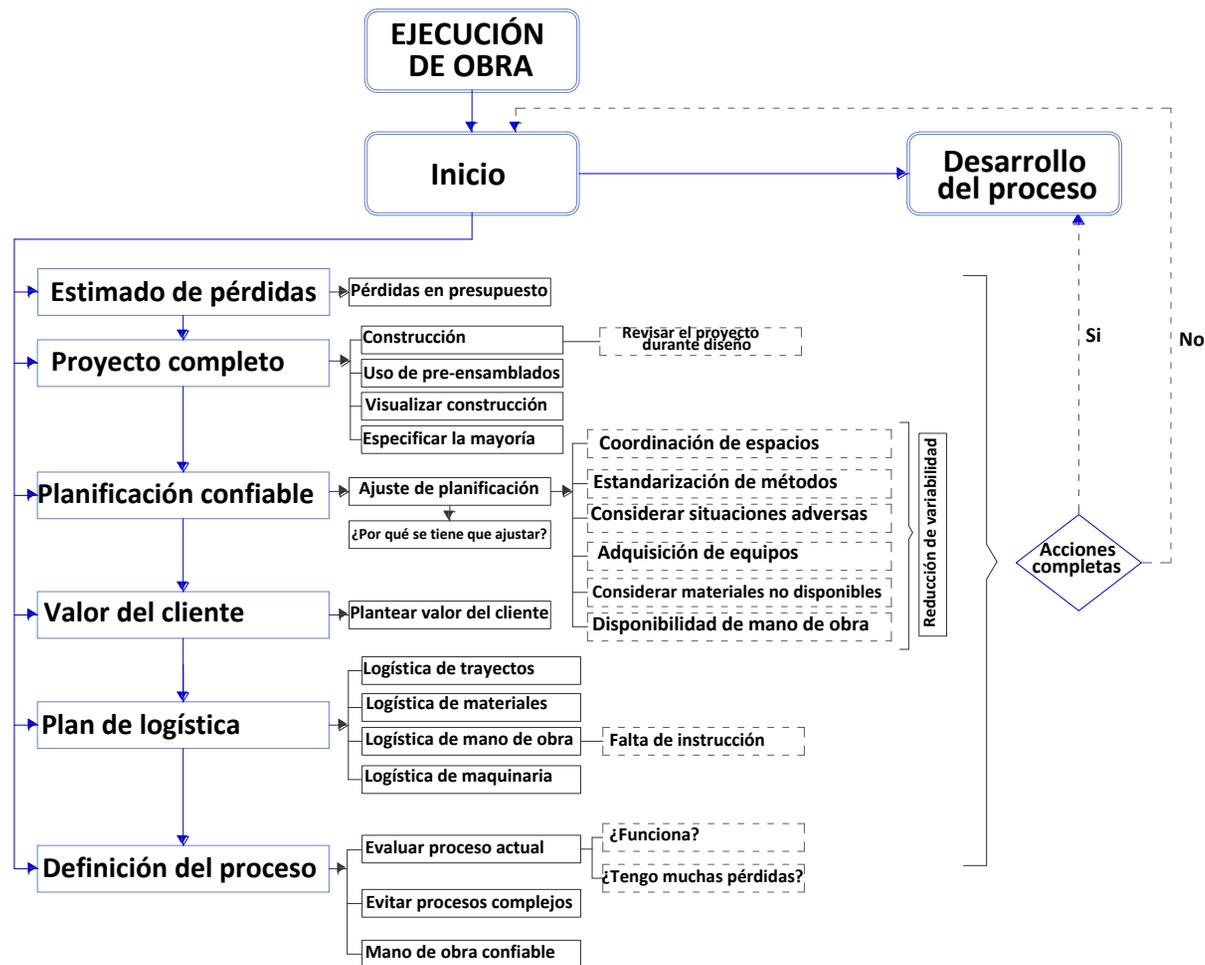


Figura 10. Diagrama de flujo para la reducción de pérdidas para el *Inicio de Ejecución*.

(Elaboración propia)

4.2.2.1 Descripción de componentes de diagrama de flujo para Inicio de Ejecución

El diagrama de inicio de ejecución está compuesto básicamente por los instrumentos necesarios para el comienzo de la obra.

Esta etapa es de suma importancia para la eliminación de pérdidas en el desarrollo de la ejecución, por lo tanto es vital concentrar recursos en que la información con la que se va a iniciar sea lo más completa y especificada posible en lo referente a planos, especificaciones, presupuesto y programa de obra.

El inicio del desarrollo de la ejecución de obra estará condicionado de los siguientes conceptos:

- Estimado de pérdidas. Se debe tener un estimado de pérdidas para que estas sean contempladas en los presupuestos, dicha estimación conforme avance la experiencia de la empresa será más confiable y más cercanas a la realidad, el tener una visión global del proyecto ayudará sin lugar a duda a la estimación de pérdidas y que no varíen demasiado con las obtenidas al final del proyecto.
- Proyecto completo. Tener el proyecto completo al inicio de los trabajos es un punto muy complejo a considerar ya que la construcción tienen problemas recurrentes en el diseño, y aunque el punto del por qué no se tienen proyectos completos al inicio de los trabajos es un tema que daría para toda una investigación adicional, se puede ayudar a completar los proyectos con las siguientes observaciones generales:
 - Personal encargado de ejecución involucrarse durante el diseño del proyecto, es imprescindible que la experiencia constructiva revise el diseño, antes que éste culmine para evitar modificaciones posteriores en la ejecución que resultan mucho más costosas que en los planos.
 - Uso de pre-ensamblados para hacer más eficiente el proceso constructivo.
 - Personas encargadas de diseño tener una visión más completa y general del proceso de construcción para evitar procesos demasiado complicados que posteriormente ocasionen pérdidas.
 - Tener las especificaciones lo más completas posibles y evitar que queden cosas indefinidas para que al momento de la ejecución no surjan dudas por falta de especificación.

Los puntos anteriores no son muy complicados pero si necesitan tiempo, las ventajas de dar seguimiento a estos puntos es una reducción de pérdidas en la parte de desarrollo de ejecución. El no contar con un proyecto completo no es motivo de no seguir con la metodología y aunque es más conveniente que el proyecto esté completo para tener mejores resultados, también con un proyecto incompleto se lograrán buenos efectos, esto con la aclaración que la ejecución se

tendrá que desarrollar de una manera muy cuidadosa para que no se generen pérdidas por causa de no completar con los puntos especificados de **Inicio de Ejecución**.

- Planificación confiable. El contar con una planificación confiable se resume en reducción de variabilidad y por tanto menos pérdidas. Actualmente es cada vez más frecuente que la planificación no se siga o en el peor de los casos se tenga que realizar cuando ya se está ejecutando un proyecto, esto desencadena un sin número de problemas que se traducen en pérdidas y sobrecostos para las empresas.

Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernardes 2001):

- El control está basado en general, en el intercambio de informaciones verbales entre el personal que realiza el programa con el encargado de ejecución de obras, cubriendo solamente una pequeña parte ejecución sin ninguna relación con las demás partes involucradas en la ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia en la utilización de los recursos.
- Olvidamos la incertidumbre inherente de los procesos productivos en los proyectos de construcción, esto se observa en planes de largo plazo muy detallados que llevan a realizar constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
- La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en la industria de la construcción se orienta más bien al control de las actividades. Un control orientado solo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas.

Los problemas más comunes en el programa de obra son los siguientes:

- La realización poco realista del programa de obra, bien sea por lógica incorrecta, por duraciones sobreestimadas o subestimadas.
- La no consideración o ligereza de las condiciones climáticas.
- Porque se obviaron algunas actividades importantes que incidieron notablemente en la duración total del proyecto.
- Por problemas con la disponibilidad de materiales, equipo, mano de obra, contratistas.

La planeación de una obra requiere de experiencia en construcción, manejo de tiempos reales, uso de estadísticas de tiempos de proyectos anteriores; aspectos que no todos los constructores dominan.

- Valor del cliente. El valor del cliente en la construcción es un tema del que pocas empresas se ocupan, no se tiene la visión de tomar en cuenta el valor del cliente para evitar que todo el proceso constructivo carezca de valor. Por eso es de vital importancia comenzar por plantear las necesidades primordiales del cliente y no hacer las cosas justamente al revés, generalmente se elabora un producto y ya teniéndolo se le vende a un cliente, este cliente no tiene la certeza que sea de su completo agrado o interés.
- Plan de logística. La logística es un punto primordial en la filosofía *Lean* ya que sin ella el resto de las cosas que se hagan para reducir pérdidas pierden sentido, así pues se deben realizar logística de materiales, mano de obra, trayectos y maquinaria. La logística debe estar planteada al inicio de la ejecución pero durante todo el proceso se deberán tener un cuidadoso seguimiento de logística y coordinaciones generales de recursos.
- Definición del proceso. Definir cómo se van a realizar los procesos con apoyo de mano de obra confiable, tratar de evitar procesos complejos y evaluar el proceso actual de realización.

Si se llegarán a tener procesos complejos es importante dar una explicación a la mano de obra de cómo realizar las cosas y estar supervisando todo el proceso.

La evaluación del proceso actual ayudará a detectar pérdidas en etapas tempranas por eso es necesario analizar la forma como se vienen haciendo las cosas.

Con las anteriores acciones se definirá el **Inicio de la Ejecución** y se tendrán menos pérdidas en el proceso en general.

4.2.3.1 Descripción de componentes de diagrama Desarrollo de Ejecución

Para llevar a cabo el desarrollo del proceso es necesario tener una revisión y evaluación constante para llegar a un buen fin o término del proceso.

El desarrollo del proceso se subdividió de la siguiente forma:

- Ejecución del proceso. Aquí es en donde se van a reducir la mayor parte de las pérdidas para lo cual se tienen los siguientes conceptos:
 - Plan de logística. El plan de logística tiene su mayor relevancia en la parte de inicio ya que se tienen que tener definidos los planes de logística generales, en ejecución se tienen que dar seguimiento a esos planes de inicio e ir realizando los ajustes necesarios por las condiciones que pudieran presentarse en el desarrollo., por tales motivos es necesario que se tenga una planificación, organización y control antes, durante y después de los trabajos de construcción.
En esta parte se deben fijar acuerdos con proveedores para lograr menos stocks y menos pérdidas. Los proveedores generalmente no cumplen con los acuerdos fijados pero existen maneras de llegar a convenios para lograr las entregas de material cuando se necesiten.
 - Planos a la vista y actualizados. En la filosofía *Lean Construction* el uso de controles visuales es elemental para evitar desperdicios, por eso es imprescindible que se tenga a la vista y al acceso del personal encargado de elaborar el proceso para evitar cualquier número de equivocaciones y reprocesos por falta de acceso a la información. Actualmente mucha de la mano de obra o personal no interpreta planos y aunque siempre habrá una cabeza a cargo que lo haga es necesario que mayor parte de la mano de obra lea planos.
 - Evitar stock en obra. En la parte correspondiente a los resultados se mostró que la mayoría de las empresas tiene la idea errónea de los stocks como inversión y aunque en ocasiones muy específicas lo es, generalmente es una pérdida. Los costos que generan los stocks son más altos que las ganancias por tenerlos almacenados esto por una parte, por otra esconden problemas que ocasionan pérdidas posteriores. Eliminar los stocks o tener el mínimo de stocks involucra un proceso muy complejo porque existen muchos involucrados en que esto sea posible empezando por los proveedores, que generalmente tienen una informalidad constante en la entrega de los materiales pero, entablando una buena relación con ellos y llegando a un acuerdo por entrega oportuna se pudiera optimizar este paso y así tener un mínimo de

stocks. Así mismo para poder minimizar los stocks también será necesario optimizar la logística de obra y entregas en conjunción con proveedores.

- Mano de obra. La mano de obra es la encargada de ejecutar lo que se ha venido planeando y diseñando, por lo tanto son uno de los finales de la cadena de producción por eso es de suma importancia tener en cuenta lo siguiente: contar con una mano de obra calificada, evitar rotación de personal, enseñar el proceso, evaluar la capacidad de la mano de obra e implementarles actividades conforme a capacidad.

- Revisión del proceso

El proceso debe revisarse durante todo el desarrollo para la posible detección de pérdidas y tomar las medidas necesarias a tiempo.

- Supervisión y control del proceso. En la industria de la construcción generalmente se revisa solo el final del proceso y no el desarrollo, lo que ocasiona errores y problemas por la falta de supervisión, motivos por los cuales es necesaria una revisión constante para no generar pérdidas. La supervisión excesiva también ocasiona pérdidas, entonces es trascendental mantener un balance en la supervisión del proceso.
- Asignar técnicos y operadores responsables. El contar con personal de campo confiable y responsable tendrá beneficios indudables para la empresa ya que son personas involucradas en la ejecución directamente.
- Detección de pérdidas. Con toda la metodología se tendrá una notable reducción de pérdidas pero es necesario tener un control para el caso de detecciones, en caso de detectarse alguna pérdida será fácil aminorar los efectos negativos en la ejecución siguiendo los pasos plasmados en la metodología. El uso de herramientas como las mostradas en el *Anexo 2 y 3* ayudarán a la detección de pérdidas. Una vez identificada la pérdida y las razones de su aparición es necesario evitar la recurrencia con el uso de formatos como el del *Anexo 4* que ayuden a evitar surjan de nuevo.
- Seguimiento del valor del cliente. El valor del cliente fue definido en la ***Etapas de Inicio*** pero es necesario dar un seguimiento al cumplimiento de valor por medio de formatos de revisión que permitan saber si se está cumpliendo o no con lo fijado en el ***Inicio de Ejecución***.

-
- Evaluación del proceso. En esta parte es necesaria la documentación de procesos para ir adquiriendo experiencia como empresa y no solo individualmente, ya que el personal técnico no estará en la empresa siempre así que es importante tener la documentación de procesos, documentación de problemas y la solución realizada, esto para cuando ocurra un problema similar saber cómo actuar ante alguna situación en obra.
 - Fin del proceso. Si se tienen los debidos cuidados durante el desarrollo el fin será un trámite muy sencillo y evitará reprocesos que retrasen el término de los trabajos.

4.2.4 Diagrama de flujo para *Fin de Ejecución* en un proyecto de construcción

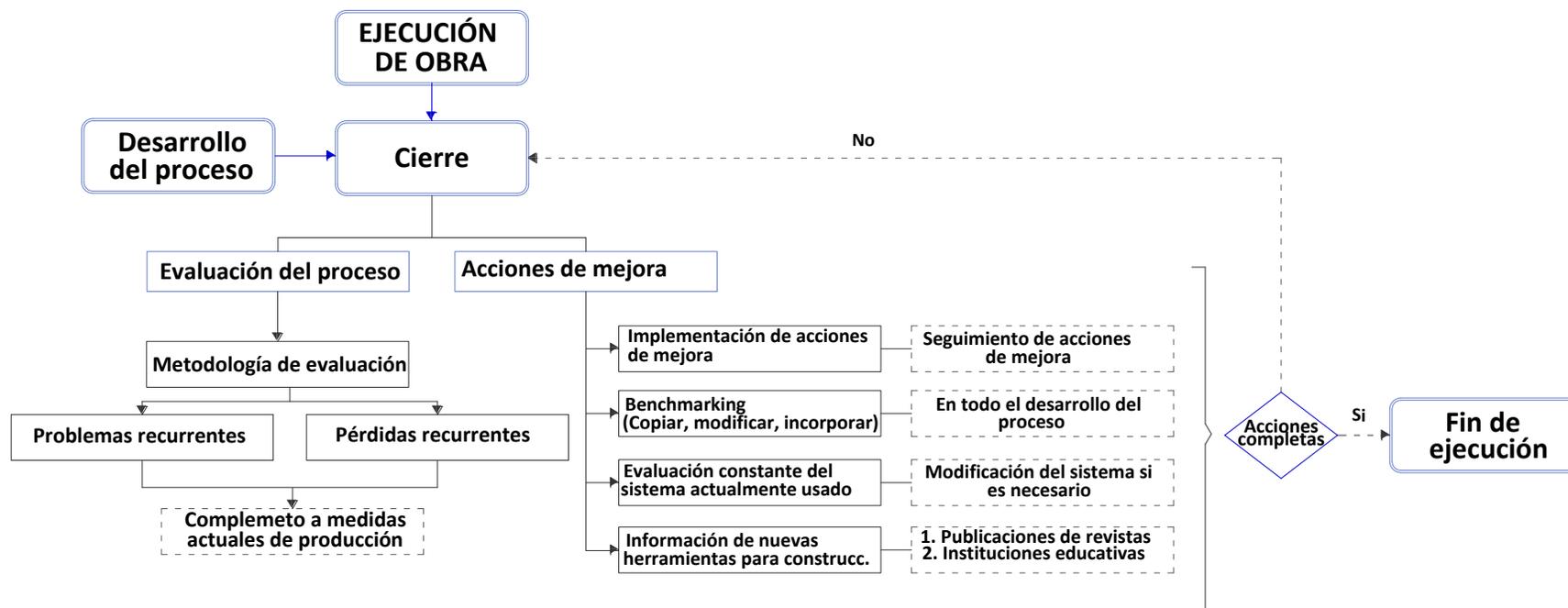


Figura 12. Diagrama de flujo para la reducción de pérdidas para el *Fin de Ejecución*.
(Elaboración propia)

4.2.4.1 Descripción de componentes de diagrama de flujo para Fin de Ejecución

En el cierre de ejecución se reflejarán las medidas tomadas para la reducción de pérdidas, se medirá la funcionalidad de la metodología así como las mejoras para proyectos posteriores.

Esta parte de la ejecución se subdivide en dos acciones principales:

- Evaluación del proceso. La evaluación del proceso llevará a saber si la metodología logró el principal objetivo que era la reducción de pérdidas, de igual manera ayudará a evaluar si se tienen problemas y pérdidas recurrentes y llegar a la raíz de estas. La evaluación debe realizarse en conjunto con los representantes principales de la ejecución del proceso para tener una retroalimentación y así establecer lo que más conviene del sistema utilizado. Esta evaluación de la ejecución traerá beneficios posteriores cuando se desarrollen proyectos similares.
- Acciones de mejora. El proceso de la construcción siempre va a poder mejorarse y se puede conseguir con acciones de sencilla aplicación para las empresas.

Con las siguientes actividades se podrá seguir mejorando el proceso:

- Implementación de acciones de mejora. Si se realizan modificaciones al sistema será necesario dar seguimiento a la implementación de las acciones modificadas para evaluar su efectividad.
- Benckmarking. Se debe tener permanentemente una referencia de procesos en empresas similares para poder copiar, modificar e incorporar lo que más le convenga con la única finalidad de mejorar.
- Información de nuevas herramientas. En la parte correspondiente a resultados destacó el hecho de que las empresas no conocen las nuevas tecnologías desarrolladas por investigadores de todo el mundo para mejorar la productividad en la construcción, esto se puede contrarrestar estando atentos a publicaciones de universidades o revistas de ingeniería que muestran artículos de las nuevas herramientas usadas en la construcción y diversas aplicaciones para mejorar la productividad.

4.3 Por dónde empezar como empresa para el uso de la Metodología de reducción de pérdidas.

La implementación de la propuesta metodológica es sencilla pero para las empresas se puede tornar complicado iniciar actividades bajo un esquema más ordenado, para lo cual se plantean los cinco puntos siguientes que ayudan a las empresas a saber cómo iniciar la aplicación de la Metodología de reducción de pérdidas y los puntos previos al uso de ésta.

- 1) *Detección de pérdidas y porcentajes aproximados de éstas:* Es importante saber el estimado de pérdidas como empresa para comprobar la necesidad de contar una Metodología de Reducción de Pérdidas en el desarrollo de proyectos de construcción.
- 2) *Disponibilidad para implementación:* Es necesario analizar qué tanta disponibilidad se tiene como empresa para la implementación de la metodología que aunque sea una necesidad se requiere de tiempo y recursos para que funcione y se obtengan provechos de su implementación.
- 3) *Evaluación general de la empresa:* Evaluar la manera en que se vienen haciendo las cosas en la empresa, destacar que ha beneficiado a la empresa y que la perjudica, de esta manera se sacará provecho de las cosas buenas y se eliminará las acciones que no están aportando nada al desarrollo de proyectos.
Es necesario que esta evaluación se lleve a cabo en conjunto con los encargados de departamento para así tener una retroalimentación y llevar una bitácora de esta evaluación. También vale la pena tomar en cuenta al personal de puestos inferiores ya que la opinión de todo el personal en general siempre aportará nuevas críticas y alternativas de mejora, generalmente no se escucha al personal de puestos menores por la jerarquía de las empresas menospreciando su valiosa opinión y colaboración a posibles mejoras.
- 4) *Replanteamiento de actividades:* Después de la evaluación y la disponibilidad para la implementación es necesario replantear las actividades y comunicar al personal como se llevará a cabo la ejecución en base a la nueva metodología.
- 5) *Aviso de implementación de la Metodología para la Reducción de Pérdidas:* Dar aviso al personal involucrado de la implementación de la metodología para señalar su uso en el desarrollo de la ejecución de proyectos haciendo énfasis en la importancia de implementarla y los beneficios que trae a todos los involucrados.
- 6) *Implementación de Metodología para la Reducción de Pérdidas:* En esta fase se dará a conocer la metodología de reducción de pérdidas y sus componentes así como la asignación de actividades al personal correspondiente y sus respectivas responsabilidades en el desarrollo de la ejecución.

Como empresa se puede hacer hasta cierto punto complicado cambiar la forma en que se viene trabajando pero si se pone a analizar un instante a veces son cambios sumamente sencillos los que se tienen que realizar para obtener mejoras por lo tanto vale la pena hacer un esfuerzo y modificar las actividades que no están beneficiando a la empresa y dar inicio a la implementación de la Metodología de Reducción de Pérdidas.

4.4 Como controlar la propuesta

La mejor manera de controlar la propuesta es ir revisando que cada uno de los puntos que se plantean se lleven a cabo como lo indican los diagramas, no es necesario estar vigilando todo el tiempo que así sea, es más que suficiente con que se lleve a cabo una evaluación semanal o quincenal de cómo se van desarrollando las cosas y si es en verdad correcto el método que se está efectuando. En cada una de las etapas se muestran filtros de evaluación que son importantes de realizarse ya que sirven como un control y sobretodo en el final de la ejecución se lleva una evaluación general que mostrará si en verdad se realizó bien la metodología de reducción de pérdidas en conjunción con un buen control de la propuesta.

Las personas más indicadas para ir controlando la propuesta son los encargados del proceso de ejecución en conjunto con su equipo de trabajo si es posible para detectar probables anomalías y de esta manera ir controlando el proceso en general.

4.5 Costo / Beneficio de la implementación Metodológica para la Reducción de Pérdidas

El costo beneficio ayudará a estimar los gastos que se deben realizar para implementar la metodología y así tomar una decisión de si se implementará o no la metodología de reducción de pérdidas.

Para la estimación del costo beneficio fue necesario estructurarlo en base a los diagramas de la propuesta de reducción de pérdidas para lo cual se establecen los siguientes apartados de costo/beneficio:

1. Reducción de Pérdidas en Inicio de Proyecto
2. Reducción de Pérdidas en Ejecución de Proyecto
3. Reducción de pérdidas en Fin de Ejecución (Mejora del Proceso)
4. Reducción de pérdidas en Fin de Ejecución (Mejora Continua del Proceso)

La anterior clasificación se realizó con el fin de dar una propuesta costo/beneficio que esté relacionada con los diagramas de reducción de pérdidas e igualmente estructurada por etapas de desarrollo de proyecto.

El planteamiento de la estimación de costo/beneficio se ha analizado en base a un ejemplo de un proyecto de construcción de interés medio con una inversión total de \$ 20, 000, 000.00 y una duración de 2 años. El presupuesto asignado es meramente esquemático y no está calculado a detalle.

4.5.1 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en Inicio de Ejecución

Elaboración propia.

Oportunidad	Acción	Costo Estimado (%)	Costo Estimado (\$)	Observaciones del Costo	Beneficio (Actividades)	Beneficio Estimado (%)	Beneficio Estimado (\$)	Fundamento Teórico
Reducción de Pérdidas en <i>Inicio de Ejecución</i>								
Estimado de pérdidas	Estimar las pérdidas con referencia a proyectos anteriores	0.04%	8000.00	Es un costo bajo ya que lo realizará el personal de costos y presupuestos y tomando en cuenta que lleva un tiempo aproximado de 10 días.,	Se va a estimar un sobrecosto que va a estar contemplado	1.00%	200000.00	Según la Gráfica 11, las empresas opinan en su mayoría que los sobrecostos oscilan entre un 5 y 10% del costo total del proyecto, con esta actividad se estimaría una parte del sobrecosto
Proyecto completo	Trabajar con tiempo el proyecto ejecutivo y que sea revisado antes de la ejecución por el personal de obra para prever posibles problemas	1.00%	200000.00	Suponiendo 1/4 más del tiempo de trabajo del personal de proyectos para una buena realización del diseño, más recursos por retraso en inicio.	Se eliminarán las pérdidas ocasionadas por el diseño de proyecto.	4.00%	800000.00	Según la Tabla 3, se le atribuye desde un 23 a 78% de pérdidas por proyecto incompleto.
Planificación, Organización, Control	Realizar de manera adecuada estas actividades e involucrar a personal que ejecuta obra.	1.00%	200000.00	Recientes estudios demuestran que la planificación cuesta aproximadamente solo un 10% del costo total del proyecto.	Se evitarán sobrecostos y regulará la ejecución global del proyecto.	2.00%	400000.00	Según nota de planificación de pág. 39

Elaboración propia

Oportunidad	Acción	Costo Estimado (%)	Costo Estimado (\$)	Observaciones del Costo	Beneficio (Actividades)	Beneficio Estimado (%)	Beneficio Estimado (\$)	Fundamento Teórico
Reducción de Pérdidas en Inicio de Ejecución								
Plan de logística	Plan de logística con proveedores, aseguramiento de compras posteriores a cambio de entrega oportuna.	0.10%	20000.00	Realizar acuerdos y compromisos que beneficien las dos partes., % por sacrificio en buenos precios a cambio de entrega oportuna	Se eliminarán los costos por stocks, se logrará un plan de logística confiable y funcional.	2.00%	400000.00	Según Tabla 3, provisión de materiales, se le atribuye a la falta de provisión de materiales entre un 15 y 20% de las pérdidas.
Valor del cliente	Tomar en cuenta la opinión del cliente por medio de encuestas y entrevistas.	0.30%	60000.00	Esta actividad la realizará el personal de posventa. Recursos a utilizar es 1 persona dedicada exclusivamente a esto, sueldo promedio 15,000, la actividad la realizará en 3 meses. Más gastos de papelería.	Incremento de valor del cliente en el proceso completo, realización de proyectos que serán vendibles.	2.00%	400000.00	3% del valor de la producción anual, pág. 103.
Definición del proceso	Definir cómo se va a ejecutar el proyecto, esto debe ser antes de esta etapa y en conjunción con personal de obra.	0.5000%	100000.00	Trabajo extra del personal de proyectos para una buena definición del proceso del diseño, aproximadamente 1/8 más de tiempo, más recursos por espera de proyecto.	Evitar ejecución sin definición e ir definiendo durante el proceso y con todos los factores ya en contra por falta de visión.	2.00%	400000.00	Según la Tabla 3. Las pérdidas son de un 17 a un 55%.
	COSTOS	2.9400%	\$ 588,000.00		BENEFICIOS	13.00%	\$ 2,600,000.00	
			B/C =	2,600,000.00 / 588,000.00	4.42	Los ingresos son mayores que los egresos entonces la propuesta es rentable.		

4.5.2 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en Desarrollo de Ejecución

Elaboración propia

Oportunidad	Acción	Costo Estimado (%)	Costo Estimado (\$)	Observaciones del Costo	Beneficio (Actividades)	Beneficio Estimado (%)	Beneficio Estimado (\$)	Fundamento Teórico
Reducción de Pérdidas en <i>Desarrollo de Ejecución</i>								
Planos a la vista y actualizados	Impresiones adicionales y colocación de información a la vista	0.040%	8000.00	Costo aproximado de un juego de planos \$1,000, si la información es completa desde un inicio las actualizaciones serán mínimas y utilizarán un mínimo de recursos.	Se evitarán errores y reprocesos unas de las pérdidas más frecuentes.	3.00%	600000.00	En base a la Tabla3, Costos de la calidad. 12% del costo de proyecto.
Mano de obra calificada	Contratar a personal, contratistas y mano de obra confiable.	0.05%	10000.00	Mínimo de recursos adicionales pues solo se tiene que poner más atención en las contrataciones de todos los niveles.	Se evitarán errores, reprocesos, movimientos, esperas, desperdicios, etc.	5.00%	1000000.00	En base a la Tabla3, Costos de la calidad. 12% del costo de proyecto.
Revisión del proceso	Supervisar el proceso durante su ejecución	0.50%	100000.00	Coto por contratación de personal competente para revisión optima de proceso.	Detección de problemas que ocasionan pérdidas, eliminación de problemas recurrentes, realización del proceso con calidad.	5.00%	1000000.00	En base a la Tabla3, Costos de la calidad. 12% del costo de proyecto.
	COSTOS	0.5900%	\$ 118,000.00		BENEFICIOS	13.00%	\$ 2,600,000.00	
			B/C =	2,600,000.00 / 118,000.00	22.03	Los ingresos son mayores que los egresos entonces la propuesta es rentable.		

4.5.3 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en *Fin de Ejecución* (Mejora del Proceso)

Elaboración propia

Oportunidad	Acción	Costo Estimado (%)	Costo Estimado (\$)	Observaciones del Costo	Beneficio (Actividades)	Beneficio Estimado (%)	Beneficio Estimado (\$)	Fundamento Teórico
Reducción de Pérdidas en <i>Fin de Ejecución</i> (Mejora del Proceso)								
Evaluación del proceso	Implementar metodología de evaluación	0.20%	40000.00	Costo aplicado solo al finalizar los proyectos y equivaldría aproximadamente a 5 días de trabajo en conjunción obra con oficina central	Se sacará provecho de lo mejor realizado, reducción de errores en proyectos posteriores.	1.00%	200000.00	
Evaluar cumplimiento del valor	Escuchar al personal de posventa y darle la importancia requerida a quejas o sugerencias por parte de los clientes, realizar registro.	0.05%	10000.00	Costo mínimo ya que esta actividad la realizará el personal ya existente de posventa.	Se tendrá aseguramiento del cumplimiento del valor y se evitarán pérdidas por falta de valor en el proceso.	2.00%	400000.00	
Documentación de procesos	Llevar registro de procesos con fotografías, expedientes, etc.	0.05%	10000.00	Esta información comúnmente ya se tiene pero sin ningún orden, por lo tanto genera costos adicionales mínimos ordenarla y catalogarla.	Se irá adquiriendo experiencia como empresa y no solo como persona, se evitarán pérdidas por concepto de errores por falta de documentación.	2.00%	400000.00	
	COSTOS	0.3000%	\$ 60,000.00		BENEFICIOS	5.00%	\$ 1,000,000.00	
			B/C =	1,000,000.00 / 60,000.00	16.67	Los ingresos son mayores que los egresos entonces la propuesta es rentable.		

4.5.4 Costo/Beneficio para Reducción de Pérdidas en *Fin de Ejecución* (Mejora Continua del Proceso)

Elaboración propia.

Oportunidad	Acción	Costo Estimado (%)	Costo Estimado (\$)	Observaciones del Costo	Beneficio (Actividades)	Beneficio Estimado (%)	Beneficio Estimado (\$)	Fundamento Teórico
Reducción de Pérdidas en <i>Fin de Ejecución</i> (Mejora Continua del Proceso)								
Implementación de acciones de mejora	En base a la evaluación de los procesos anteriores obtener las acciones que seguirán vigentes en los proyectos por su beneficio obtenido.	0.20%	40000.00	Estimado de 1 persona que se dedicará de tiempo completo al iniciar cada proyecto. En un tiempo aproximado de 2 meses y posteriormente visitas eventuales para revisión de cumplimiento de acciones de mejora.	Mejora constante para el desarrollo de proyectos	1.00%	200000.00	
Benchmarking	Evaluar a las empresas de la competencia y sacar provecho de esta evaluación.	0.05%	10000.00	Personal que periódicamente monitoreé a las empresas de la competencia., Como será un trabajo mensual o bimestral, lo podrá hacer el personal de alguna área de oficina central.	Copiar y realizar lo que a la empresa de la competencia le está dando buenos resultados	1.00%	200000.00	
Información de nuevas herramientas de mejora	Actualizarse, informarse y estar vigente	0.10%	20000.00	Personal que labora para alguna área en la oficina central puede estar realizando esta actividad e informar al director para usar nuevas herramientas.	Benefiarse de las nuevas herramientas que ayudan a aumentar la rentabilidad de la construcción.	2.00%	400000.00	
	COSTOS	0.3500%	\$ 70,000.00		BENEFICIOS	4.00%	\$ 800,000.00	
			B/C =	800,000.00 / 70,000.00	11.43	Los ingresos son mayores que los egresos entonces la propuesta es rentable.		

En beneficio obtenido en el análisis estimado se traduce en evitar pérdidas ya que las pérdidas de un proyecto están estimadas entre un 5 y 10% según las empresas entrevistadas además de evitar pérdidas que están comprobadas por investigadores de todo el mundo como se muestra en la siguiente evidencia teórica.

Las causas generales de estos problemas de calidad son atribuidas a:

Concepto	Burati & al. 1992	Hammarlund & Josephson, 1991	Estudio belga Cnudde, 1991
Diseño	78%	23%	46%
Construcción	17%	55%	22%
Suministro de materiales		20%	15%

Tabla 6. Pérdidas en Proyectos de Construcción

Fuente: Saloman, J.A., "Application of the New Production Philosophy to Construction", 2005.

- *Pérdidas por mala calidad.* El costo de mala calidad (no conformidad), medido en el lugar, se ha convertido en un 10-20% del costo total de proyecto (Cnudde, 1991). En un estudio americano de varios proyectos, los costos de desviación media son de 12.4% del costo total del proyecto ejecutado, pero "Este valor es sólo la punta del iceberg" (Burati & al. 1992).
- *Pérdida de valor.* La pérdida de valor también se ha estudiado en varios países. En Suecia y Alemania, estos costos externos se estiman del 3% del valor de la producción anual de construcción (Hammarlund y Josephson, 1991). Los costos son medidos en el momento de la construcción real, la pérdida de valor se encuentra entre un 4% del costo de producción, en el caso de Suecia 51% de estos costos están asociados a problemas de diseño, el 36% con problemas de construcción y un 9% con problemas de consumo.
- *Pérdidas por falta de diseño.* Los problemas de calidad son considerables en todas las fases de la construcción. Sobre todo, el diseño es a menudo la fuente de los problemas de calidad ya que a veces parece que los desperdicios y las pérdidas causadas por diseño son mayores que el costo de diseño en sí. Para este caso se puede estimar que los desperdicios por el diseño, se deben en gran parte por rehacer o en espera de la información e instrucciones. Cuando el diseño es definido se tienen ahorros de un 6 a un 10%.

- *Pérdidas en la gestión de materiales.* En un estudio de Business Roundtable, referente a la gestión de los materiales se encontró que generalmente se descuida (Oglesby & al. (1989). Se ha estimado que el 10 - 12% de ahorro en los costos laborales podría ser producida por los sistemas de gestión de materiales (Bell & Stukhart 1986). Además, una reducción de los excedentes de materiales a granel desde 5 hasta 10% se traduciría en 1 a 3% de los costos totales. Con la cooperación de proveedores para racionalizar el flujo de material se tiene un ahorro del 10% en los costos de materiales (Asplund, 1991). Según un estudio sueco, el consumo excesivo de materiales en el sitio es en promedio 10%, variando en el rango de 5-30% para los diferentes materiales (Bättre materialhandling på bygget 1990).

Por lo tanto, existe una fuerte evidencia empírica que muestra que existe una considerable cantidad de desperdicios y la pérdida de valor existen en construcción para lo cual se pueden contrarrestar con el uso de la propuesta metodológica para la reducción de pérdidas que tienen un estimado de ahorro en pérdidas del 8% pensando en el peor escenario ya que los porcentajes estimados de beneficio son bajos en consideración del fundamento teórico de las pérdidas que se acaba de mostrar.

Así pues tenemos el resumen del costo/beneficio como sigue:

Concepto	% Costo/Beneficio
1. Reducción de Pérdidas en Inicio de Proyecto	13.00%
2. Reducción de Pérdidas en Ejecución de Proyecto	13.00 %
3. Mejora del Proceso	5.00 %
4. Mejora Continua del Proceso	4.00 %
% Costo/Beneficio total estimado	35.00%

Tabla 7. Costo/Beneficio Estimado de la Propuesta de Reducción de Pérdidas
Fuente: Elaboración Propia

EL 35% estimado de beneficios⁴⁷ con el uso de la metodología de reducción de pérdidas es un porcentaje muy bueno tomando en cuenta las pérdidas con fundamento teórico ya señaladas, es importante destacar que en donde se tiene un mayor ahorro de pérdidas es **en Inicio de Ejecución y Desarrollo de Ejecución**, por lo tanto es vital poner atención a estos procesos.

En general la implementación de una metodología para la reducción de pérdidas tiene múltiples beneficios para la empresa, ya que optimiza el proceso por medio de la realización de actividades con calidad y con un mínimo de pérdidas que benefician la rentabilidad de proyectos de construcción. La mayoría de los beneficios son cuantificables pero es necesario señalar que muchos beneficios no se pueden cuantificar y aunque existen es difícil estimarlos.

Es conveniente realizar las modificaciones necesarias en los sistemas actuales en las empresas ya que los beneficios serán mayores que el tiempo o recursos empleados en la implementación como se ha visto en el anterior análisis.

⁴⁷ Las estimaciones del Costo/Beneficio han sido estimadas en basa al fundamento teórico existente de pérdidas en la construcción y al criterio propio, por lo tanto sería conveniente en futuras investigaciones probar la efectividad de la propuesta y cuantificar los beneficios exactos ya con el uso de la propuesta.

4.6 Conclusión Capitular

- Indudablemente el proceso de ejecución es uno de los más importantes en el ciclo de vida del proyecto y por tal motivo es necesario eliminar las pérdidas que aquí se generan, para tal efecto, es necesario contar con la Metodología de Reducción de Pérdidas.
- El proceso de ejecución es una etapa en la que se utilizan muchos recursos y el aplicar una metodología para llevar bien la gestión del proceso ayudará a una buena administración de ellos.
- La metodología planteada tiene un enfoque práctico y está pensada en el proceso actual de la ejecución de obras en nuestro país, esto para fomentar el uso de esta importante herramienta de trabajo.
- Las acciones plasmadas en la metodología son sencillas y de fácil aplicación para todos los involucrados en el desarrollo de la ejecución.
- En la propuesta metodológica se han plasmado cuatro diagramas con el fin de abundar en el proceso de ejecución y lograr mejores resultados en la reducción de pérdidas.
- Los beneficios que se tendrán con el uso de esta metodología son muchos a cambio de un costo de implementación bajo.

El uso de sistemas *Lean Construction* ha tenido buenos resultados en varios países en donde se ha implementado, por lo cual es sumamente importante que las empresas hagan los esfuerzos necesarios para implementar un sistema de mejora de productividad como lo es la Metodología para la Reducción de Pérdidas ya que se tendrán mejores rendimientos en las diferentes fases de la ejecución de proyectos.

CONCLUSIONES FINALES

De acuerdo con la teoría del *Lean Construction*, las hipótesis formuladas y los resultados de la aplicación de cuestionario y el diseño de la metodología para la reducción de pérdidas se concluye lo siguiente:

Con respecto a las hipótesis formuladas:

- Se comprueba la hipótesis número 1 referente a que en los proyectos de construcción generalmente se tienen pérdidas considerables que llevan a altos sobrecostos ya que la aplicación de cuestionario da como resultado que un 50% de las empresas tienen entre un 5% y un 10% de pérdidas; así como también se comprueba por medio de las innumerables investigaciones que demuestran que los proyectos de construcción tienen altos porcentajes de pérdidas. Una de las múltiples razones de la generación de pérdidas es que las empresas cuentan con sistemas de gestión desordenados y sin una base teórica, la implementación de la Metodología de Reducción de Pérdidas proporcionará un sistema de administración basado en principios teóricos del *Lean Construction*, ésta metodología será usada en la fase de ejecución y reducirá la variabilidad y los desperdicios aumentando la productividad.
- Se comprueba la hipótesis número 2 referente a que la fase de ejecución por su importancia en el ciclo del proyecto es la que más pérdidas genera, el 100% de las empresas cuestionadas afirman que la ejecución es la etapa que genera más pérdidas, de igual manera diversos autores apuntan a que la ejecución es un proceso de suma importancia y de una alta asignación de recursos, por lo tanto las pérdidas aquí son mayores. Estas pérdidas podrían ser reducidas si se contará con una metodología para la reducción de pérdidas en el proceso de ejecución.
- Se comprueba la hipótesis número 3 referente a las empresas no tienen idea de las pérdidas que se generan en sus procesos por la falta de un sistema de gestión de pérdidas y control de materiales, esta hipótesis va ligada a la hipótesis número 1 ya que las empresas si tienen idea de sus pérdidas afirmando que oscilan entre un 5 y un 10% del costo total, pero revisando el fundamento teórico y las investigaciones de diversos autores se tiene que pueden variar desde un 5 a un 55%, según diversos factores, entonces las empresas si tienen conocimiento de sus pérdidas (según los resultados de la aplicación de cuestionarios) pero los porcentajes que las empresas estiman son menores en cuanto a las pérdidas reales de un proyecto, así pues se comprueba la hipótesis ya que si se analiza de manera global la afirmación se sabe que la empresas

consideran las pérdidas inferiores a las reales por lo tanto, se toma como un desconocimiento de las pérdidas generadas en sus procesos.

- Se comprueba la hipótesis número 4 referente a que en las empresas se tiene la idea errónea de que los inventarios o stocks son una inversión y no una pérdida, idea que está comprobada ya que el 80% de las empresas cuestionadas considera que los stocks en obra son una inversión, lo cual es una idea equivocada porque los stocks o inventarios generalmente traen consigo pérdidas y por tales razones es necesario evaluar los costos que éstos generan en el lugar de ejecución; la disminución o eliminación de stocks va de la mano de una buena relación con proveedores y la entrega oportuna de material, se debe llegar a un acuerdo para lograr optimizar el proceso de entrega en obra.
- Se comprueba la hipótesis número 5 referente a que los errores en el proceso de ejecución son repetitivos sin importar del tipo de proyecto que se trate, problema que se ha comprobado ya que las empresas cuestionadas afirman que los errores son la principal fuente de pérdidas en la etapa de ejecución siendo repetitivos y constantes, esto se podría evitar con una documentación de procesos como lo afirma la hipótesis ya que se comprobó que las empresas que opinan que los errores son una fuente amplia de pérdidas no cuentan con una documentación de procesos.

Con respecto al fundamento teórico:

- La base teórica existente para el *Lean Construction* es muy amplia gracias a un buen número de investigadores que han dedicado su tiempo a esta filosofía y han realizado nuevas aportaciones, por lo tanto se deben aprovechar estas nuevas filosofías para beneficio de la construcción.
- La industria manufacturera ha sido un punto de referencia y una fuente de innovaciones durante muchas décadas, estas innovaciones han sido bien utilizadas por la construcción para beneficio de su productividad.
- La construcción es una industria variable y compleja por la diversidad de proyectos y el cambio de condiciones para construir, por lo tanto, es importante contar con una metodología de reducción de pérdidas que pueda disminuir la variabilidad y dar una visión global del proyecto para evitar pérdidas y desperdicios.
- En la filosofía *Lean* es indispensable incrementar las actividades que agregan valor al proyecto y disminuir las que no agregan valor ya que estas colaboran a generar pérdidas.
- Para mejorar el proceso se debe tener un flujo continuo del proceso constructivo para poder incrementar los rendimientos de recursos.

Con respecto a resultados obtenidos:

- Las empresas no tienen conocimiento del sistema de trabajo *Lean Construction*, pero conocen de manera general el *JIT (Just in time)*, esto beneficia la implementación del *Lean Construction* ya que algunos de sus principios son similares al *Just in time* y de alguna manera las empresas tienen comprensión de los componentes de estas filosofías.
- Los errores y reprocesos son unas de las mayores fuentes de pérdidas según las empresas cuestionadas, dichas pérdidas se pueden disminuir con el uso de la Metodología de Reducción de Pérdidas.
- Las empresas mostraron interés en la aplicación de la Metodología de reducción de pérdidas, punto importante para ésta investigación.

Con respecto a la Metodología de Reducción de Pérdidas:

- Para la Propuesta Metodológica es necesario dividir la ejecución en: inicio, desarrollo y fin para segmentar el proceso de ejecución y así obtener mejores resultados en su implementación.
- La logística es un punto determinante para lograr reducir las pérdidas, es imprescindible dedicar tiempo a esta actividad ya que si se tiene una buena logística y coordinación de materiales, mano de obra y trayectos las pérdidas serán reducidas.
- Para evitar errores y reprocesos (considerados pérdida) se debe tener una supervisión durante todo el desarrollo del proceso y no solo al final del mismo, igualmente es necesario el uso de controles visuales para evitar equivocaciones.
- Para el correcto funcionamiento de la Metodología de Reducción de Pérdidas es necesario evaluar las condiciones actuales en que labora la empresa, esto con un sentido crítico para poder realizar mejoras sustanciales.
- La planeación se realiza antes de la ejecución, sin embargo, generalmente es variable y poco confiable, por tal razón en la metodología se plantea evaluar la planeación y realizar los ajustes necesarios al inicio de la ejecución. Es importante conocer la razón por la cual no se realizan buenas programaciones y evitar hacer ajustes en el desarrollo de la ejecución.
- Una mejor comunicación entre departamentos es favorable para la reducción de pérdidas, si se tiene buena comunicación se evitan errores y por lo tanto pérdidas.
- El mejoramiento continuo es posible en la construcción, se debe dar seguimiento al fin del proceso para tener una autoevaluación como empresa y así mejorar en los proyectos siguientes.

-
- Para el correcto funcionamiento de la metodología es necesario tomar en cuenta las características propias de cada proyecto para evitar generalizar condiciones de ejecución diferentes.
 - Para la reducción de pérdidas es fundamental llegar al origen de causas de problemas para poder tomar las medidas necesarias.
 - La aplicación e implementación de la metodología es sencilla y aunque si se debe dedicar tiempo, los beneficios posteriores son mayores que los recursos aplicados.

Ante la baja productividad presentada en el sector de la construcción, se recomienda la implementación de los conceptos de *Lean Construction*, ya que éstos han demostrado en investigaciones previas de diversos proyectos la reducción de los excesos en costos por concepto de pérdidas

RECOMENDACIONES FINALES

- Para investigaciones futuras se recomienda probar la efectividad de la metodología de reducción de pérdidas en el proceso de ejecución de un proyecto de vivienda multifamiliar de interés social o interés medio, ya que dicha aplicación excedió los alcances de la presente investigación.
- Se recomienda profundizar en los estudios del *Lean Construction*, actualmente existe un sin número de aplicaciones pero en otros países, sería importante desarrollar aplicaciones o ampliaciones de investigación para México.
- Se recomienda investigar o abundar sobre:
 - ¿Por qué el diseño de proyecto sufre tantas modificaciones que generalmente terminan en pérdidas?
 - ¿Cómo mitigar la variación en la planeación de los proyectos constructivos?
 - La logística como herramienta de mejora en la construcción
- Debido al alto grado de desconocimiento de la existencia de la filosofía *Lean Construction* y sus beneficios en costos y tiempos, se recomienda al sector académico generar un plan de capacitación permanente que beneficie a toda la comunidad, esto con fines de mejorar la gestión de la construcción de las empresas de obras civiles de la región.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario Lean Construction



Universidad Nacional Autónoma de México
Maestría en ingeniería con especialidad en Construcción

Objetivo e instrucciones

Instrucciones: El siguiente cuestionario esta compuesto por 5 secciones las cuales generan un total de 25 preguntas a contestar en un aproximado de 10 minutos. No existen respuestas correctas o incorrectas lo importante es que responda de manera libre y directa, es imprescindible para la investigación que las respuestas se basen en la realidad actual de la empresa que labora.

Es importante destacar que el cuestionario es estrictamente anónimo, es decir, no debe colocar su nombre o el de la empresa encuestada, solo se le solicitará determinada información con fines de la investigación. La información proporcionada será manejada en estricta confidencialidad y utilizada solo con fines académicos.

Cualquier duda consultar al administrador del cuestionario.

Gracias por dedicarle su valioso tiempo a este valioso instrumento de investigación.

Arq. Liliana A. Cisneros V.

lilianacisnerosv@hotmail.com

Sección I. Datos generales

1	Puesto o cargo	
2	Edad	
	20-30	<input type="text"/>
	30-40	<input type="text"/>
	40-50	<input type="text"/>
	50-60	<input type="text"/>
	60 en adelante	<input type="text"/>
3	Especialidad	
	Ingeniero Civil	<input type="text"/>
	Arquitecto	<input type="text"/>
	Otro (especifique)	<input type="text"/>
4	Departamento al que pertenece	
	Construcción	<input type="text"/>
	Presupuestos	<input type="text"/>
	Control	<input type="text"/>
	Proyectos	<input type="text"/>
	Otro (especifique)	<input type="text"/>

II. Diagnóstico de la utilización de un sistema de reducción de pérdidas

Para contestar el cuestionario es necesario tener en cuenta la definición de *pérdida* que se muestra a continuación:

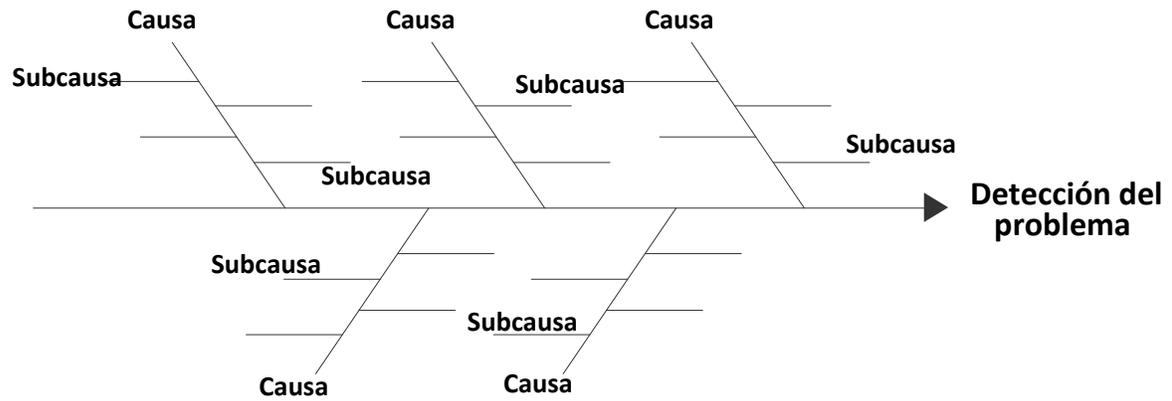
Definición de pérdida: Se considera todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para la realización de un proceso.

- 5 Marque con una x si conoce alguno de los siguientes sistemas**
- | | |
|---|--------------------------|
| JAT (Justo a tiempo) | <input type="checkbox"/> |
| LEAN CONSTRUCTION (Construcción sin pérdidas) | <input type="checkbox"/> |
| TQM (Gestión total de la calidad) | <input type="checkbox"/> |
| TPM (Mantenimiento de la producción total) | <input type="checkbox"/> |
| Ninguno | <input type="checkbox"/> |
- 6 ¿Actualmente en la empresa en la que labora cuentan con algún sistema para el control de pérdidas o desperdicios?**
- | | |
|----|--------------------------|
| Si | <input type="checkbox"/> |
| No | <input type="checkbox"/> |
- 7 ¿Conoce el concepto de "agregar valor al producto final"?**
- | | |
|----|--------------------------|
| Si | <input type="checkbox"/> |
| No | <input type="checkbox"/> |
- 8 ¿La empresa en la cuál labora tiene un estimado de las pérdidas que tiene?**
- | | |
|----|--------------------------|
| Si | <input type="checkbox"/> |
| No | <input type="checkbox"/> |
- 9 ¿Se toman medidas para el control de pérdidas?**
- | | |
|---------------|--------------------------|
| Siempre | <input type="checkbox"/> |
| Algunas veces | <input type="checkbox"/> |
| Rara vez | <input type="checkbox"/> |
| Nunca | <input type="checkbox"/> |
- 10 Etapas del proyecto en las que se han tomado medidas para evitar pérdidas**
- | | |
|--------------------|--------------------------|
| Diseño de proyecto | <input type="checkbox"/> |
| Planeación | <input type="checkbox"/> |
| Programación | <input type="checkbox"/> |
| Ejecución de obra | <input type="checkbox"/> |
| Control | <input type="checkbox"/> |
| Ninguna | <input type="checkbox"/> |
- 11 Procesos en ejecución de obra en las que se han tomado medidas para evitar pérdidas**
- | | |
|---------------|--------------------------|
| Cimentación | <input type="checkbox"/> |
| Estructura | <input type="checkbox"/> |
| Albañilerías | <input type="checkbox"/> |
| Acabados | <input type="checkbox"/> |
| Instalaciones | <input type="checkbox"/> |
| Otros | <input type="checkbox"/> |
| Ninguno | <input type="checkbox"/> |
- 12 ¿Considera que la complejidad de un proceso genera pérdidas?**
- | | |
|---------------|--------------------------|
| Siempre | <input type="checkbox"/> |
| Algunas veces | <input type="checkbox"/> |
| Rara vez | <input type="checkbox"/> |
| Nunca | <input type="checkbox"/> |
- 13 ¿Consideran las pérdidas en los presupuestos de sus proyectos?**
- | | |
|---------------|--------------------------|
| Siempre | <input type="checkbox"/> |
| Algunas veces | <input type="checkbox"/> |
| Rara vez | <input type="checkbox"/> |
| Nunca | <input type="checkbox"/> |
- 14 En caso de que sean consideradas las pérdidas, ¿Qué tan cercanas son las tomadas en cuenta al inicio de sus proyectos de las reales?**
- | | |
|--|--------------------------|
| Varían menos del 5% de lo presupuestado | <input type="checkbox"/> |
| Varían entre un 5 - 10% de lo presupuestado | <input type="checkbox"/> |
| Varían entre un 10 - 20% de lo presupuestado | <input type="checkbox"/> |
| Varían más del 20% de lo presupuestado | <input type="checkbox"/> |

III. Control de pérdidas en los proyectos de construcción	
15	Etapas del proyecto en las que considera se generan más pérdidas
	Diseño de proyecto <input type="text"/>
	Planeación <input type="text"/>
	Programación <input type="text"/>
	Ejecución de obra <input type="text"/>
	Control <input type="text"/>
	Ninguna <input type="text"/>
16	Indique cuales son las pérdidas más frecuentes en el proceso de construcción según su criterio indicando con número del 1 al 8 en orden de importancia
	Reprocesos <input type="text"/>
	Errores <input type="text"/>
	Movimientos innecesarios de gente y materiales <input type="text"/>
	Rotación de personal <input type="text"/>
	Espera por falta de instrucción <input type="text"/>
	Desperdicios de materiales <input type="text"/>
	Descansos <input type="text"/>
	Otro (especificar) <input type="text"/>
17	¿Cuál de los siguientes procesos considera que genera más pérdidas o desperdicios?
	Cimentación <input type="text"/>
	Estructura <input type="text"/>
	Albañilerías <input type="text"/>
	Acabados <input type="text"/>
	Instalaciones <input type="text"/>
	Otros <input type="text"/>
18	¿En la empresa que labora llevan la documentación de procesos para en proyectos posteriores aplicarlo como herramienta para la reducción de pérdidas?
	Siempre <input type="text"/>
	Algunas veces <input type="text"/>
	Rara vez <input type="text"/>
	Nunca <input type="text"/>
19	¿Cuál es el porcentaje aproximado de los excesos en los costos por concepto de desperdicios o mal uso de recursos en sus proyectos de construcción?
	0% <input type="text"/>
	0 - 5% <input type="text"/>
	5 - 10% <input type="text"/>
	10 - 20% <input type="text"/>
	21 - 30% <input type="text"/>
	Más del 30% <input type="text"/>
20	¿Qué considera que genera más pérdidas?
	Falta de tiempo <input type="text"/>
	Falta de planeación <input type="text"/>
	Mala administración de las obras <input type="text"/>
	Asuntos que tengan que ver con la mano de obra <input type="text"/>
21	Considera que los inventarios o "stocks" en obra en los proyectos de construcción son:
	Una inversión <input type="text"/>
	Un desperdicio <input type="text"/>
	¿Por qué? <input type="text"/>

IV. Utilidad de metodología para la reducción de pérdidas en la construcción	
22	<p>¿Considera importante contar con un sistema de reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de los proyectos en su empresa?</p> <p>Si <input type="text"/></p> <p>No <input type="text"/></p> <p>Probablemente <input type="text"/></p> <p>¿Por qué?</p>
23	<p>¿Considera que el uso de una metodología de reducción de pérdidas reduciría notablemente los sobrecostos de un proyecto de construcción?</p> <p>Si <input type="text"/></p> <p>No <input type="text"/></p> <p>Probablemente <input type="text"/></p>
V. Implementación de metodología	
24	<p>¿Considera que la empresa en la que labora capacitaría al personal para implementar algún sistema para la reducción de pérdidas?</p> <p>Si <input type="text"/></p> <p>No <input type="text"/></p>
25	<p>¿Considera que en la empresa que labora Implementarían un sistema de reducción de pérdidas para sus proyectos de construcción?</p> <p>Si <input type="text"/></p> <p>No <input type="text"/></p>
<i>Gracias por su valiosa colaboración!</i>	

Anexo 2. Diagrama causa-efecto para detección de problemas



Anexo 3. Tabla para identificación de pérdida

Tipo de pérdidas	Frecuencia de aparición	Frente de aparición	Causa aparente de aparición
<i>Trabajo no realizado</i>			
<i>Retrabajo</i>			
<i>Trabajo innecesario</i>			
<i>Errores</i>			
<i>Pérdida de materiales</i>			
<i>Deterioro de materiales</i>			
<i>Movimiento innecesario de personal</i>			
<i>Mal manejo de materiales</i>			
<i>Vigilancia excesiva</i>			
<i>Supervisión excesiva</i>			
<i>Procesos excesivos</i>			
<i>Aclaraciones</i>			
<i>Retraso en actividades</i>			
<i>Mal uso de maquinaria</i>			
<i>Fallas en maquinaria</i>			

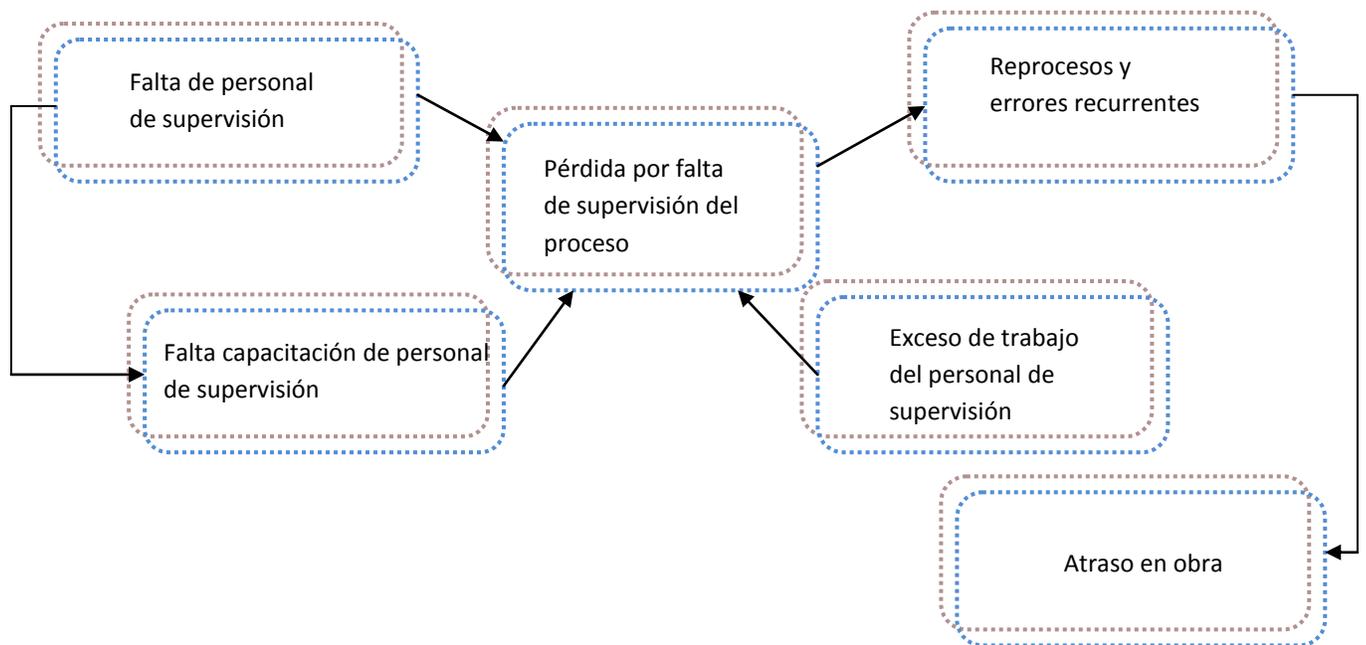
Nota: Esta tabla ayudará a la detección de pérdida

Anexo 4. Tabla para prevenir recurrencia

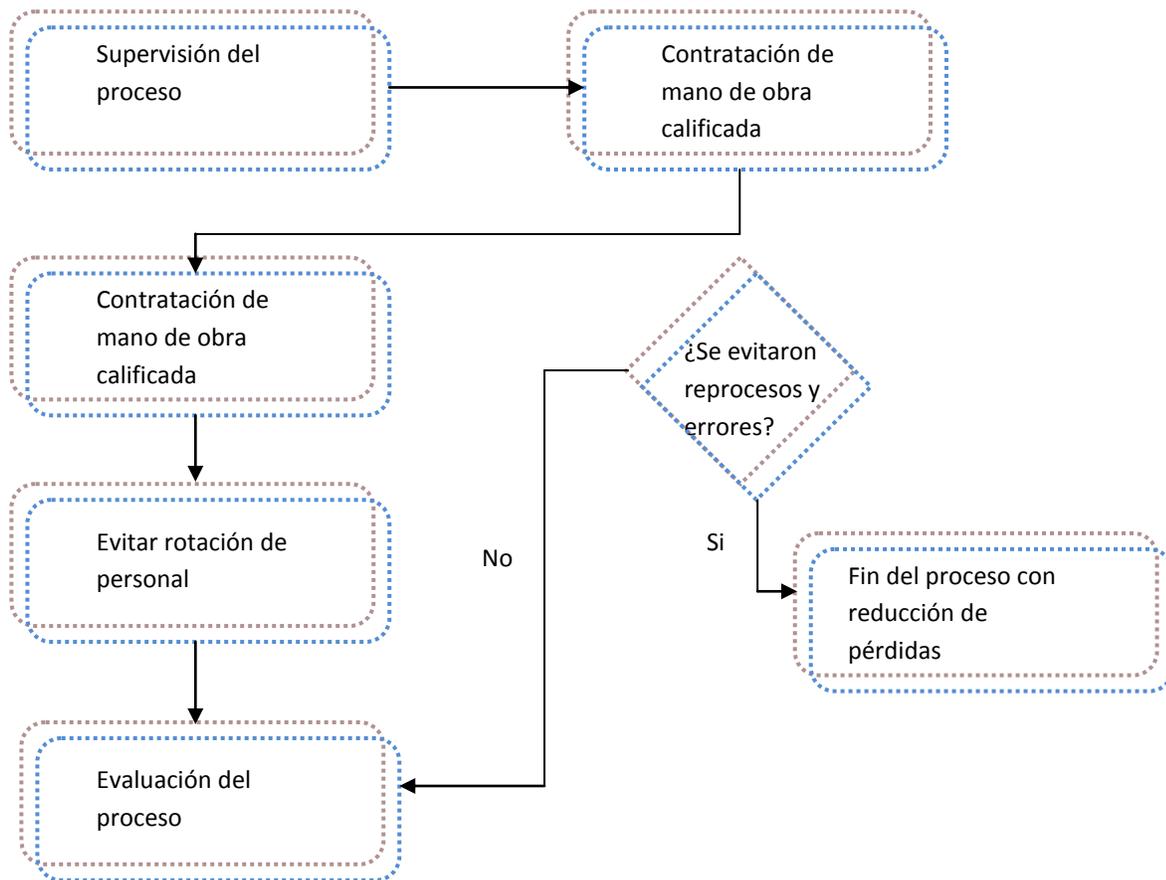
Pérdida identificada	Acciones	¿Cómo se propició?	¿Quién la propició?	¿Cómo evitar recurrencia?	Mejora para pérdida

Nota: Esta tabla ayudará a identificar la pérdida y en conjunción con el diagrama causa-efecto detectará en origen para evitar que se repita la pérdida.

Anexo 4. Diagrama de Relación.



Elaboración Propia.

Anexo 5. Diagrama de Flujo.

Elaboración propia.

Anexo 6. Diagrama de Matriz

<i>Ejecución de proyecto</i>	<i>Departamento de construcción</i>	<i>Departamento de Compras</i>	<i>Departamento de Posventa</i>
<i>Responsables de logística</i>	x	x	
<i>Responsable del valor del cliente</i>	x	x	x
<i>Responsable de evitar pérdidas</i>	x	x	x
<i>Responsable de calidad de obra</i>	x		
<i>Responsable de errores y reprocesos</i>	x		

Elaboración propia.

Bibliografía

Libros de Consulta

- Alarcón Luis F. (1997) *“Lean Construction”*.
- Blakc JT. And S. L. Hunter. (2003) *“Lean Manufacturing Systems and Cell Desing”*.
- Deming Edward. (1989) *“Calidad, Productividad y Competitividad”*.
- Hay Edward J., (1989), *“Just in time”*.
- Laumaille R. (1992) *“Gestión de Stocks”*.
- Omachonu Vicent., Ross Joel. (1995) *“Principios de la Calidad Total”*.
- Price Frank. (1992) *“Calidad Permanente Usando el Método de Deming”*.
- Saloman, J.A., (2005) *“Applications of the Principles of Lean Production on Construction”*.
- Shingeo Shingo. (1990) *“El Sistema de Producción Toyota desde el Punto de Vista de Ingeniería”*.

Tesis Doctorales

- Koskela, Lauri. (1992) *“Application of the New Production Philosophy to Construction”*. Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University.

Tesis de Maestría

- Escudero H., José. D. (2010) *“La Eficiencia del Proyecto Estructural en el Diseño Arquitectónico y su Análisis Financiero para Edificios de Vivienda Plurifamiliar en la Cd. de México”*, México D.F., Cmic.
- Gómez Rubio, Andrés. (2004) *“Productividad de la Mano de Obra en la Construcción”*, México D.F., UNAM.
- Herrandiz S., Salvador. (2009) *“Aplicación del Lean Thinking a la Construcción”* Universidad Politécnica de Catalunya.
- Reséndiz O. Enrique. (2009), *“Lean Manufacturing Como un Sistema de Trabajo en la Industria Manufacturera: Un Estudio de Caso”*, México D.F. UNAM.

Artículos de Públicos

- Alarcón Luis F., Diethelm Seven; Rojo Oscar; Calderón Rodrigo. (Julio, 2006). *“Assessing the Impacts of Implementing Lean Construction”*, Revista de Ingeniería, Pontificia Universidad de Chile. Vol. N° 23 Pp. 26-33.
- Alarcón Luis F. (Junio 1997) *“Herramientas para Reducir las Pérdidas en Proyectos de Construcción”*, Revista de ingeniería, Pontificia Universidad de Chile. Vol. N° 15 Pp. 37-45.

- Botero L. F., Álvarez M. (Octubre – Diciembre, 2004) “Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda (*Lean Construction* como Estrategia de Mejoramiento)”, Revista Universidad EAFIT Vol. N° 136 pp 50-64, Medellín Colombia.
- Botero B. Luis F., Álvarez V. Martha E. (Abril-Junio, 2003) “Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción”, Revista Universidad EAFIT Vol. N° 130 pp 65-78, Medellín Colombia.
- Chen Q., Wakefiel R., O’Brien M. (2003) “*Lean Applications on Residential Construction Site*”, *Lean Construction Journal*.
- Da Fonseca Eduardo, Martínez Patricia, González Vicente,. (Abril, 2009). “Integración Conceptual Green-Lean en el diseño, Planificación y Construcción de Proyectos”, Revista de Ingeniería de Construcción, Universidad de Valparaíso. Valparaíso Chile. Vol. N° 24 Pp. 5-32.
- García Salvador., Badilla Álvaro. (Febrero, 2005) “Nuevas Estrategias de Administración de la Construcción: *Lean Construction*”, Revista CIVILTEC Tecnológico de Monterrey, Vol. N° 13.
- Hitomi Hirota Ercilia, Isatto Luis E., Torres Formoso Carlos,. (Julio, 1999) “*Method for Waste Control in the Buildig Industry*” University of California, Berkeley, CA, USA.
- Howell Gregory A. (1999). “*What is Lean Construction*”, *Lean Construction Institute*.
- Lauren Pinch. (Noviembre, 2004) “*Eliminating the waste*”, Revista construction Executive, Vol. N° 34.
- Luna Kevin; González Carlos. (2007). “Implementación de Sistemas de Calidad en la Industria de la Construcción: Hacia un Modelo Cualitativo de Evaluación”, ITESM.
- McCormick Darren. (2004) “*Timeline of Lean Construction*”, Loughborough University.
- Randolph Thomas, Horman Michael J., Minchin Jr. Edward, Dong Chen. (May, 2005). Discussion of “*Improving Labor Flow Reliability for Better Productivity as Lean Construction Principle*”, *Journal of Contruction Engineering and Management*.
- Salem O., Salomon J., Genaydi A., Luegring M. (2005) “Site Implementation and Assessment of *Lean Construction*”, *Lean Construction Journal*, Vol N° 2.
- Senaratne Sepani, Wijesiri Duleesha. (2008) “*Lean Construction as Strategic Option: testing its suitability and acceptability in Sri Lanka*”, *Lean Construction Journal*, pp. 34-48.
- Thais da C.L. Alves; Cynthia C.Y. Tsao. (April, 2007). “*Lean Construction – 2000 to 2006*”, *Lean Construction Journal*, Vol N° 3 # 1, Pp. 46-70.

Páginas de Internet

- Universidad Eafit www.eafit.edu.co, Abril 2010.
- Justo a tiempo, www.emagister.com, Mayo 2010.
- Sistema de información empresarial Mexicano www.siem.gob.mx, Mayo 2010.
- www.leanconstructionjournal.org, Mayo 2010.
- Lean Construction Institute www.leanconstruction.org, Junio 2010.
- Universidad de Berkeley www.ce.berkeley.edu, Julio 2010.
- Libros de google www.books.google.com, Agosto 2010.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción www.cmic.org, Octubre 2010.
- Artículos científicos www.scielo.org, Octubre 2010.
- Artículos científicos www.ejournals.ebsco.com, Octubre 2010.
- American Society of Civil Engineers www.pubs.asce.org, Octubre 2010.