

**CREACION DE UN SISTEMA DE REFERENCIA EN BOGOTA,
APLICANDO LA CONSTRUCCION SIN PERDIDAS**

ARQ. CRISTINA ALEXANDRA NUÑEZ VERGARA



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTA D.C.
2006**

**CREACION DE UN SISTEMA DE REFERENCIA EN BOGOTA,
APLICANDO LA CONSTRUCCION SIN PERDIDAS**

ARQ. CRISTINA ALEXANDRA NUÑEZ VERGARA

Director de tesis

Diego Echeverry Campos, Ph. D.



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MAGÍSTER EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENERÍA Y GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN
BOGOTA D.C.
2006**

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2. MARCO TEORICO

2.1 CONSTRUCCION SIN PERDIDAS

2.2 PÉRDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN

2.3 IMPLEMENTACION EN LA CONSTRUCCION

3. METODOLOGIA

3.1 RECOPIACION BIBLIOGRAFICA

3.2 CONTACTO CON LAS CONSTRUCTORAS

3.3 SELECCION DE PROYECTOS

3.4 TOMA DE DATOS

3.5 TABULACION DE LA INFORMACION

4. GENERACION DE RESULTADOS

4.1 ANALISIS GENERAL

4.2 ANALISIS POR OBRA

4.3 ANALISIS POR EMPRESA

4.4 ANALISIS POR ACTIVIDAD

4.5 CATEGORIZACION Y CAUSAS DE PERDIDAS DE TIEMPO NO
CONTRIBUTIVOS Y TIEMPOS CONTRIBUTIVOS

5. CONCLUSIONES

6. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato prueba de la ronda.

Tabla 2. Formato tabulación de datos prueba de la ronda.

Tabla 3. Formato prueba de los cinco minutos.

Tabla 4. Formato tabulación de datos prueba de los cinco minutos.

Tabla 5. Formato fuente de pérdidas.

Tabla 6. Características de los proyectos a observar.

Tabla 7. Desempeño de proyectos en estudios anteriores.

Tabla 8. Distribución de tiempo trabajado en cada obra.

Tabla 9. Desempeño de proyectos en la ciudad de Bogotá.

Tabla 10. Distribución de tiempo trabajado en cada empresa constructora en la ciudad de Bogotá.

Tabla 11. Desempeño de tiempos por actividad en Bogotá.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las causas de las pérdidas en la construcción.

Figura 2. Metodología empleada en la investigación de tesis.

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Distribución general de categorías del trabajo en Chile.

Gráfica 2. Distribución general de categorías del trabajo en Medellín 2002.

Gráfica 3. Distribución general de categorías del trabajo en Medellín 2003.

Gráfica 4. Promedio de desempeño de tiempos en Bogotá.

Gráfica 5. Distribución de tiempo trabajado en cada obra.

Gráfica 6. Distribución de tiempo trabajado en cada empresa.

INTRODUCCION

Los proyectos de construcción (únicos, temporales, complejos, inciertos,...), buscan una oportunidad de inversión y productividad para el cliente (interno y externo).

Para conseguir el mejoramiento de la productividad en la construcción, se han aplicado diferentes herramientas y una es la filosofía Lean Construction.

Teniendo como base los conocimientos adquiridos y la experiencia de la autora, se desea hacer parte de los profesionales en arquitectura e ingeniería que dan un paso más en la documentación y aplicación de nuevas filosofías de la construcción en Colombia.

Uno de los objetivos de los nuevos enfoques de producción, es hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando o eliminando las actividades que no lo generan. (Botero & Álvarez, 2003).

Al minimizar o eliminar las tareas que no dan valor agregado en el proceso constructivo, logramos incrementar la productividad, mejorar la rentabilidad, y ser cada vez más competitivos en el sector.

Todas las actividades que produzcan costos, directos o indirectos, y no agreguen valor o progreso al producto pueden ser considerados desperdicios, por lo tanto, cualquier esfuerzo para el mejoramiento debe estar enfocado en identificar los desperdicios en el proceso de construcción, analizando las causas que producen este inconveniente, y en actuar contra ellas para reducir a eliminar los desperdicios (Serpell, 2002).

El tema de la investigación de tesis se desarrolla en proyectos inmobiliarios en Colombia, ubicados en la ciudad de Bogotá y su zona periférica, tomando como base los conceptos y principios de la filosofía construcción sin pérdidas en general y las investigaciones realizada a nivel nacional y regional sobre el tema. Se pretende realizar un avance en la creación de un Sistema local de referencia (Benchmarking), para la medición de pérdidas durante el proceso de construcción.

El principal aporte de esta investigación de tesis es un primer conocimiento de la realidad de desempeño de tiempos en las empresas constructoras de la ciudad de Bogotá, primer paso para la creación de un sistema de referencia en construcción, e identificar las categorías y las causas de las pérdidas de tiempo en actividades no productivas. Además se pretende proponer estrategias de mejoramiento para reducir el tiempo no productivo en el sector de la construcción.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar estrategias que ayuden al mejoramiento de las empresas del sector de la construcción en Bogotá, a través de la medición y análisis del desempeño de tiempos empleados en proyectos inmobiliarios, para lograr una cultura de medición y control de pérdidas en búsqueda de una mayor productividad e inversión en las empresas del sector.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Recopilar y ampliar el marco teórico reciente respecto al tema de la construcción sin pérdidas, su aplicación en algunos proyectos latinoamericanos e influencia en la productividad, base de esta investigación.

Generar un informe que ayude a concientizar a ingenieros, arquitectos y profesionales de la construcción sobre la importancia de cuantificar los procesos necesarios en la construcción, en pro del desarrollo de la cultura de la medición.

Conocer y evaluar las pérdidas de tiempo tomando como muestra algunos proyectos de construcción que actualmente se encuentran en desarrollo en la ciudad.

Contribuir en la creación de un sistema de referencia en Bogotá mediante los resultados de un trabajo de campo riguroso y compararlo con los resultados de otras investigaciones anteriores.

Proponer estrategias con base en los resultados obtenidos con el fin de incrementar el tiempo productivo empleado en la construcción y por ende mejorar la productividad y competitividad de las empresas constructoras en la ciudad.

2. MARCO TEORICO

Proyecto es una actividad humana con un propósito claro que representa una oportunidad de inversión y tiene además un marco limitante de recursos (el cual se conoce como presupuesto), una limitante temporal presente en una programación de actividades y exigencias de calidad (Echeverry, 2003).

Un buen proyecto es aquel que cumple las especificaciones de calidad, el plazo acordado y no se sale de su presupuesto.

Desde la década de los ochenta hay mayor inquietud y búsqueda por mejorar la productividad en actividades y trabajos de origen manufacturero y donde se requiere mano de obra como la construcción.

Algunos de los conceptos que se han aplicado en esta búsqueda son: la ingeniería de valor, la reingeniería, el mejoramiento continuo, justo a tiempo (JIT - Just in time), el control total de la calidad (TQM - Total Quality) y la construcción sin pérdidas (Lean Construction).

2.1 CONSTRUCCION SIN PERDIDAS

La construcción sin pérdidas es una nueva filosofía en los proyectos de construcción basada en el manejo gerencial de producción implementado con excelentes resultados por Toyota Motor Company, fundada en 1937 por la familia Toyoda, con sede en Nagoya (Japón), desde los años 50 (Bermúdez, 1999).

Este manejo gerencial de producción, se realizó aplicando los siguientes criterios:

- Máxima eficiencia, calidad y flexibilidad.
- Grado de interacción y contacto.
- Plantación con inteligencia.
- Realización de procesos estandarizados.

Se consiguieron los siguientes resultados:

- Satisfacción del cliente.
- Utilización mínima de recursos.
- Integración de etapas durante todo el proceso.
- Producción con mínimo de errores.

El señor John Egan en “Rethinking construction” llevó el pensamiento “Lean” a la industria de la construcción, teniendo como ejemplo el éxito obtenido en la industria automotriz, considerando simultáneamente el producto y el desarrollo del proceso e incluyendo técnicas específicas que mejoran tanto el proceso de diseño como el de entrega .

El enfoque de la filosofía Construcción sin pérdidas consiste en agregar valor a los proyectos a través de la eliminación de todas aquellas tareas que no dan valor agregado en el proceso completo de construcción, desde la planeación hasta la entrega, teniendo como meta la satisfacción del cliente interno y/o externo.

La construcción sin pérdidas no incluye realmente nuevos principios, es una filosofía que busca de una forma innovadora la integración de diferentes conceptos que individualmente no tienen la relevancia, que sin duda tienen en conjunto (Romero, 1999).

Los principios básicos de Lean Construction son:

- Reducción de actividades que no agregan valor (Inventario reducidos a su mínima expresión y eliminación de desperdicios)
- Disminución de la variabilidad
- Reducción de los ciclos, etapas, paso y/o procesos constructivos
- Aumento de la flexibilidad
- Avance en el conocimiento del proceso constructivo
- Concepción de los proyectos como proceso integral
- Búsqueda de mejoramiento continuo
- Realización de sistema de referencia

Los conceptos y herramientas que aportaron a la filosofía Lean Construction son, entre otros,

- Equipos Multifuncionales: Mezcla de funciones y responsabilidades teniendo un líder en cada grupo.
- TQM – Total Quality Management: El control de calidad total debe volcarse hacia el cliente externo e interno.
- Ingeniería simultánea: Unión de esfuerzos de diferentes profesionales en cada una de las etapas.
- Kazen: Mejoramiento permanente y escalonado de la calidad.
- JIT – Just in time: Tener solo el inventario necesario para cada actividad.
- Alianzas con proveedores: Lazo de beneficio mutuo con proveedores.
- Orientación al cliente: buena comunicación con el cliente externo e interno.
- Información, comunicación y estructuración del proceso.

La productividad es la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un recurso específico, dentro de un plazo establecido y un estándar de calidad dado (Serpell, 1999).

La productividad de acuerdo con los recursos considerados se puede clasificar en productividad de los materiales, productividad de la mano de obra y productividad de la maquinaria.

Existen diferentes factores que afectan la productividad de forma negativa o forma positiva y es función de la gerencia conocerlos para aprovecharlos o controlarlos según sea el caso.

De acuerdo con Koskela (1992), la nueva filosofía de producción puede ser definida de la siguiente forma: La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final.

Los procesos de flujo pueden caracterizarse por su costo, tiempo y valor, siendo este último, el cumplimiento de los requerimientos del cliente. En la mayoría de los casos, solo las actividades de conversión, agregan valor al producto final.

Se denominan conversiones a todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos pensando en los requerimientos del cliente, por lo tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor.

Pérdidas, por el contrario, se consideran a todas las actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos).

Como objetivo de la utilización del nuevo enfoque de producción, se encuentra el hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando o eliminando las actividades que no lo generan (pérdidas).

2.2 PERDIDAS EN LA CONSTRUCCION

El término *MUDA* en japonés significa “desperdicio” y es cualquier cosa diferente del mínimo absoluto de recursos en materiales, en equipo y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcón, 2002).

Todas las actividades que produzcan costos, directos o indirectos, y no agreguen valor o progreso al producto pueden ser considerados desperdicios, por lo tanto, cualquier esfuerzo para el mejoramiento debe estar enfocado en identificar los desperdicios en el proceso de construcción, analizando las causas que producen este inconveniente, y en actuar contra ellas para reducir a eliminar los desperdicios (Serpell, 2002).

Las principales causas que generan pérdidas en la productividad son:

- Problemas de diseño: producido principalmente por deficiencias en la interfase de ingeniería – construcción.
- Deficiente administración: Las causas principales son: alta relación de obreros por número de encargados, problemas de comunicación en la obra, planificación de la obra por personal no capacitado y administraciones reactivas y no preventivas.
- Métodos de trabajo inadecuado, ocasionado por: mala utilización de los recursos (mano de obra, maquinaria y material), utilización de tecnologías inapropiadas, alternativas mas eficientes y falta de registro histórico para evitar ocurrencia de errores anteriores.
- Problemas del recurso humano: factor asociado con el rendimiento en la obra. Entre las principales causas están: empirismo y pobre capacitación, problemas de inseguridad en la obra y poca motivación del personal.

- Problemas de seguridad: Ocasionado por el poco interés o el desconocimiento de sistemas adecuados de protección del personal.
- Sistemas de control deficiente: Sistemas que presentan falencias como: no se mide la productividad, la información presentada es a veces poco oportuna; las responsabilidades no se identifican claramente; no se identifican las actividades de apoyo de las de producción; se enfatiza en el control de las actividades que sobrepasan el presupuesto.
- Deficientes grupos y actividades de apoyo: Se presentan los siguientes problemas: recursos insuficientes, recursos no disponibles, deficiente función administrativa en el control de almacén, inadecuado control de recursos, escaso mantenimiento de equipos e inadecuada distribución de las instalaciones provisionales de los proyectos.

Las pérdidas provienen de flujos, actividades de conversión y administración de la obra.

Las principales causas controlables son: Falta de recursos (materiales, equipos y mano de obra), falta de información, método inapropiado en las actividades de trabajo, mala planeación de trabajo, mala calidad en la ejecución de los trabajos, mala distribución del personal, malas instalaciones provisionales y control ineficaz

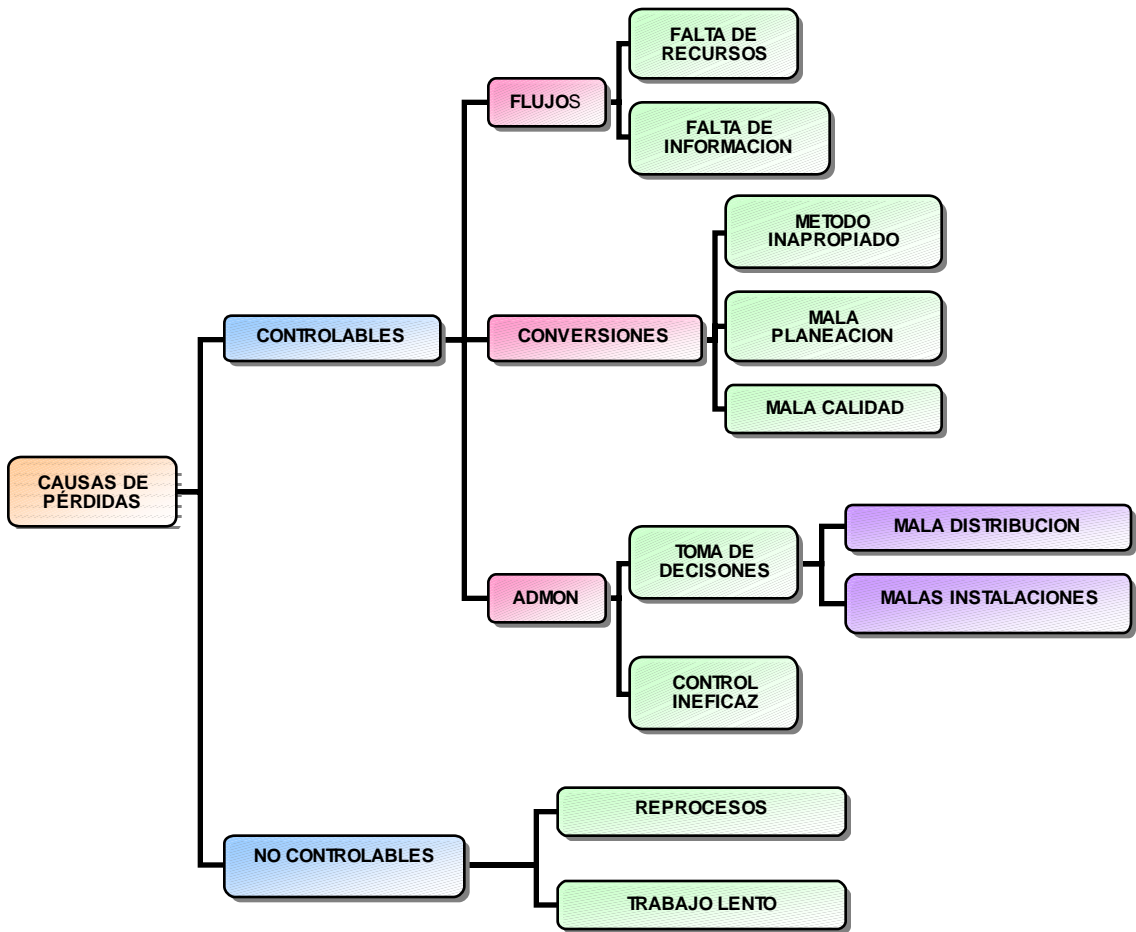
Las causas no controlables son: fallas en flujos externos (proveedores, diseñadores); causas externas (condiciones climáticas, festividades e imprevistos).

La construcción sin pérdidas no incluye realmente nuevos principios, es una filosofía que busca de una forma innovadora la integración de diferentes conceptos que individualmente no tienen la relevancia, que sin duda tienen en

conjunto. Estos conceptos son entre otros, justo a tiempo (JIT), control total de la calidad (TQM), ingeniería concurrente, mejoramiento continuo, benchmarking, círculos de calidad, ingeniería valor, reingeniería y fase tracking (Romero, 1999).

Figura 1. Clasificación de las causas de pérdidas en la construcción.

Fuente: (Alarcón, 1994)



La filosofía de construcción sin pérdidas se basa en principios que buscan agregar el máximo valor al producto final.

Para realizar la identificación y reducción de pérdidas es necesario clasificar los tiempos de trabajo, estos se pueden clasificar en:

- Trabajo productivo (TP). Tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción.
- Trabajo contributivo (TC). Tiempo empleado por el trabajador en labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas.
- Trabajo no contributivo (TNC). Tiempo que no se clasifique en las anteriores categorías.

Uno de los principios básicos de Lean Construction es la reducción de actividades que no agreguen valor, se propone minimizar el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminar el tiempo no contributivo.

La identificación de pérdidas, a través de sencillas técnicas, como muestreo de trabajo, encuesta de demoras y cartas de balance de cuadrillas, han sido utilizadas como medida indirecta de la productividad, ya que se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad (Alarcón, 1993).

Algunos de los nuevos formatos utilizados para medir las pérdidas de tiempos en la construcción son,

- Muestreo de trabajo: Son numerosas observaciones cortas de la labor del personal en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos. Constituye una medición indirecta de la productividad.

- Encuesta de detenciones y demoras: Se utiliza para identificar las causas de interrupciones en el trabajo y su incidencia en los recursos desperdiciados. Es diligenciado por los encargados y/o administradores.
- Carta de balance de cuadrilla: Utilizada en la Ingeniería Industrial para estudiar la eficiencia entre hombre y máquina en los procesos de producción.
- Carta de balance multicuadrillas: Permite el desarrollo de las actividades y la interrelación entre ellas, determina cuellos de botella y logra una visión global del proceso.

Se incluyen además los formatos utilizados en esta investigación de tesis,

- Formato de la prueba de la ronda. Utilizado para determinar el porcentaje de tiempo productivo y no productivo de los trabajadores de la obra.

Al utilizar este formato es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones: realizar las observaciones de manera aleatoria, no realizar la observación al inicio o final de la jornada, y que el tomador de datos esté capacitado para la labor a desarrollar.

En la tabulación de los datos tomados con este formato se realiza el cálculo de porcentaje de tiempo productivo y no productivo por el recurso humano en la obra. El resultado obtenido es un diagnóstico de la utilización de tiempos.

Tabla 1. Formato prueba de la ronda.

FORMATO PRUEBA DE LA RONDA

Empresa _____ Obra _____
 Encuestador _____ Fecha _____ Día de la semana _____

Actividad _____ Hora _____	Actividad _____ Hora _____
NC _____ Obs _____	NC _____ Obs _____
C _____ Obs _____	C _____ Obs _____
P _____ Obs _____	P _____ Obs _____
Comentarios _____	Comentario _____
_____	_____

Fuente: (Botero, 2002)

Tabla 2. Formato tabulación de datos prueba de la ronda.

TABULACION DE DATOS PRUEBA DE LA RONDA

Empresa: _____ Obra: _____

Toma No.	Hora	Total trabajadores observados	Total trabajadores productivos	% trabajadores productivos	% trabajadores no productivos
----------	------	-------------------------------	--------------------------------	----------------------------	-------------------------------

_____ % promedio

Fuente: (Botero, 2002)

- Formato de la prueba de los cinco minutos: Se realizan observaciones a una cuadrilla o trabajador haciendo una actividad definida durante 300 segundos. Se utiliza para determinar el porcentaje de tiempo destinado por los trabajadores a labores productivas, contributivas y no contributivas.

Las recomendaciones para tener en cuenta al utilizar este formato son las siguientes: Antes de iniciar la toma de datos se establecen las categorías y causas del tiempo contributivo y el tiempo no contributivo, en el proceso de tabulación se tabula cada una de las categorías en que se descompone TC y TNC y finalmente se realiza el análisis de Pareto con las categorías previamente establecidas.

La identificación de pérdidas a través de sencillas técnicas, ha sido utilizada como medida indirecta de la productividad, ya que se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad (Alarcón, 1993).

Tabla 3. Formato prueba de los cinco minutos.

FORMATO PRUEBA DE LOS CINCO MINUTOS

Empresa _____ Obra _____
 Encuestador _____ Fecha _____ Día de la semana _____

Empleado _____	Actividad _____	Oficio _____	Hora _____
Tiempo no contributivo _____	Observaciones _____		
Tiempo contributivo _____	Observaciones _____		
Tiempo productivo _____	Observaciones _____		
Comentarios _____			

Fuente: (Botero, 2002)

Tabla 4. Formato tabulación de datos prueba de los cinco minutos.

TABULACION DE TIEMPOS PRUEBA DE LOS CINCO MINUTOS

Empresa: _____ Obra: _____

Toma Nb.	Fecha	Hora	Actividad	TNC	TC	TP	% TNC	% TC	% TP
----------	-------	------	-----------	-----	----	----	-------	------	------

% tiempos

Fuente: (Botero, 2002)

- Encuesta de identificación de pérdidas: permite realizar el análisis para detectar las fuentes y las frecuencias de las pérdidas en el proceso constructivo. Es diligenciado por el personal de dirección de obra.

Tabla 5. Formato fuente de pérdidas.

FUENTE DE PERDIDAS

Clasifique según su frecuencia, las siguientes fuentes de pérdidas

	Nunca	Frecuente	Ocasional	Rara vez
ADMINISTRACION				
Requerimientos innecesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exceso de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala planeación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Burocracia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
USO DE RECURSOS				
Exceso de cantidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de cantidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mal uso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala distribución	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disponibilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INFORMACION				
No necesaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Defectuosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inoportuna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poco clara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Identifique cuales son las cinco pérdidas más frecuentes según su percepción

1. Trabajo sin hacer	<input type="checkbox"/>
2. Reprocesos	<input type="checkbox"/>
3. Trabajo innecesario	<input type="checkbox"/>
4. Errores	<input type="checkbox"/>
5. Detenciones	<input type="checkbox"/>
6. Pérdida de material	<input type="checkbox"/>
7. Deterioro de material	<input type="checkbox"/>
8. Movimientos innecesarios de personal	<input type="checkbox"/>
9. Movimientos innecesarios de material	<input type="checkbox"/>
10. Exceso de vigilancia	<input type="checkbox"/>
11. Supervisión extra	<input type="checkbox"/>
12. Requerimientos excesivos de espacio	<input type="checkbox"/>
13. Retraso de actividades	<input type="checkbox"/>
14. Procesamiento extra	<input type="checkbox"/>
15. Necesidad de aclaraciones	<input type="checkbox"/>
16. Desgaste anormal de equipos	<input type="checkbox"/>

Ordene las pérdidas según su importancia:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Fuente: (Botero, 2002)

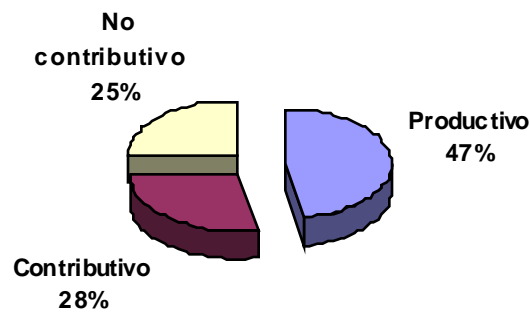
2.3 ANTECEDENTES

A nivel latinoamericano ha sido implementado en Chile desde finales de la década de los 90's hasta la actualidad, dirigido principalmente por el Ingeniero Luis Fernando Alarcón, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile a través del Programa de Excelencia en Gestión de Producción. Este sistema fue implementado con la ayuda de grandes empresas del sector de la construcción de este país y aplicado en varios proyectos desarrollados por éstas.

El trabajo anteriormente realizado en Chile, arrojó como resultado que el 28% del tiempo fue TC y el 25% fue TNC. Como conclusión del estudio realizado, el 53% del tiempo de trabajo se dedica a actividades no productivas (Botero, 2002).

Gráfica 1. Distribución general de categorías del trabajo en Chile.

**DISTRIBUCION DE CATEGORIAS DEL TRABAJO
(CHILE 1995)**



Fuente: (Serpell, 1995)

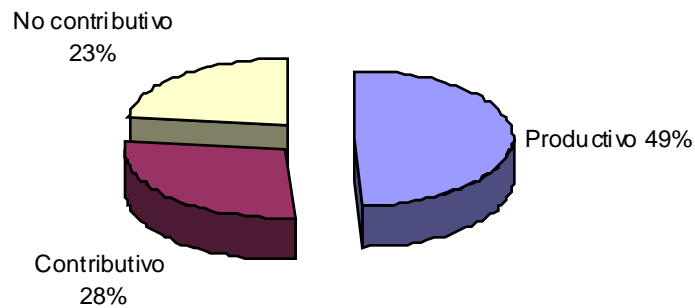
A nivel nacional ha sido implementado en la ciudad de Medellín en los años 2002 (prueba piloto: Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda a través de la filosofía lean construction) y 2003 (Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción), dirigidos principalmente por Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez, profesores de la Universidad EAFIT. Este sistema también fue implementado con la colaboración de varias empresas del sector y aplicados en varios proyectos desarrollados por estas, en la ciudad de Medellín (Botero y Álvarez, 2003).

La investigación fue realizada en la ciudad de Medellín, en el año 2002 con 9 proyectos y 4 constructoras de la ciudad, y en el 2003 con 17 proyectos de 9 constructoras encontrando resultados muy parecidos; arrojó como resultado que el

28% del tiempo fue TC y el 23% fue TNC, dando la sumatoria el 51% del tiempo en actividades no productivas en el 2002 y 52.8% del tiempo que se dedica a labores no productivas en el 2003. (Ver Gráfica 2 y 3).

Gráfica 2. Distribución general de categorías del trabajo en Medellín 2002.

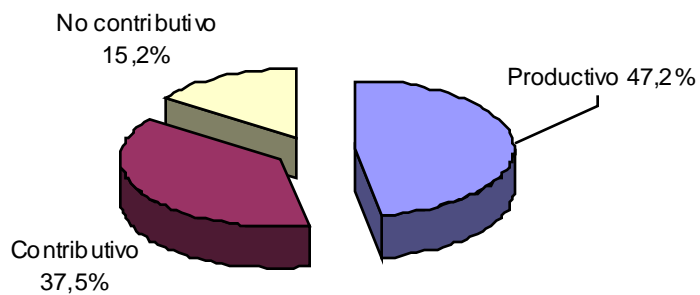
**DISTRIBUCION DE CATEGORIAS DEL TRABAJO
(MEDELLIN 2002)**



Fuente: (Botero, 2002)

Gráfica 3. Distribución general de categorías del trabajo en Medellín 2003.

**DISTRIBUCION PROMEDIO DEL TRABAJO
(MEDELLIN 2003)**



Fuente: (Botero y Álvarez, 2003)

En Latinoamérica ha sido implementado en Chile desde la década de los 90's hasta la actualidad, dirigido por el Ingeniero Luis Fernando Alarcón, a través del programa de excelencia en gestión de producción. Este trabajo se realizó en 1995 y estudió 370.000 m² construidos; además se tiene conocimiento de la implementación en Brasil y México.

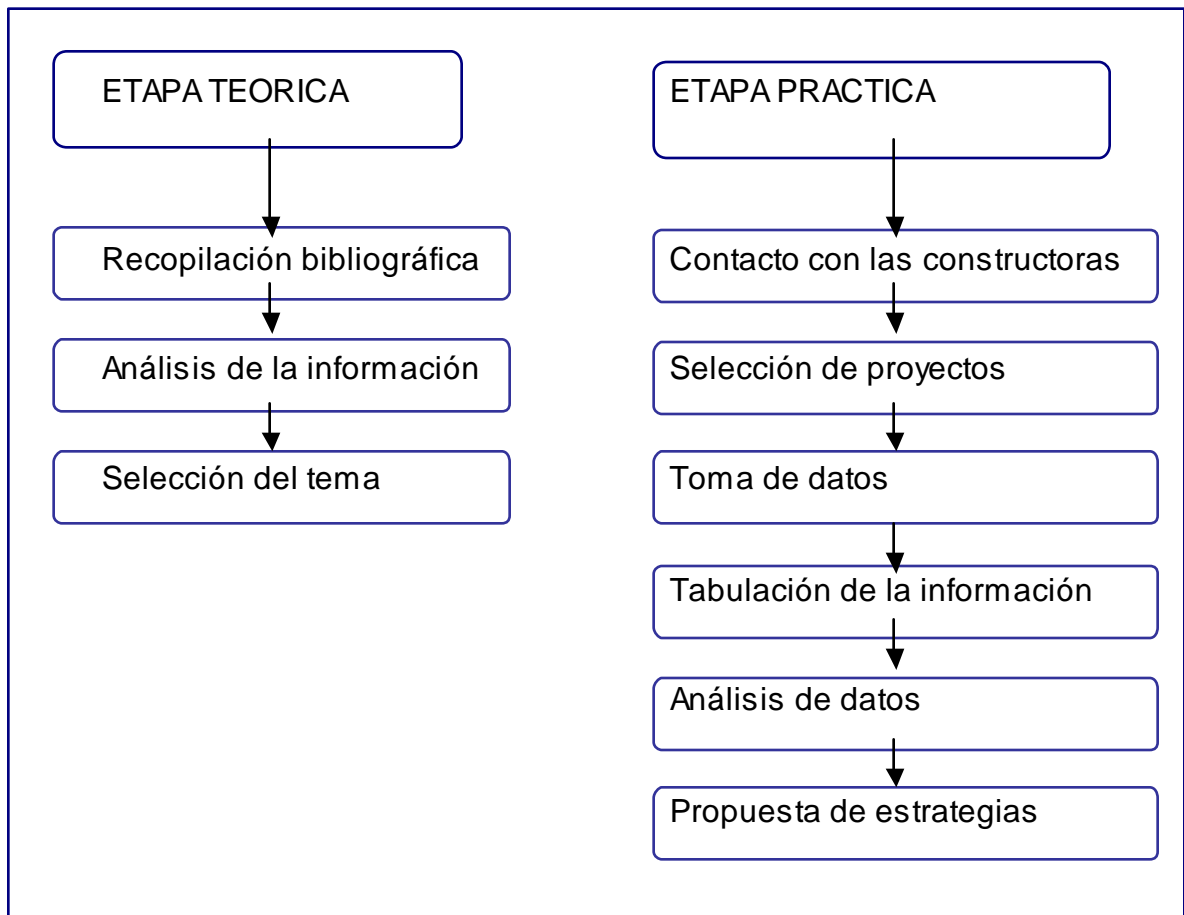
En Colombia ha sido implementado en la ciudad de Medellín en los años 2002 y 2003, dirigidos por Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez, profesores de la Universidad EAFIT. La investigación estudió en el 2002, 9 proyectos y 4 constructoras de la ciudad, y en el 2003, 17 proyectos de 9 constructoras.

En la Universidad de los Andes se han realizado cuatro investigaciones sobre el tema; una en "Mejoramiento de la productividad a través de la construcción sin pérdidas" (Romero, 1999), "Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social" (Garzón, 2001), un proyecto aplicado a un proyecto de vivienda de interés social. (Bermúdez, 1999) y "Mejoramiento de la gestión en la construcción mediante el sistema último planificador" (Perdomo, 2005).

3. METODOLOGIA

La metodología desarrollada en esta tesis, se dividió en dos etapas como lo muestra la figura 2.

Figura 2. Metodología empleada en la investigación de tesis.



Fuente: (Autor)

3.1 RECOPIACION BIBLIOGRAFICA

Durante el primer semestre de tesis se realiza la recopilación de la información bibliográfica necesaria para tener dominio del tema. En esta búsqueda se

utilizaron datos recientes como las investigaciones realizadas en Colombia después de 1999 y la información conseguida por Internet.

Después de la organización y análisis de la información recogida, se planea continuar trabajando sobre un tema específico en la creación de un sistema de referencia en construcción para la ciudad de Bogotá, el cual no se encontró.

3.2 CONTACTO CON LAS CONSTRUCTORAS

En el segundo semestre, se realiza el trabajo de campo para conocer nuestra realidad regional en los proyectos de construcción para luego tomarlos como referencia y observar los beneficios de la aplicación de nuevas filosofías.

Teniendo como base los contactos realizados por el Ingeniero Rafael Perdomo y su investigación de tesis “Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema último planificador”, se comienza en el segundo semestre de tesis los contactos con empresas constructoras para realizar la toma de datos en diferentes proyectos. Solo se contactaron inicialmente tres entidades, ya que lo que se pretende es tener datos reales de la ciudad de Bogotá, y comprobar la necesidad y los beneficios que se obtendrían de la aplicación de nuevas filosofías en la construcción.

Estas empresas, conocidas a nivel regional y que en su ayuda académica solicitaron no ser mencionadas; poseen el conocimiento necesario sobre el tema y muestran interés en colaborar en esta investigación.

Las empresas seleccionadas tienen cada una más de 15 años de experiencia en el sector de la construcción, están certificadas con programas de calidad aprobados por ICONTEC, poseen infraestructura adecuada, buena organización y son reconocidas a nivel regional y nacional.

- Empresa 1: Empresa constructora creada en 1983, especializada en el campo inmobiliario en lo referente a proyectos de vivienda, hasta 1994 cuando cambia su nombre con sede principal en Bogotá y dos oficinas subsidiarias localizadas en Medellín y Cali.

Desde entonces ha liderado la construcción de proyectos urbanísticos para todos los estratos sociales y actualmente cuenta con toda la capacidad para realizar directamente las labores de Gerencia de Construcción, Promoción y Ventas.

Sus proyectos residenciales contemplan la vivienda en un sentido más ambicioso al del objeto mismo de ésta. Su funcionalidad debe complementarse con la disposición de áreas particulares y espacios comunes que contribuyan, con su buen diseño, al mejoramiento de la calidad de vida de sus clientes. Con aproximadamente 30.000 unidades de vivienda construidas.

- Empresa 2: Consorcio conformado por dos empresas constructoras con mas de 15 años de experiencia cada una en el sector de la construcción, están certificadas con programas de calidad aprobados por ICONTEC (ISO 9001), posee infraestructura adecuada, buena organización y es reconocida a nivel regional y nacional.

- Empresa 3: Consorcio conformado por dos empresas constructoras con mas de 25 años de experiencia cada una en el sector de la construcción, empresas certificadas con programas de calidad aprobados por ICONTEC (ISO 9001), posee infraestructura adecuada, buena organización y es reconocida a nivel regional y nacional.

Se elaboró y entregó a cada empresa un documento donde se presentan la investigación a realizar, los buenos resultados obtenidos en estudios anteriores

aplicando esta filosofía en países latinoamericanos y la metodología a seguir en la toma de datos.

3.3 SELECCION DE PROYECTOS

En conversaciones con las personas designadas por cada empresa, se escogieron los proyectos a estudiar, las herramientas a utilizar, horarios y tiempos de medición y se adelantaron todos los permisos respectivos para el ingreso a cada uno de los proyectos a observar.

Las principales características de los proyectos a observar se describen a continuación:

▪ OBRA 1

Obra:	2 manzanas de 256 unidades de vivienda con salón comunal, portería y parqueaderos.
Tipo de obra:	Vivienda de interés social (VIS) Unifamiliar
No. de unidades:	256 viviendas
M2 construidos:	16.600 m ²
Localización:	Sur-occidente de Bogotá Barrio Bosa-Brasil
Número de pisos:	Tres
Sistema constructivo:	Mampostería estructural
Tiempo de observación:	Cuatro meses

▪ OBRA 2

Obra:	2 manzanas de 254 unidades de vivienda con salón comunal, portería y parqueaderos.
Tipo de obra:	Vivienda de interés social (VIS) Unifamiliar
No. de unidades:	254 viviendas

M2 construidos: 16.600 m²
Localización: Sur-occidente de Bogotá
Barrio Bosa-Brasil
Número de pisos: Tres
Sistema constructivo: Mampostería estructural
Tiempo de observación: Cuatro meses

▪ **OBRA 3**

Obra: 10 torres de apartamentos, un semi-sótano,
Zonas comunes y locales comerciales
Tipo de obra: Edificio de apartamentos
No. de unidades: 320 unidades
M2 construidos: 46.300 m²
Localización: Sur-occidente de Bogotá
Barrio Hayuelos
Número de pisos: Ocho
Sistema constructivo: Sistema túnel
Tiempo de observación: Tres meses

▪ **OBRA 4**

Obra: 10 torres de apartamentos, dos sótanos,
Zonas comunes y locales comerciales
Tipo de obra: Edificio de apartamentos
No. de unidades: 360 unidades
M2 construidos: 54.200 m²
Localización: Sur-occidente de Bogotá
Barrio Ciudad Salitre
Número de pisos: Diez
Sistema constructivo: Sistema túnel
Tiempo de observación: Tres meses

Se seleccionaron cuatro proyectos inmobiliarios ubicados en la ciudad de Bogotá, teniendo como total 1.680 unidades de vivienda y 133.700 metros cuadrados construídos.

Tabla 6. Características de los proyectos a observar.

Proyecto	Sistema Constructivo	Número de unidades	Área	Número de pisos	Tipo de obra
Obra 1	Mampostería estructural	254 casas	16.600	Unifamiliar	VIS
Obra 2	Mampostería estructural	256 casas	16.600	Unifamiliar	VIS
Obra 3	Sistema túnel	320 apto.	46.300	8 pisos	Edificio
Obra 4	Sistema túnel	360 apto.	54.200	10 pisos	Edificio
4 obras	2 Sistemas constructivos	1.680 unid. de vivienda	133.700 m2 construidos		2 tipos de vivienda

Fuente: (Autor)

3.4 TOMA DE DATOS

Antes de comenzar la toma de datos y conociendo las obras a observar se procede a elaborar la categorización de las causas de tiempo contributivo y tiempo no contributivo que se va a tener en cuenta en las diferentes proyectos. Se muestra a continuación la caracterización desarrollada para esta investigación:

CATEGORIAS Y CAUSAS DEL TIEMPO NO CONTRIBUTIVO

- a. Espera
 - Falta de equipo y/o herramienta

- Falta de materiales
 - Sobrepoblación
 - Actividad previa sin terminar o mal terminada
 - Falta de continuidad
- b. Tiempo ocioso
- Actitud del trabajador
 - Tomando decisiones
 - Falta de supervisión o instrucciones
 - Conversando
- c. Desplazamientos
- Falta de recursos
 - Falta de supervisión o instrucciones
 - Sobrepoblación
 - Pobres condiciones de trabajo
 - Actividad previa sin terminar
- d. Descanso
- Agotamiento
- e. Necesidades fisiológicas
- Hidratación
 - Aseo personal
 - Ir al baño
- f. Reprocesos
- Trabajo mal ejecutado
 - Trabajo dañado por personal diferente
 - Falta de planeación
 - Cambio de planos o especificaciones
- g. Transporte
- Mala distribución o localización de recursos
 - Falta de equipo
 - Métodos inadecuados

CATEGORIAS DEL TIEMPO CONTRIBUTIVO

- Transporte
- Recibiendo o dando instrucciones
- Realizando mediciones
- Realizando actividades de limpieza
- Preparar mezclas, materiales y superficies
- Andamios y plataformas y/o colocación de elementos de protección o seguridad
- Desplazamientos
- Vibrado

La toma de datos la realiza el autor en el segundo semestre de 2005 en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Se utilizaron los mismos formatos diseñados por Luis Fernando Botero en la investigación “Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda a través de la filosofía Lean Construction”, con el fin de extender a nivel nacional y poder comparar los resultados obtenidos en Bogotá, con los obtenidos en Medellín y en Latinoamérica con los resultados obtenidos en Santiago de Chile. Los formatos utilizados fueron: el formato prueba de la ronda, el formato prueba de los cinco minutos y una encuesta dirigida a los profesionales que comprenden el área administrativa de cada obra. El análisis de esta información es la primera aproximación en la medición de pérdidas de tiempo en la ciudad de Bogotá y para un Benchmarking o Sistema de referencia.

La toma de datos las realiza el autor en las cuatro obras anteriormente descritas, en el segundo semestre de 2005 en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Actividades analizadas en los proyectos:

- Instalación de formaleta
- Armada de viga
- Fundida de vigas
- Instalación eléctrica
- Instalación hidro-sanitaria
- Mampostería
- Pañete
- Armada de placas
- Fundida de placa
- Armada de estructura
- Fundida de estructura
- Excavación manual
- Transporte vertical de materiales

En esta etapa se realiza la identificación y medición del tiempo productivo (TP), tiempo contributivo (TC) y tiempo no contributivo (TNC), identificando principalmente aquellas actividades que no agregan valor (pérdidas o TNC), categorizando las pérdidas según sus características y midiéndolas según su período de ocurrencia.

3.5 TABULACION DE LA INFORMACION

La tabulación de la información se realiza en hojas de Microsoft Excel, en los formatos de tabulación descritos anteriormente en el capítulo de marco teórico, y luego se realizó el análisis estadístico. Los resultados de estos análisis se presentan en gráficos y tablas para fácil visualización en el siguiente capítulo.

El análisis de los resultados se realizó primero en forma general, luego se analizó por obras, por empresas constructoras y por actividad.

Tomando los datos obtenidos en la encuesta realizada a los profesionales de las obras, y las observaciones del autor al diligenciar los formatos, se identifican las causas del TC y TNC para proponer estrategias en búsqueda de su disminución o mitigación. Con esto se busca la eficiencia del tiempo productivo, minimizar el tiempo contributivo y eliminar las pérdidas o TNC.

4. GENERACION DE RESULTADOS

Se seleccionaron dos empresas constructoras representativas en la ciudad de Bogotá y sector periférico urbano, para realizar la medición de pérdidas en campo y conocer la realidad actual de tiempos en proyectos inmobiliarios de la ciudad.

Los proyectos a observar son en total cuatro, pertenecen al sector inmobiliario, y se encuentran ubicados en tres localidades de la ciudad, también corresponden a dos sistemas constructivos utilizados actualmente como son la mampostería estructural y el sistema túnel; con un total de 1.680 unidades de vivienda y 34.000 metros cuadrados construidos.

Al ingresar y hacer un reconocimiento de cada obra, se definieron trece actividades a medir que se enuncian a continuación: instalación de formaleta, armada de vigas, fundida de vigas, instalación eléctrica, instalación hidro-sanitaria, mampostería, pañete, armada de placas, fundida de placa, armada de estructura, fundida de estructura, excavación manual, y transporte vertical de materiales. Se realizaron 311 mediciones en total, durante cuatro meses.

Para la toma de datos se utilizaron tres formatos: formato de la prueba de la ronda, que determina el porcentaje de tiempo productivo y tiempo no productivo de los trabajadores de la obra; formato de la prueba de los cinco minutos, determina el porcentaje de tiempo destinado por los trabajadores a labores productivas, contributivas y no contributivas y una encuesta realizada a los profesionales encargados de la parte administrativa de cada obra.

4.1 ANALISIS GENERAL

El promedio general de la utilización del tiempo en la ciudad de Bogotá es bueno, tomando como base los resultados obtenidos anteriormente en la ciudad de Santiago de Chile y Medellín, observando que el promedio es 10 puntos mayor que el obtenido en Chile y 8 puntos porcentuales que el obtenido en la ciudad de Medellín. Este desempeño se encuentra categorizado entre óptimo y normal y se muestra en la Tabla 7.

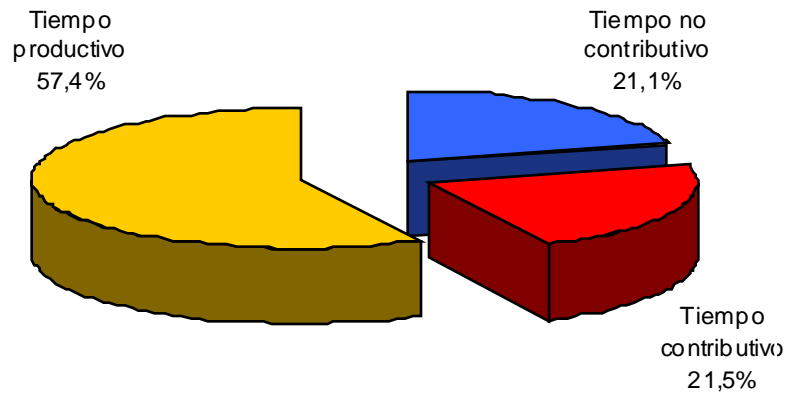
Tabla 7. Desempeño de proyectos en estudios anteriores.

Categoría	% TP	% TC	% TNC	Observaciones
Optimo	60	25	15	Chile 1995 370.000 m2
Normal	55	25	20	Chile 1995 370.000 m2
Promedio Chile	47	28	25	Chile 1995 370.000 m2
Promedio Medellín	49	28	23	Medellín 2002 43.569 m2
Promedio Medellín	47.2	37.5	15.2	Medellín 2003 136.572 m2
Promedio Bogotá	57.4	21.5	21.1	Bogotá 2005 133.700 m2

Fuente: (Autor)

El máximo valor del tiempo productivo en las obras observadas en Bogotá fue de 64,25% y el mínimo de 47,18%, con un promedio de 57,4%; en el tiempo contributivo el máximo valor fue 29,23% y el mínimo 15,33%, dando un promedio de 21,5% y en el tiempo no contributivo el máximo tiempo fue de 23,59%, el mínimo de 19,68% con un promedio de 21,1 como se observa en la Gráfica 4.

Grafica 4. Promedio de desempeño de tiempos en Bogotá.



Fuente: (Autor)

El promedio del tiempo productivo obtenido en Bogotá fue de 57.4 %, superior al considerado como desempeño normal en Chile, el tiempo contributivo fue de 21.5 %, el menor de los resultados obtenidos en estudios anteriores y el porcentaje de tiempo no contributivo fue de 21.1 %, valor más elevado de lo normal; esto da como sumatoria un porcentaje de tiempo no productivo de 42,6 %.

4.2 ANALISIS POR OBRAS

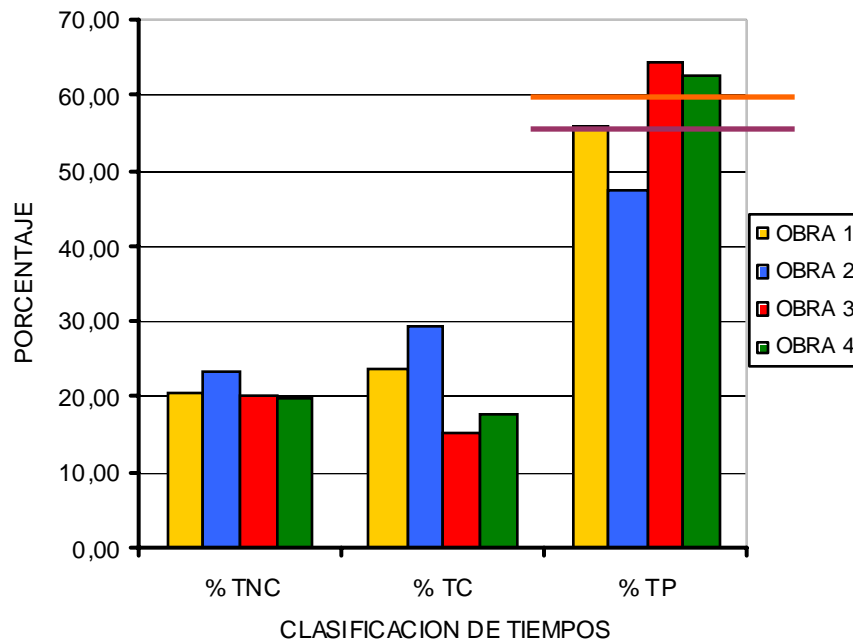
Estos valores se pueden observar en resumen en la Tabla 8 y la Gráfica 5.

Tabla 8. Distribución de tiempo trabajado en cada obra.

Obra	% TP	% TC	% TNC
Obra 01	55.68	23.65	20.67
Obra 02	47.18	29.23	23.59
Obra 03	64.25	15.33	20.42
Obra 04	62.69	17.63	19.68

Fuente: (Autor)

Gráfica 5. Distribución de tiempo trabajado en cada obra.



Fuente: (Autor)

Comparando los resultados obtenidos en la ciudad de Bogotá en el año 2005 con los estudios realizados en otros países, el desempeño general está por encima de lo considerado normal, con una muestra de 34.000 m² construidos en total; e individualmente el resultado de dos proyectos, obra 3 y obra 4, obtuvieron un desempeño superior a lo considerado óptimo en Chile. La obra 3 presentó más alto promedio en la utilización de tiempo en actividades productivas con un porcentaje de 64.2 dando como resultado un tiempo no productivo del 35.7%. Este desempeño se clasifica como muy bueno al compararlo con los Sistemas de referencia conocidos.

Los valores resultados de este estudio, dan una primera aproximación y conocimiento del desempeño del tiempo en Bogotá y coinciden en general con porcentajes de estudios realizados anteriormente en otras ciudades. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Desempeño de proyectos en la ciudad de Bogotá

Obra	%TP	%TC	%TNC	Observaciones
Obra 03	64.2	15.3	20.4	Mejor desempeño en Bogotá 2005
Optimo	60	25	15	Chile 1995 370.000 m2
Promedio Bogotá	57.4	21.5	21.1	Promedio en Bogotá Con 133.700 m2
Normal	55	25	20	Chile 1995 370.000 m2

Fuente: (Autor)

Cabe anotar que aunque el tiempo productivo superó las expectativas del tiempo categorizado con un desempeño óptimo en los estudios realizados en Chile, el tiempo no contributivo también lo superó.

4.3. ANALISIS POR EMPRESA

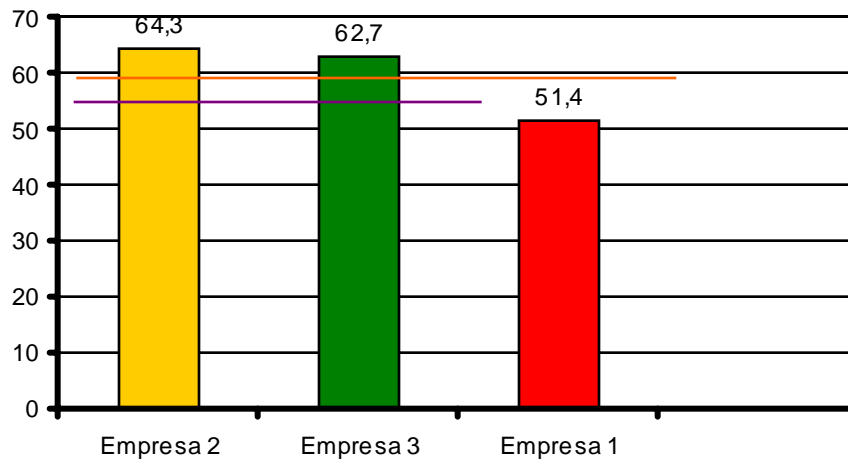
Al realizar el análisis de tiempos por empresas constructoras se observa que se destaca la empresa 2 con un desempeño superior al óptimo del 64,2 % del tiempo productivo.

Tabla 10. Distribución de tiempo trabajado en cada empresa constructora en la ciudad de Bogotá.

Empresa	% TP	% TC	% TNC
Empresa 01	51.43	26.44	22.13
Empresa 02	64.25	15.33	20.42
Empresa 03	62.69	17.63	19.68

Fuente: (Autor)

Gráfica 6. Distribución de tiempo trabajado en cada empresa.



Fuente: (Autor)

Se puede resaltar de la empresa 2, con base en lo observado en el tiempo empleado en la toma de datos, el cumplimiento de las normas de seguridad industrial exigidas por ley para el trabajador y la demarcación de seguridad de la obra proporcionando un ambiente de seguridad y confianza en cada sitio de trabajo.

4.4 ANALISIS POR ACTIVIDAD.

Esta tesis es un primer acercamiento al conocimiento de la utilización de tiempos en la construcción y es de resaltar que el número total de observaciones fue de 311 y las actividades medidas fueron 13 en todos los proyectos; las actividades con mayor número de observaciones fueron: mampostería con 16 observaciones, instalación de formaleta con 14, instalación hidrosanitaria con 12 e instalación eléctrica con 10.

A las tres actividades con mayor número de observaciones se realizó el análisis de desempeño de tiempos dando que la actividad con mayor porcentaje de tiempo

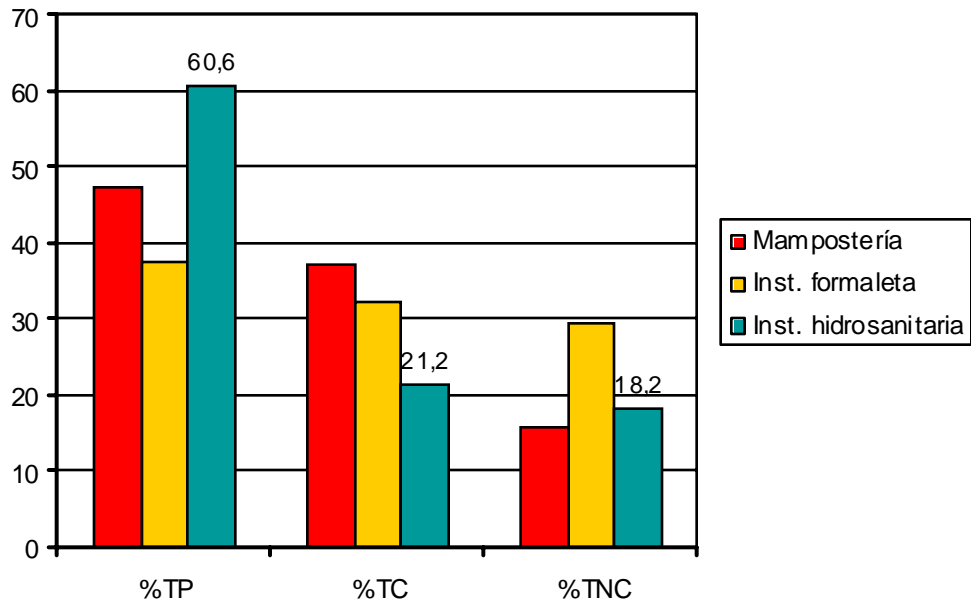
productivo fue la instalación hidrosanitaria con un 60.6%, 21.2 % de tiempo contributivo y 18.2 % de tiempo no contributivo. Ver Tabla 11.

Tabla 11. Desempeño de tiempos por actividad en Bogotá.

Actividad	%TP	%TC	%TNC
Mampostería	47.2	37.1	15.7
Instalación formaleta	37.3	32.2	29.5
Instalación hidrosanitaria	60.6	21.2	18.2

Fuente: (Autor)

Gráfica 7. Distribución de tiempo trabajado por actividad.



Fuente: (Autor)

En la instalación hidrosanitaria, la mano de obra es especializada y el mismo personal realiza actividades productivas y contributivas.

En la actividad de mampostería es importante resaltar la colaboración de personal exclusivo para actividades contributivas como transporte de material al sitio de trabajo, armada de andamios, ubicación de ejes y control de mediciones y preparación de la mezcla.

4.5 CATEGORIAS DE PERDIDAS Y CAUSA EN TIEMPOS NO CONTRIBUTIVOS.

Después de analizar los resultados presentados en el capítulo anterior, se identificaron las principales causas que explican las pérdidas de tiempo en las obras: las causas de tiempo no contributivo fueron: tiempo de espera por sobrepoblación y falta de equipo y/o herramienta; tiempo ocioso por conversaciones, uso del celular y esperas en lugares de descanso; largos recorridos por mala distribución o localización de recursos y largos desplazamientos por pobres condiciones de trabajo; las principales causas de pérdida de tiempo contributivo fueron: Preparación de mezclas, materiales y superficies; Transporte vertical y/o horizontal de materiales al sitio de trabajo y medición y/o control de alturas.

Al observar y estudiar las principales causas que originan perdidas de tiempo, se presentan y proponen estrategias para reducir y/o eliminar el tiempo no productivo y aumentar el tiempo productivo:

- Realizar una acertada planeación a corto y largo plazo.

- Brindar al trabajador los elementos de seguridad industrial personales como guantes, careta, tapabocas, arnes y todos aquellos necesarios para poder cumplir

con su trabajo de manera tranquila y segura, contando además con la debida demarcación de seguridad en la obra, evitando riesgos y accidentes de trabajo.

- Organizar acopio de materiales localizándolos lo más cerca posible al lugar final de llegada, evitando grandes e ineficientes recorridos.
- Programar mantenimientos preventivos de herramientas y equipos utilizados en obra y tener en lo posible reservas de éstos en el almacén.
- Organización de tiempos de trabajo y descansos, para evitar sobrepoblación y pérdidas de tiempo en sitios de descanso.
- Disponer de personal exclusivo para colaborar con actividades contributivas y que se organice en la obra según su necesidad; personal para ubicación de andamios, transporte de materiales, medición y ubicación de ejes

5. CONCLUSIONES

Esta tesis es una primera aproximación para conocer el desempeño de tiempos de trabajo en construcción, para la creación de un sistema de referencia en el sector en la ciudad de Bogotá y sus alrededores; se recomienda complementar este avance con otras investigaciones.

La filosofía construcción sin pérdidas es un tema reciente en Latinoamérica, que subyace en estudios que buscan elevar el nivel de productividad y competitividad, y que actualmente es de interés para empresas que están a la vanguardia en nuevas tecnologías aplicadas a la construcción.

Los resultados de medición de tiempos obtenidos en Bogotá año 2005 (57.4 % TP, 21.5 % TC y 21.1 % TNC) comparado con los resultados de Chile en 1995 (47 % TP, 28 % TC y 25 % TNC) muestran en Bogotá niveles más altos de productividad categorizado como normal con tendencia cercana a óptimo. Es preciso anotar que hay diez años de antigüedad del estudio en Chile y que también una gran diferencia en amplitud de la muestra de 34.000 m² a 370.000 m² respectivamente.

Las empresas constructoras seleccionadas para la medición de tiempos poseen certificación de calidad con planes y manuales de calidad, procesos y formatos estandarizados que contribuyen a reducir tiempos no contributivos ofreciendo productos de calidad en beneficio del cliente.

Es importante en la implementación de nuevas filosofías, contar con el apoyo e interés de las personas al frente de cargos directivos en las empresas constructoras involucradas; además se requiere fomentar al interior de las empresas, la cultura de la medición de tiempos para realizar un seguimiento y control de éste, teniendo como objetivo mejorar el desempeño de tiempos en cada empresa buscando ser más competitivos.

Para incrementar el tiempo productivo se hizo la categorización de las causas del tiempo no productivo y se concluyo que las mayores pérdidas de tiempo se refieren a la espera por falta de equipo o sobrepoblación, al transporte de material por inadecuada localización de recursos y el control y medición de niveles. Es pertinente recurrir a mejores tecnologías, una planeación mas acertada, mejor sistematización de procesos productivos, eliminar el tiempo no contributivo y atender labores de apoyo o contributivas con personal diferente para no ocupar al personal que desarrolla labores estrictamente productivas.

6. RECOMENDACIONES

Esta tesis es un avance en el conocimiento de la medición de pérdidas de tiempo utilizando nuevas herramientas y filosofías; es conveniente continuar con la implementación de sistemas que, retomando estos resultados, aporten en el mejoramiento constante de la productividad del sector de la construcción.

Para la creación de un sistema de referencia local de construcción en Bogotá, es indispensable contar con el personal y tiempo necesario para obtener el número de observaciones que se consideren estadísticamente válidas con un intervalo de confianza superior al 80%.

BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN, Luis Fernando. Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. Presented on the 2nd workshop on lean construction. Santiago de Chile, Chile. 1994.

ALARCÓN, Luís Fernando. y Cruz, J. Diagnóstico, evaluación y mejoramiento del proceso de planificación de proyectos, Revista de ingeniería de construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile. 1997.

ALARCÓN, Luis Fernando. Mejorando la productividad de proyectos con planificaciones más confiables, Revista BIT. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2002.

BOTERO, Luis Fernando. Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía lean construction (Construcción sin pérdidas). Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2002.

BOTERO, Luis Fernando. y Álvarez, Martha Eugenia. Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción. Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2003.

BERMUDEZ, Dávila Bernardo. Proyecto de grado: "Lean Construction aplicado a un proyecto de vivienda de interés social" Universidad de los Andes. Bogotá; D.C. 1999.

GARZÓN, M. Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de

Ingeniería civil y ambiental, Universidad de los andes. Bogotá D.C, Colombia. 2001.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Technical report No. 72. Center for integrated facility engineering. Department of civil engineer. Stanford University. 1992.

PERDOMO, Rafael. Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema último planificador. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento Ingeniería civil y ambiental. Universidad de los Andes. Bogotá D.C, Colombia. 2005

ROMERO MUÑOZ, Juan Felipe. Mejoramiento de la productividad a través de la filosofía de la construcción sin pérdidas. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento Ingeniería civil y ambiental. Universidad de los Andes. Bogotá, D.C. 1999.

SERPELL, A. Ventura, A. y Contreras, J. Characterization of waste in building construction projects. Presented on the 3^o workshop on lean construction. Alburquerque. 1995.

SERPELL, A. Administración de operaciones de construcción. México DF: Alfaomega grupo editor. 2002.

VALDERRAMA, Torres Gustavo. Memos de investigación: "Benchmarking en construcción de proyectos inmobiliarios". Universidad de los Andes. Bogotá,DC. 1997.