

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



“DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL  
GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN Y LOS SISTEMAS DE  
GESTIÓN CON EL NIVEL DE PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE  
CONSTRUCCIÓN”

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

**Nayda Súsana Morales Galiano**

**John Christian Galeas Peñaloza**

Lima – Perú

2006

## RESUMEN

En el año 2000 se presentó la primera evaluación de la productividad en obras de edificación en Lima Metropolitana, producto de esta se determinó el nivel de productividad de la mano de obra; resultando que el 28% del tiempo era dedicado a actividades que agregan valor a la construcción, además se identificó al Tipo de Administración como el factor que más influye en la productividad de obra.

En los últimos años ha habido una mayor difusión de los nuevos sistemas de gestión, adicionalmente se ha podido percibir cambios considerables en la forma de gestionar las obras. Concientes de esta realidad decidimos realizar el presente estudio; añadiendo al análisis de productividad de la mano de obra, los sistemas de Gestión de los proyectos y el análisis del Grado de Industrialización y sus relaciones con la productividad.

La clasificación del tipo de Gestión es una adaptación del tipo de Administración, utilizado en el estudio del año 2000, donde además de analizar la planificación de los proyectos se tomaron en cuenta factores de la forma de Ejecución, Control y Capacitación.

Para cuantificar la productividad de las obras de construcción en Lima Metropolitana, se analizó la Productividad, a partir de un “Estudio del Trabajo”, donde se determinó los niveles de ocupación del tiempo; clasificándolos en trabajo productivo, contributorio y no contributorio.

En el presente trabajo además de las mediciones, se realizaron encuestas a las personas relacionadas con el proyecto, a partir de ellas y las visitas realizadas presentamos los principales problemas identificados y sus posibles soluciones.

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>1</b>
Introducción .....	1
Objetivos.....	3
Alcances .....	3
Tipo de empresa .....	4
Tipo de proyecto .....	4
Etapa del proyecto .....	4
Ubicación del proyecto.....	4
Hipótesis.....	5
<b>ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>6</b>
1. Introducción.....	6
2. Estudio del Trabajo .....	6
2.1. Estudio del trabajo.....	6
2.2. Estudio de métodos.....	7
2.3. Medición del trabajo .....	7
3. Lean Production .....	9
3.1. Lean Construction .....	10
3.2. La filosofía de producción Transformación-Flujo-Valor.....	11
3.3. Last Planner.....	13
3.4. Look Ahead Planning .....	14
3.5. Porcentaje de Planificación Completa (PPC).....	15
4. Project Management .....	16
5. Industrialización en la Construcción.....	18
5.1. Definición de industrialización.....	19
5.2. Definiciones.....	20
5.2.1. Pre - fabricación.....	20
5.2.2. Mecanización.....	20
5.2.3. Estandarización .....	20
5.2.4. Diseño modular.....	20

<b>METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....</b>	<b>21</b>
<b>1. Criterios para la obtención de datos .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1. Determinación del tipo de trabajo .....</b>	<b>22</b>
1.1.1. Trabajo Productivo (TP):.....	22
1.1.2. Trabajo Contributorio (TC):.....	23
1.1.3. Trabajo No Contributorio (TNC): .....	23
<b>1.2. Criterios de evaluación .....</b>	<b>24</b>
<b>2. Muestra analizada .....</b>	<b>24</b>
<b>3. Definición de las herramientas usadas.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Nivel General de actividad de Obra: .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2. Formato para la Identificación de Obra:.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Formato para Encuestas al Personal Profesional y Técnico de obra:.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4. Formato para Encuestas al Personal Obrero: .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5. Formato para Entrevista a Subcontratistas y Proveedores: .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6. Formato para Entrevistas a Residentes sobre la Industrialización.....</b>	<b>27</b>
<b>4. Evaluación de la Información obtenida .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. Etapa de Diagnóstico Individual.....</b>	<b>38</b>
4.1.1. Hoja de cálculo para el análisis de los datos por medición.....	38
4.1.2. Hoja resumen de las mediciones en obra .....	38
<b>4.2. Etapa de Diagnóstico Integral .....</b>	<b>41</b>
 <b>PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	 <b>42</b>
<b>1. Resultados Generales de las Obras Estudiadas.....</b>	<b>42</b>
<b>1.1. Características generales de las obras analizadas .....</b>	<b>42</b>
En el siguiente cuadro se presentan las 26 obras analizadas indicando el tipo de estructura, la cantidad de pisos, departamentos y su área promedio.....	42
<b>1.2. Nivel de productividad en los proyectos.....</b>	<b>44</b>
1.2.1. Nivel de Productividad Promedio .....	46
1.2.2. Confiabilidad en los datos obtenidos.....	48
Cálculos Realizados .....	48
<b>1.3. Nivel de Productividad según la investigación realizada en el año 2000 .....</b>	<b>50</b>
1.3.1. Confiabilidad en datos obtenidos .....	50
<b>1.4. Comparación de resultados con los obtenidos el año 2000 .....</b>	<b>51</b>
<b>2. Nivel de productividad y porcentaje de avance de la obra .....</b>	<b>55</b>
<b>2.1. Clasificación de las Etapas de Avance .....</b>	<b>55</b>
<b>2.2. Relación entre el Avance del casco y el Nivel de Productividad.....</b>	<b>56</b>
<b>3. Tipo de Gestión .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1. Parámetros de Clasificación.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2. Clasificación de las Obras según su Tipo de Gestión.....</b>	<b>62</b>
<b>3.3. Relación de los Sistemas de Gestión con el Nivel de Productividad.....</b>	<b>64</b>
<b>4. Grado de Industrialización .....</b>	<b>65</b>

4.1. Parámetros de Clasificación.....	65
4.2. Clasificación de las Obras según su Grado de Industrialización.....	67
4.3. Relación del Grado de Industrialización con el Nivel de Productividad.....	69
5. Resultado de las encuestas.....	73
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusiones por Tipo de Gestión.....</b>	<b>74</b>
Identificación de los problemas.....	74
Diseño de procedimientos de construcción.....	74
Transmisión de la planificación.....	75
Equipo encargado de la planificación.....	75
Planificación y distribución de la mano de obra.....	75
Control.....	75
Capacitación.....	75
Causas.....	76
Coordinación entre especialidades.....	76
Subcontratos.....	76
Sindicatos.....	76
Forma de Pensar.....	77
<b>Conclusiones por Grado de Industrialización.....</b>	<b>78</b>
Identificación de los problemas.....	78
Mecanización incipiente.....	78
Uso limitado de elementos prefabricados.....	79
Bajo nivel de estandarización.....	79
Desconocimiento de modulación.....	79
Causas.....	79
La inestabilidad económica del mercado y la magnitud de los proyectos.....	79
Mano de obra barata.....	80
Idiosincrasia de los involucrados en los proyectos de construcción.....	81
Variabilidad en el tipo de proyecto.....	81
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>82</b>
Dirección para futuras investigaciones.....	84
Crítica al trabajo.....	84
Direcciones para futuras investigaciones.....	85
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>

---

 ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estructura, número de pisos, cantidad y área de los departamentos.....	43
<b>Tabla 2</b> Distribución de Tiempos en las Actividades en Obra.....	45
<b>Tabla 3</b> Porcentaje de tiempos promedio por Actividad.....	46
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de tiempos promedio por Actividad.....	51
<b>Tabla 5</b> Comparación de los resultados.....	53
<b>Tabla 6</b> Etapa de la obra según el porcentaje de avance del casco.....	55
<b>Tabla 7</b> Relación entre el Nivel de Productividad y el Porcentaje de Avance.....	56
<b>Tabla 8</b> Etapa del Casco y el Nivel de Productividad.....	57
<b>Tabla 9</b> Comparación entre todas las obras y solo las de pisos típicos.....	58
<b>Tabla 10</b> Clasificación según el grado de Gestión.....	61
<b>Tabla 11</b> Puntaje asignado para la clasificación según el sistema de Gestión.....	62
<b>Tabla 12</b> Rangos Establecidos para la clasificación según el sistema de Gestión.....	63
<b>Tabla 13</b> Sistema de Gestión en cada proyecto.....	63
<b>Tabla 14</b> Promedio del Trabajo productivo a partir del Sistema de Gestión.....	63
<b>Tabla 15</b> Clasificación según el grado de Industrialización.....	66
<b>Tabla 16</b> Puntaje asignado para la clasificación según el Grado de Industrialización.....	67
<b>Tabla 17</b> Rangos Establecidos para la clasificación según el Grado de Industrialización.....	67
<b>Tabla 18</b> Grado de industrialización en cada proyecto.....	68
<b>Tabla 19</b> Promedio del Trabajo productivo a partir del tipo de Industrialización.....	68
<b>Tabla 20</b> Principales problemas que generan atrasos.....	72

---

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama del Estudio del Trabajo .....	8
Concepto de la producción como una transformación .....	11
Concepto de la producción como Flujo.....	11
Concepto de la producción como un proceso para generar valor.....	12
Last Planner.....	14
Vida del Proyecto .....	16
Relaciones entre los procesos .....	17
Clasificación actual del tipo de trabajo.....	46
Diagrama de las actividades No Productivas.....	47
Distribución del tipo de trabajo en la investigación realizada el 2000 .....	50
Clasificación actual del tipo de trabajo a partir de la investigación del 2000 .....	52
Comparación entre las mediciones .....	53
Variación de las actividades en cinco años .....	54
Relación entre el Nivel de Productividad y el avance de la obra.....	57
Variación entre las todas las mediciones y las que se encontraban en pisos típicos .....	58
Relación entre el Nivel de Productividad y el Sistema de Gestión.....	64
Relación entre el Nivel de Productividad y el Grado de Industrialización.....	69
Problemas en obra más frecuentes que generan atrasos .....	72

# PRESENTACIÓN

## Introducción

Actualmente debido al apoyo brindado por el estado, a través de facilidades de financiamientos, como el programa MI VIVIENDA; el mercado de la construcción, en este sector, se ha incrementado. Estos programas nacieron por el déficit de vivienda que existe en el País, el cual aumenta en 100 000 cada año, mientras que en este año se han construido 28 000 viviendas.

Este mercado de la construcción de viviendas, trae consigo una mayor competencia, donde generalmente la oferta más barata suele ser la seleccionada. Frente a dicho panorama las empresas constructoras tienden a reducir sus costos, lo cual implica en algunos casos sacrificar aspectos como la calidad, seguridad, costo de la mano obra, etc., para poder mantener sus utilidades.

El trabajo que a continuación se presenta consiste en obtener la relación entre la productividad de la construcciones de edificación para vivienda en Lima Metropolitana y sus respectivos sistemas de gestión y nivel de industrialización.

El indicador usado en la presente investigación, no considera la productividad, como es definida: *“El cociente de la producción realizada sobre los recursos utilizados”*, debido a que no incluye de manera directa, en su cálculo la producción del grupo humano involucrado, ni la cantidad de la mano de obra usada para este fin. Definimos a la productividad, como el resultado obtenido, de las mediciones de tiempo de trabajo de la mano de obra dedicada a la elaboración de actividades que generan valor.

A través de un Estudio del Trabajo, se pretende distinguir el porcentaje de tiempo que la mano de obra dedica a realizar actividades que agregan valor.

Como se indica en un documento publicado por Sergio Maturana<sup>i</sup>, Luis Alarcón<sup>i</sup> y Mladen Vrsalovic<sup>ii</sup>.

---

<sup>i</sup> Profesor del departamento del ingeniería industrial y de sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

*“Existen distintos métodos para la medición de la productividad, muchos de los cuales están basados en datos cuantitativos. Cuando sea posible, los estándares debieran basarse en hechos y datos antes que en la intuición y la subjetividad. Sin embargo, cuando hay falta de tradición en la medición de operaciones, la información cualitativa para la medición de la productividad de forma subjetiva es una solución posible”*

Consideramos útil este indicador de tiempo básicamente por los siguientes motivos:

- ✓ Permite identificar puntos débiles a reforzar a fin de no cometer los mismos errores en el futuro.
- ✓ Es una herramienta que puede permitir reconocer, si se está usando eficientemente la mano de obra.
- ✓ Permite hacer un diagnóstico de la situación actual de la construcción en Lima, el que a su vez nos puede permitir compararnos con otras realidades.
- ✓ Contribuye a establecer una comparación entre los resultados obtenidos hace 5 años. Esto último es de vital importancia debido a que tal y como se menciona en el Rethinking Construction Report<sup>iii</sup>, la medición efectiva del desempeño cumple un rol fundamental
- ✓ Sirve como un punto de comparación para futuras investigaciones.

---

<sup>i</sup> Director del Programa de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile

<sup>ii</sup> Profesor del departamento del ingeniería industrial y de sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

<sup>iii</sup> “Accelerating Change” A report by the Strategic Forum for Construction Chaired by Sir John Egan

## Objetivos

A través del presente trabajo plantearemos un diagnóstico y una evaluación de la situación actual de la gestión y la industrialización en la construcción de edificaciones para vivienda en Lima Metropolitana, identificando los principales problemas y sus causas para luego formular propuestas de mejora.

Los objetivos propuestos en la siguiente investigación son:

- ✓ Evaluar la evolución y el actual nivel de productividad en edificaciones para viviendas en Lima Metropolitana.
- ✓ Evaluar la relación existente entre el nivel de productividad con el tipo de gestión en las obras de construcciones para viviendas en Lima Metropolitana.
- ✓ Evaluar la relación existente entre el nivel de productividad y la industrialización en obras de construcción para viviendas en Lima Metropolitana.
- ✓ Identificar los principales problemas en la gestión de obra en las edificaciones para vivienda en Lima Metropolitana.
- ✓ Determinar los principales problemas que limitan el aumento de la industrialización en obras para viviendas en Lima Metropolitana.
- ✓ Formular propuestas para la optimización de la gestión de obras para viviendas en Lima Metropolitana.
- ✓ Plantear propuestas para el aumento del nivel de industrialización de las obras para vivienda en Lima Metropolitana.

## Alcances

La productividad esta definida como “es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción”<sup>i</sup>.

En esta investigación la producción analizada son los departamentos para vivienda y los recursos utilizados para dicha producción son: la mano de obra, materiales, herramientas y/o equipos.

Para el presente estudio se evaluó el Nivel de Productividad en cada una de las obras visitadas, considerando de los recursos antes mencionados solo la mano de obra. Se analizó la productividad de la mano de obra debido a que es un factor crítico ya que es

---

<sup>i</sup> Ing Virgilio Ghio, Productividad en Obras de Construcción. Primera Edición 2001, Pág. 22

el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros.<sup>i</sup>

Para realizar estas mediciones del Nivel de Productividad se utilizó un indicador basado en un “Estudio del Trabajo”; con el cual se determinó los niveles de ocupación del personal obrero, clasificándolo en tiempos productivos, contributorios y no contributorios.

Los parámetros con los que se definió la población, objeto de estudio, son los siguientes:

### Tipo de empresa

Para el estudio se consideraron las empresas formalmente constituidas, esta afirmación implica que el estudio solo considera el sector “formal” de la construcción, este sector representa aproximadamente el 10% de la construcción<sup>ii</sup>, donde el otro 90% es realizado sin la participación de personal profesional lo cual sugiere que no se usa ninguna de las herramientas de gestión propuestas en el presente trabajo. Estas obras son realizadas en varias etapas que suceden en función de la capacidad de adquisición de materiales de los propietarios. Debido al ritmo lento de trabajo es adecuado suponer que el nivel de industrialización es mucho menor.

### Tipo de proyecto

Se consideraron proyectos de edificación para viviendas multifamiliares.

### Etapas del proyecto

Se consideraron proyectos que se encontraban en la etapa de construcción del “casco estructural”<sup>iii</sup>.

### Ubicación del proyecto

En la investigación analizamos proyectos ejecutados en Lima Metropolitana.

<sup>i</sup> Serpell Bley, Alfredo ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN, Primera edición 1993, Pág. 34

<sup>ii</sup> “El Empleo informal en América Latina y el Caribe: Causas, Consecuencias y Recomendaciones de política” Samuel Freije

<sup>iii</sup> Casco estructural, lo definimos como la construcción de la obra excluyendo la etapa de cimentación y acabados

## Hipótesis

Se plantearon dos hipótesis iniciales:

- ✓ Basados en la investigación realizada en el año 2000 sobre la relación entre el nivel de productividad y el tipo de administración de una obra esperamos encontrar la existencia de una relación directa entre el nivel de productividad de una obra y su tipo de gestión. Tendiendo en cuenta que la gestión
- ✓ Basados en el efecto positivo que ha tenido la industrialización sobre la productividad en la industria manufacturera esperamos encontrar una relación directa entre el nivel productividad de una obra y su grado de industrialización.



# ESTADO DEL ARTE

## 1. Introducción

En este capítulo se describe el marco teórico sobre el cual se ha desarrollado la presente investigación. Iniciando con la teoría de Estudio del Trabajo, siendo este el punto de partida para la realización de las mediciones.

Se reseñan dos importantes teorías de gestión de proyectos, Lean Construction y Project Management, que han servido como de base para la práctica de la gestión en la industria de la construcción. Adicionalmente se describen las principales herramientas del Lean Construction que sirvieron para la clasificación según el tipo de gestión en las obras.

También se definen los conceptos principales con los cuales se ha realizado el análisis para la clasificación del grado de industrialización de las obras.

## 2. Estudio del Trabajo

### 2.1. Estudio del trabajo

“El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar”<sup>i</sup> la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

Por tanto, el estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar su método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad. En otras palabras, se busca rechazar el desperdicio en todas sus formas – de materiales, tiempo, esfuerzo o dotes humanas – y no aceptar sin discusión que las cosas se hagan de cierto modo “porque siempre se hicieron así”.

El estudio del trabajo comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo.

---

<sup>i</sup> Estas definiciones son adoptadas en BSI: *Glosary of Terms used in management services*, BSI 3138 (Londres, 1991)

## 2.2. Estudio de métodos

También conocido como Estudio de Movimientos, “es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras”<sup>i</sup>, tales como:

- Encontrar el mejor método de trabajo.
- Fomentar en todos los empleados la toma de conciencia sobre los movimientos.
- Desarrollar herramientas, dispositivos y auxiliares de producción económicos y eficientes.
- Ayudar en la selección de nuevas máquinas y equipo.
- Capacitar a los empleados nuevos en el método preferido.
- Reducir esfuerzos y costos.

## 2.3. Medición del trabajo

Conocido como Estudio de Tiempos, “es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida”.

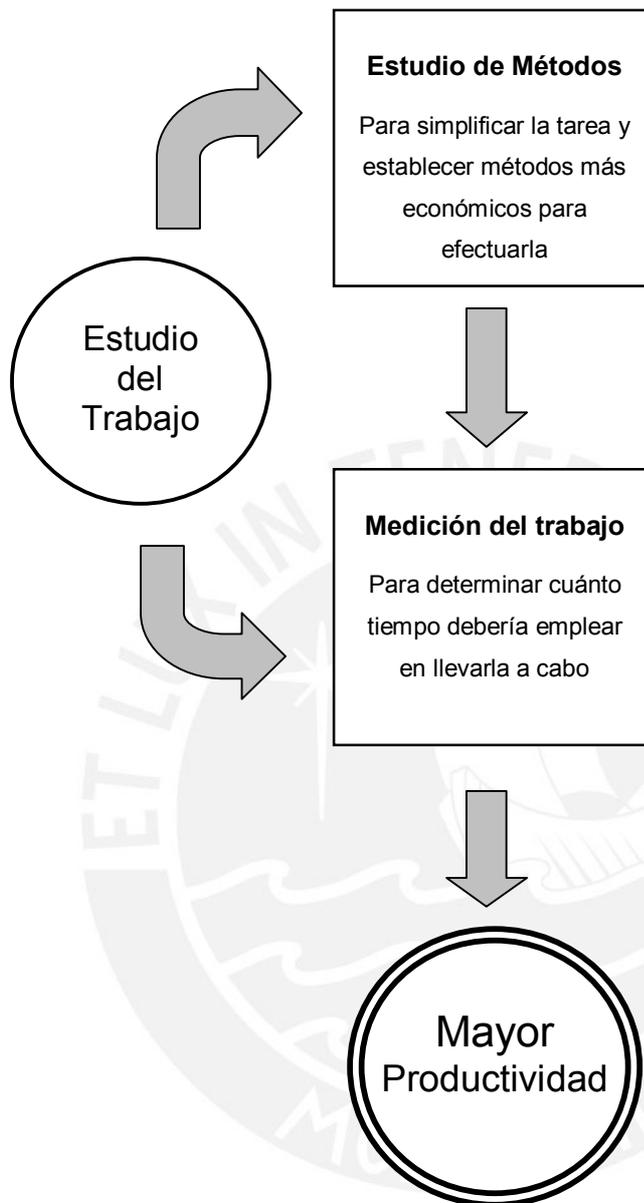
Este estudio se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo. En un principio, se plantea que el trabajo en sí consta de dos partes. La primera parte es el contenido básico de trabajo, la cual fija el tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción. La segunda parte es el contenido de trabajo suplementario, es decir, el tiempo adicional al teórico que sucede debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de materiales, o debido a la influencia de los recursos humanos.

Es la segunda parte la que debe ser estudiada y minimizada para disminuir el tiempo de producción y aumentar la productividad.

---

<sup>i</sup> Estas definiciones son adoptadas en BSI: *Glosary of Terms used in management services*, BSI 3138 (Londres, 1991)

**Diagrama del Estudio del Trabajo**



### 3. Lean Production

“Lean Production” es una filosofía de la industria manufacturera, puede entenderse como una nueva forma de diseñar optimizando los sistemas de producción para alcanzar los requerimientos de los clientes.

Fue desarrollada en la compañía japonesa Toyota, por el ingeniero Taichi Ohno<sup>i</sup> a finales de la década de los cincuenta, influenciado por los criterios de W. Edwards Deming<sup>ii</sup> de Total Quality Management<sup>iii</sup> (TQM Control de Calidad Total). Ohno planteó objetivos concretos para el diseño de su sistema de producción, producir un carro para los requerimientos específicos de un cliente y entregarlo instantáneamente sin el uso de inventarios.

Orientados a alcanzar estos objetivos la filosofía de Lean Production plantea varias medidas como la reducción de pérdidas, las cuales están definidas como cualquier actividad que no contribuya a generación de un valor en el producto.

*“El Lean Production está orientado al diseño de un sistema de producción que pueda entregar un producto hecho a la medida, de forma instantánea luego de un pedido, sin mantener inventarios intermedios.” (Gregory Howell<sup>iv</sup> – 1999)*

---

<sup>i</sup> Taichi Ohno, pionero de la implantación Justo a Tiempo (JAT) en Toyota Motors, Nació en Manchuria en 1912. Se graduó en 1932 en el departamento de tecnología mecánica del Instituto Técnico de Nagoya y entró a trabajar en la planta de hilados y tejidos Toyota. En 1962 lo nombran director general de la planta principal y el JAT se extiende a los procesos de fundación y forjado.

<sup>ii</sup> W. Edwards Deming (1900 – 1993) estadístico y asesor en gestión de la calidad, de origen norteamericano, es conocido principalmente porque ayudó a revitalizar la industria japonesa en los años posteriores a la II Guerra. En la década de 1980 fue un consultor muy solicitado por la industria norteamericana.

<sup>iii</sup> Calidad Total (Total Quality Management - TQM), Gestión estratégica para introducir a una conciencia de calidad en todos los procesos organizacionales. Es asegurar la calidad a través de métodos estadísticos. TQM apunta a hacer las cosas bien desde el comienzo, en vez de arreglar los problemas después de su aparición. TQM tiene el objetivo de mejorar la producción y reducir las pérdidas.

<sup>iv</sup> Gregory Howell (USA), Co-fundador y Director Gerente del Lean Construction Institute, USA. Socio del Lean Project Consulting, Ketchum Idaho, USA.

### 3.1. Lean Construction

“Lean Construction” o “Construcción Sin Pérdidas” es una forma de gestión de la producción, que tiene por objetivo el aumento de la productividad teniendo un enfoque en satisfacer las necesidades de los clientes. Ha sido desarrollada como resultado de la aplicación de ideas del Lean Production a la construcción.

Según el Lean Construction Institute<sup>i</sup> (LCI); Lean Construction se extiende sobre los objetivos del Lean Production, que son maximizar el valor y minimizar las pérdidas, definiendo técnicas específicas que son aplicadas en un nuevo proceso de entrega de proyectos. Dentro de estas técnicas podemos mencionar:

- El producto y el proceso de producción son diseñados de manera conjunta para definir y alcanzar de una mejor manera los objetivos del cliente.
- El trabajo es estructurado a través del proceso de diseño del proyecto para maximizar el valor y reducir las pérdidas.
- Los esfuerzos para manejar y mejorar los rendimientos específicos son dirigidos a la mejora del rendimiento total del proyecto, debido a que este último logra ser más importante que la reducción del costo o el aumento de la velocidad en alguna actividad específica.
- El concepto de control es redefinido de “monitoreo de resultados” a “hacer que las cosas pasen”. El rendimiento de los sistemas de planeamiento y control son medidos y mejorados.

Desde el comienzo del trabajo en la teoría y métodos del Lean Construction, dos han sido las principales contribuciones que han gobernado su desarrollo. La primera propuesta de Lauri Koskela<sup>ii</sup> del entendimiento de la construcción como una producción basada en el concepto de Transformación – Flujo – Valor (TFV) y la otra es el método de control de la producción del último planificador (Last Planner) de Glenn Ballard<sup>iii</sup> y Gregory Howell<sup>iv</sup>.

---

<sup>i</sup> El Lean Construction Institute es una corporación sin fines de lucro, fue fundado en Agosto de 1997 están dedicados a realizar investigaciones para desarrollar conocimiento acerca de proyectos basados en la gestión de la producción y en el diseño, ingeniería y construcción.

<sup>ii</sup> Lauri Koskela profesor Finlandés, quien estableció los principios de producción en construcción, tomando como referencia la teoría Lean Production, basada en el modelo de producción japonés.

<sup>iii</sup> Glenn Ballard (USA), Profesor de la Universidad de California, Berkeley, Director de Investigaciones del Lean Construction Institute, y Director en Strategic Project Solutions, Inc. Creador del sistema Last Planner para el control de producción.

<sup>iv</sup> Gregory Howell (USA), Co-fundador y Director Gerente del Lean Construction Institute, USA. Socio del Lean Project Consulting, Ketchum Idaho, USA.

### 3.2. La filosofía de producción Transformación-Flujo-Valor

Tres conceptos de producción: transformación, flujo y valor, han sido considerados y utilizados en la práctica de la gestión en la construcción del siglo XX.

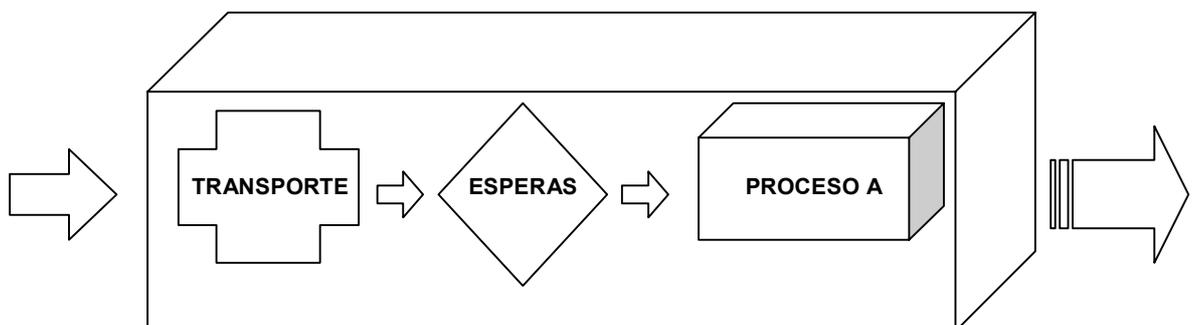
El primer concepto considera la producción como una transformación, que se puede esquematizar de forma simple mediante la entrada de insumos (input) a una estación y la salida de productos (output) tras la finalización del proceso. La gestión de la producción, descompone la transformación total en transformaciones elementales que son realizadas de la forma más eficiente posible. Este modelo ha sido el más usado para analizar la producción en la construcción.

#### Concepto de la producción como una transformación



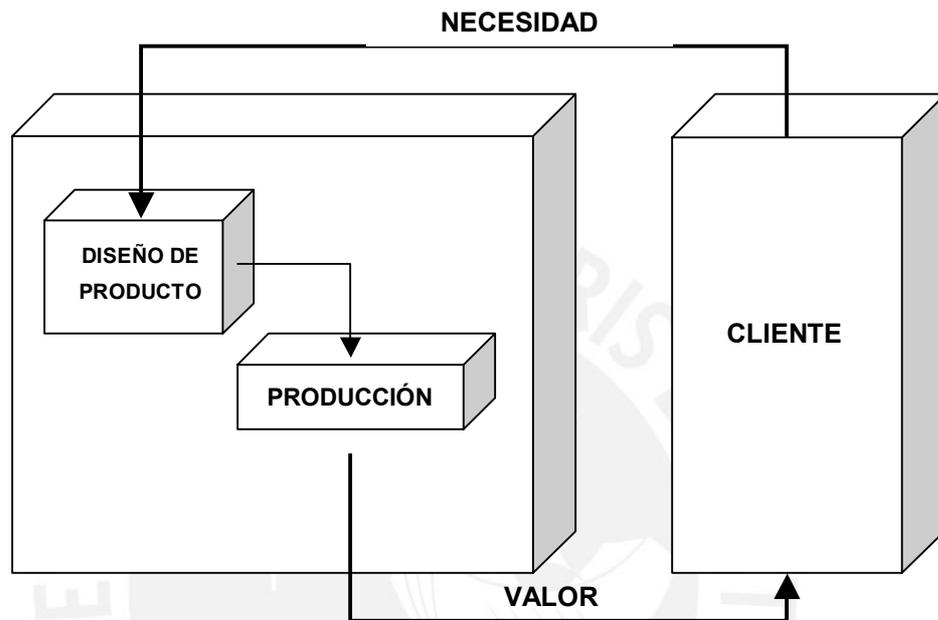
El segundo concepto es el modelo de flujos en el cual la producción es concebida como un flujo de procesos materiales e información, donde adicionalmente a la transformación también se considera la existencia de esperas, inspecciones, transportes y trabajo rehecho.

#### Concepto de la producción como Flujo



El tercer concepto considera la producción como un proceso para lograr las necesidades del cliente. Estas necesidades se trasladan a un diseño y son alcanzadas a través de la elaboración del producto.

### Concepto de la producción como un proceso para generar valor



La nueva filosofía de producción Transformación-Flujo-Valor, desarrollada por Ph.D. Lauri Koskela en 1992, integra los tres conceptos de producción antes descritos dentro de las siguientes características:

- Reducción de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor de la producción, a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción de tiempos en los ciclos
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de la flexibilidad del producto terminado.
- Incremento de la transparencia de los procesos.
- Enfoque en el control de procesos complejos.
- Introducción de nuevos procesos para la mejora continua.
- Balance entre la optimización de los flujos y la optimización de las conversiones.
- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (benchmarking).

### 3.3. Last Planner

Tradicionalmente al inicio de un proyecto se realiza una planificación general y una detallada, la cual se usa para asignar el trabajo a realizarse durante su desarrollo, luego los resultados son comparados con los cronogramas y presupuestos, con el objetivo de identificar variaciones y para aplicar las medidas correctivas necesarias. Pero debido al alto grado de variabilidad en los procesos, el trabajo en campo generalmente no es realizado de acuerdo a la planificación establecida; generando retrasos y costos adicionales los cuales son identificados después de un control que se realiza posterior a la ejecución de los trabajos.

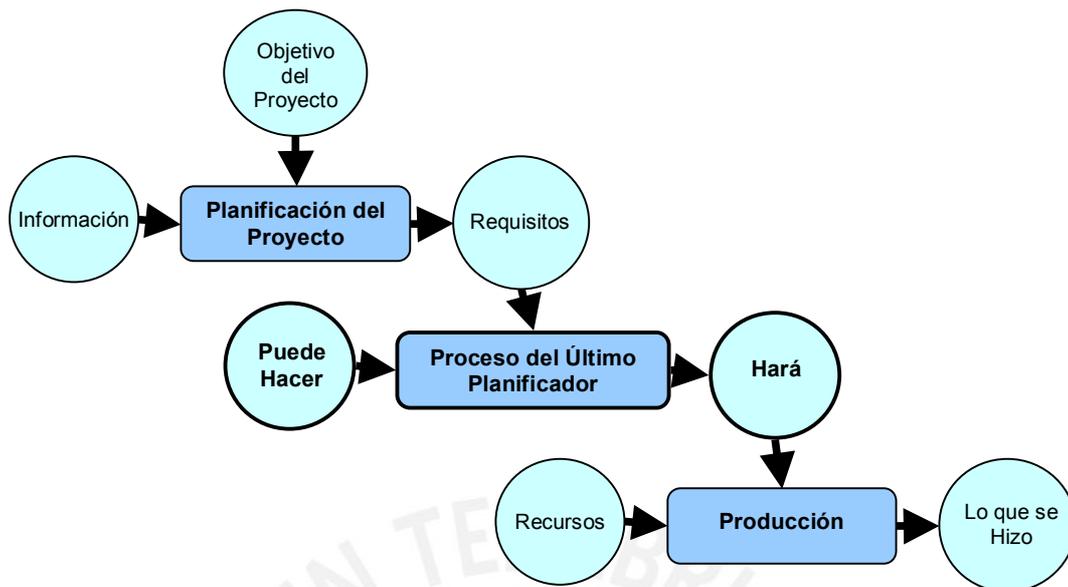
El sistema de control de la producción del último planificador ha sido desarrollado por Ph.D. Glenn Ballard y P.E. M.S.C.E. Greg Howell durante la segunda mitad de la década de los noventas. El objetivo principal de este sistema es el mejorar la confiabilidad en la planificación, por medio de un adecuado control del flujo de la producción. Donde el concepto de control es considerado como “la ejecución de acciones necesarias para que la planificación se cumpla”, a diferencia del concepto tradicional, en donde se entendía al control como el “monitoreo de los resultados”.

El último planificador hace referencia a la persona que se encarga de la definición final y asignación del trabajo, esta planificación tiene la particularidad de ser utilizada para la asignación de tareas y no para la generación de alguna planificación posterior. Para definir esta asignación del trabajo, tal como en el método tradicional, se toma en cuenta la planificación existente, considerando además la capacidad de producción real de la cual disponemos. Pero para poder definir adecuadamente esta capacidad de producción real, se debe considerar la variabilidad de los procesos, lo cual genera incertidumbre sobre el conocimiento de la situación en la que se encontrará el proyecto luego de un largo periodo de tiempo.

Por ello la tarea del último planificador se realiza como una planificación a corto plazo, por lo general una semana, en la cual la incertidumbre es menor.

Esta teoría se puede ver de una mejor manera en la siguiente ilustración:

### Last Planner



### 3.4. Look Ahead Planning

Look Ahead Planning (LAP) es una herramienta de planificación de jerarquía media, basada en la planificación maestra, en ella se genera información para la realización de una planificación a corto plazo, que ayuda al control de la asignación de trabajo.

Como producto de la aplicación del LAP se obtiene el Look Ahead Schedule que es un cronograma comúnmente utilizado en la industria de la construcción el cual típicamente resalta lo que se debe realizar durante el periodo analizado.

Según Ph.D. Glenn Ballard el proceso del Look Ahead aplicado dentro del marco del sistema del último planificador permite que este cumpla las siguientes funciones:

- Moldear la secuencia del flujo de trabajo.
- Emparejar el flujo de trabajo con la capacidad.
- Descomponer la planificación maestra en paquetes de actividades de trabajo y operaciones.
- Mantener un inventario de trabajo listo para realizarse.
- Actualizar y revisar los cronogramas de mayor jerarquía según sea necesario.

Las funciones anteriormente descritas son alcanzadas a través de la realización de los siguientes procesos:

- **Definición de actividades:** Las actividades definidas en la planificación maestra se descomponen identificando las asignaciones, las cuales son actividades de un tamaño apropiado para ser incluidas en un plan de trabajo semanal.

- **Análisis de restricciones:** Para cada una de las asignaciones identificadas se realiza el análisis de restricciones en el cual se listan los recursos y restricciones en general necesarios para que la asignación este lista para realizarse.
- **Asignación del trabajo según el criterio de “jalar” (pull):** se realiza en función a la condición de la planificación, cuando se requiere, emparejando el trabajo que se debe de realizar con el trabajo que se puede realizar.

### 3.5. Porcentaje de Planificación Completa (PPC)

El control dentro de la teoría del Lean Construction se ha redefinido como la acción de “asegurarse que las cosas sucedan”, lo que implica ejecutar las acciones descritas anteriormente en las herramientas Last Planner y Look Ahead Planning. Este control se ejerce con anterioridad a la ejecución con el objetivo de aumentar la confiabilidad de las asignaciones.

De forma adicional al control planteado anteriormente Ph.D. Glenn Ballard, se propone dentro del sistema Last Planner una herramienta de “control tradicional” denominada Porcentaje de Planificación Completa (PPC). El PPC es una herramienta que ayuda al control de la producción; el cual evalúa la planificación, a diferencia de las herramientas anteriores, esta se realiza en un momento posterior a la ejecución.

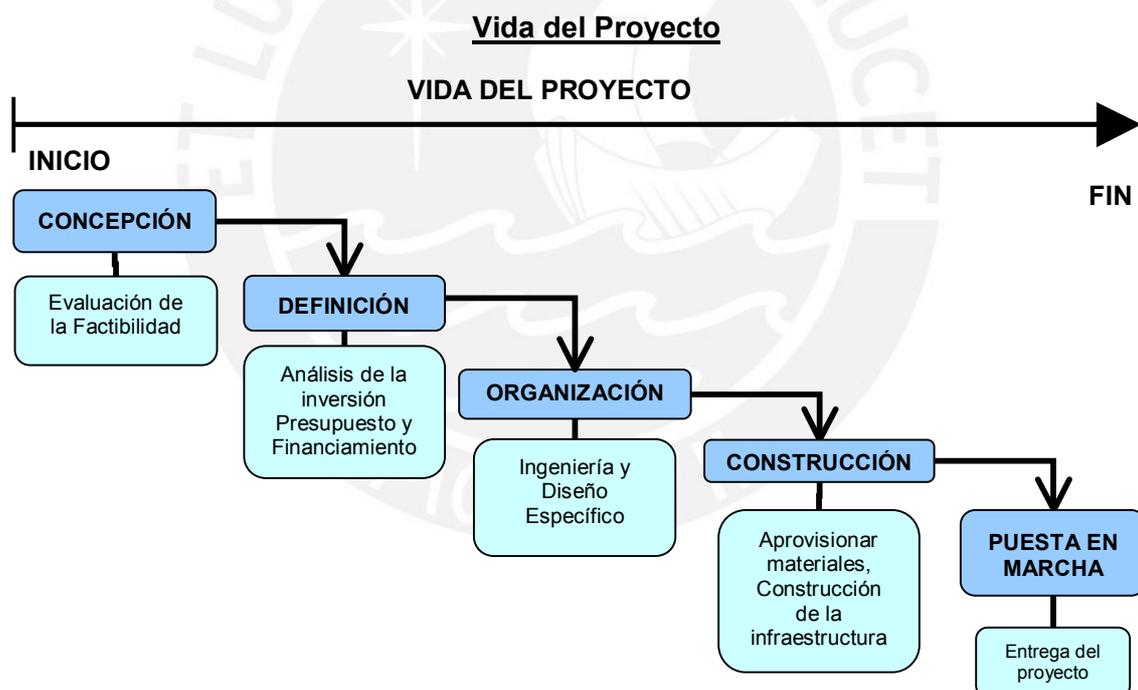
Esta herramienta es calculada dividiendo el número de actividades completadas entre el número total de actividades planeadas, expresado como porcentaje. Luego de la ejecución de las actividades en campo, se genera un registro en el cual se indica que actividades planificadas no han sido cumplidas, definiendo también los motivos por los cuales ha sucedido el incumplimiento.

El PPC es una herramienta de útil ayuda a la identificación de restricciones, que facilita el mejoramiento continuo de la confiabilidad de la planificación y como consecuencia el desempeño del proyecto.

## 4. Project Management

Dentro de la teoría desarrollada por el Project Management Institute (PMI)<sup>i</sup>, acerca de la Gestión de Proyectos se define un proyecto como; un esfuerzo complejo que conlleva tareas interrelacionadas, ejecutadas por varias organizaciones con objetivos, planeamiento y presupuesto bien definidos. “Es una tarea temporal desarrollada para crear un producto o servicio único”<sup>ii</sup>; temporal porque cada proyecto tiene un comienzo y un final definitivo; único porque el producto o servicio es diferente de alguna manera a todos los proyectos o servicios similares, y al ser los proyectos tareas únicas, involucrarán cierto nivel de incertidumbre.

Las organizaciones ejecutoras de proyectos generalmente dividen cada proyecto en fases para poder gestionar mejor los enlaces apropiados con las operaciones de la organización ejecutora. De manera colectiva, estas fases se conocen como el ciclo de vida del proyecto, que se indican en el siguiente cuadro:



Se define la gestión de proyectos como la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas, y técnicas a actividades de proyectos, de manera que cumplan las necesidades y expectativas de los interesados de un proyecto. Cumplir las

<sup>i</sup> Project Management Intitute (PMI); es una institución fundada en 1969 en EEUU por y para profesionales de Dirección de Proyectos. Desde su fundación, ha crecido convirtiéndose en la principal organización profesional sin fines de lucro en esta actividad.

<sup>ii</sup> “Una guía a los fundamentos de la dirección de Proyectos” (PMBOK® Guide) EDICIÓN 2000

necesidades o expectativas de los interesados involucran balancear demandas que compiten entre sí, tales como:

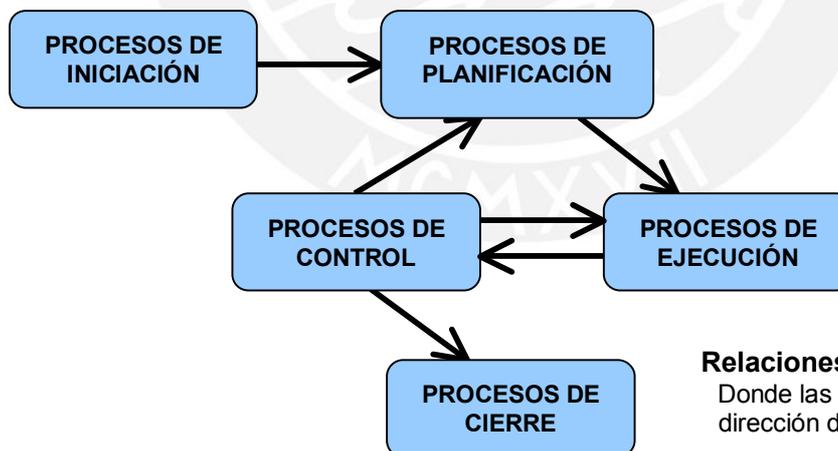
- Alcance, tiempo, costo y calidad.
- Las diferentes necesidades y expectativas de los interesados.
- Requerimientos identificados (necesidades) y requerimientos no identificados (expectativas).

Como los proyectos están compuestos por procesos y un proceso es “una serie de acciones que tiene como consecuencia un resultado”.

Se pueden organizar los procesos en cinco grupos, de uno o más procesos cada uno:

- **Procesos Iniciación** reconoce que un proyecto o fase deben comenzar.
- **Procesos De Planificación** desarrolla y mantiene un esquema trabajable para que cubra las necesidades para el cual el proyecto fue desarrollado.
- **Procesos De Ejecución** coordinar a las personas y otros recursos para desarrollar a partir del plan.
- **Procesos De Control** asegurar que los objetivos sean cumplidos a través del monitoreo, medición de avance y tomar acciones correctiva cuando sea necesario.
- **Procesos De Cierre** formalizan la aceptación del proyecto o fase

#### Relaciones entre los procesos



#### **Relaciones entre los procesos**

Donde las flechas representan la dirección del flujo de información

Dentro de cada grupo de proceso, estos procesos individuales están encadenados por sus salidas y entradas. Donde podemos describir cada proceso en término de:

- **Input o entradas** documentos o ítems sobre los que se actuará.
- **Herramientas y técnicas** mecanismos aplicados a las entradas para crear las salidas.
- **Output o salidas** documentos o ítems que son el resultado de un proceso.

## 5. Industrialización en la Construcción

En esta sección se presenta parte de una investigación enfocada a la innovación tecnológica desarrollada por Ph.D. Virgilio Ghio en 1997, en el libro “Guía para la innovación tecnológica en la construcción” Ghio describe la situación de la industria de la construcción en Chile y las necesidades de modernizarla, así mismo propone una metodología para su optimización.

Adicionalmente para la presente investigación definimos el concepto de industrialización y planteamos algunos conceptos relacionados a este tema, tales como: la mecanización, la prefabricación, la estandarización y el diseño modular, conceptos originales y practicados en la industria de la manufactura pero definidos tomando en cuenta su aplicación en la industria de la construcción.

Como punto de partida la tecnología ha sido definida en el libro “Administración” de Koonz y Weihrich como “la suma total de los conocimientos de los que disponemos sobre la manera de hacer las cosas”, definición que hace referencia a los inventos, técnicas y la gran acumulación de conocimientos organizados. La tecnología dentro del marco de la industria de la construcción ha sido definida como “la combinación de los métodos y los procedimientos constructivos, los materiales y equipos, el personal y las diferentes interrelaciones que definen la manera en que se realiza una determinada operación en la construcción” (Tatum, 1987).

En Chile en 1994 se realizó una investigación entre los profesionales y empresarios expertos en construcción con el objetivo de diagnosticar las necesidades tecnológicas, producto de esta investigación, se obtuvieron, a partir de las opiniones de los entrevistados, las oportunidades de mejoramiento tecnológico para obras de edificación y obstáculos para la adopción de tecnología en la construcción.<sup>i</sup>

Oportunidades de mejoramiento tecnológico:

- Oportunidad y Calidad de diseños.
- Estandarización de los proyectos.
- Prefabricación, modulación y prearmado.
- Comunicación entre ingeniería y construcción.

---

<sup>i</sup> De Solminihac, H (1994) “**Acercándose hacia una Estrategia para Nuestro Sector: Identificación de las Necesidades Tecnológicas del Sector Construcción**”, Boletín Informativo Tecnológica de la Cámara chilena de la construcción y de la Corporación de Investigación de la Construcción, Vol 1, N°1

- Falta de mano de obra especializada.
- Falta de coordinación entre actividades.
- Falta de supervisión capacitada.
- Adquisición de materiales apropiados.
- Pérdida de tiempo de los trabajadores.
- Estimación de costos.
- Trabajo rehecho no planificado.
- Tiempo perdido esperando inspección.
- Manejo y distribución de materiales.
- Falta de herramientas especializadas.
- Falta de equipos especializados.

Barreras a la innovación:

- Costos como criterio principal en la adjudicación de propuestas.
- Falta de integración entre diseño y construcción.
- Falta de estandarización.
- Falta de incentivos a la innovación.
- Falta de mano de obra especializada.
- Mandantes conservadores.
- Desconocimiento de las tecnologías existentes en el país.

En la actual investigación enfocaremos algunos de estos parámetros, los que definimos como Industrialización, como mostraremos a continuación.

### **5.1. Definición de industrialización**

Durante la investigación hemos encontrado diversas formas de definir la industrialización, enfocadas a la industria de la construcción, de las cuales dos de ellas han sido consideradas para elaborar el concepto de industrialización que se utilizará en el presente trabajo.

“La industrialización se puede ver como un medio estructural para eliminar o por lo menos reducir drásticamente las actividades en obra” (Koskela, 2003).

“El proceso de industrialización consiste en reemplazar el trabajo de la mano de obra artesanal por máquinas que realicen el mismo trabajo y en menor tiempo. El proceso de industrialización solo cambia el método constructivo, ya que al final el producto obtenido es el mismo. Para que exista industrialización se deben dar tres factores fundamentales

innovación tecnológica, capitales de inversión y un mercado que logre amortizar la inversión inicial” (Ghio, 1997).

Hemos definido la industrialización como: *“El proceso que tiene por objetivo aumentar la productividad y calidad, reduciendo las actividades en obra a partir del uso de maquinarias, elementos prefabricados y/o mejorando el diseño del producto aplicando conceptos de modulación y estandarización.”*

## 5.2. Definiciones

### 5.2.1. Pre - fabricación

Se define la prefabricación como la fabricación a partir de propiedades deseadas como su dimensión, densidad, etc; por medio de mezclas, cortes, etc, de todo o partes de un objeto en algún lugar diferente al de su posición final. (Ballard y Arbulu, 2004). El acero dimensionado y las mallas electrosoldadas son ejemplos de elementos prefabricados, acero que en un lugar distinto a la obra se habilita y se entregó en la obra listo para colocar. Para esta investigación usamos también este término cuando nos referimos a los encofrados metálicos.

### 5.2.2. Mecanización

Proceso en el cual se reemplaza el uso de la mano de obra por maquinaria con el objetivo de lograr una mayor capacidad de producción.

### 5.2.3. Estandarización

Es la elaboración de productos y procesos con características similares, la cual se aplica en las etapas de diseño y planificación. En el caso de la construcción de viviendas se ha aplicado principalmente para las construcciones económicas. La estandarización permite lograr un mayor desarrollo de la curva de aprendizaje de los obreros lo que da como resultado la reducción del costo en la mano de obra.

### 5.2.4. Diseño modular

El diseño modular permite reducir la cantidad recursos usados para la fabricación de un producto, esta se alcanza a través de un diseño donde se consideran las características de los recursos que se utilizarán para la producción. En el caso de la construcción al tener una edificación modular se puede minimizar tareas como; las mediciones, corte de piezas, pérdidas de tiempo para encajar las piezas, dando como resultado un ahorro en los costos de materiales y mano de obra.

# METODOLOGÍA DEL TRABAJO

En este capítulo mostraremos los parámetros establecidos para la presente investigación, y las herramientas que utilizamos para su realización.

## 1. Criterios para la obtención de datos

Para clasificar las actividades realizadas por los obreros, consideramos que una actividad es productiva cuando a través de su ejecución se genera valor para el cliente final.

Al realizar el presente trabajo uno de los objetivos que establecimos es el de analizar la evolución de la productividad en Lima, para lo cual contábamos con un resultado obtenido en el año 2000. El criterio con el que se hizo la medición anterior es similar conceptualmente, pero al clasificar las actividades específicas que se realizan en la obra discrepamos en la clasificación de algunas actividades.

Para el presente trabajo consideramos todas las HABILITACIONES DE MATERIALES como procesos que agregan valor al producto y por lo tanto son actividades productivas.

Concientes de esta variación, la medición se realizó identificando y registrando adecuadamente las actividades que variaban con el fin de poder obtener un resultado comparable con la medición anterior y un resultado acorde con nuestro mejor criterio.

Las siguientes son las actividades que en el trabajo realizado el año 2000 se consideraron como actividades contributorias dentro de la actividad “otros contributorios” y que para el presente trabajo han sido consideradas como productivas dentro de la actividad “habilitación de materiales “:

- Cortar madera para el encofrado.
- Partir ladrillos para colocarlos en los borde de los muros.
- Humedecer ladrillos.

## 1.1. Determinación del tipo de trabajo

Para las mediciones de Nivel General de actividades en Obra se dividió el trabajo en tres tipos, los cuales serán explicados a continuación:

### 1.1.1. Trabajo Productivo (TP):

Definimos **trabajo productivo al que aporta de forma directa a la producción**<sup>i</sup>.

Para las mediciones distinguimos dentro de las actividades productivas, en cada partida las siguientes:

- **Concreto:** vaciado, vibrado o chuseado, regleado y dar acabado a la superficie (caso de losas).
- **Acero:** Colocación y acomodo de barras de acero, atortolado de mallas y refuerzos, armado de elementos estructurales fuera de sitio (para transportar y colocar columnas o vigas ya armadas)
- **Encofrado:** Colocado de paneles de madera o metálicos, puntales, y demás elementos; reforzamiento del encofrado con grapas, alambre o clavos, desencofrado.
- **Albañilería:** Colocación mortero vertical y/o horizontal, colocación de ladrillos y mechas de acero.
- **Tarrajeo:** Pañeteado, paleteado, regleado de superficie, dar acabado a la superficie (con frotacho, esponja y otros).

Como mencionamos anteriormente contamos a las Habilitaciones de Materiales (HM) como productivas, que a continuación se especifican por partida.

- **Concreto:** Preparación del concreto en obra.
- **Acero:** Cortar y doblar las varillas para darles la forma adecuada de refuerzo, bastones o estribos
- **Encofrado:** Cortar madera para la preparación de paneles para el encofrado, preparación de paneles de encofrado de madera.
- **Albañilería:** Preparación de mezcla seca de cemento y arena, preparación de mortero, cortar y humedecer ladrillos.
- **Tarrajeo:** Preparación de mezcla seca de cemento y arena, preparación de mortero.

---

<sup>i</sup> "Productividad en obras de Construcción - Diagnostico Crítica y Propuesta" PhD. Virgilio Ghio Castillos 2001

### 1.1.2. Trabajo Contributorio (TC):

El trabajo contributorio lo definimos como **el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo<sup>i</sup>**. Actividad necesaria, pero que no aporta valor.

De modo explicativo, dentro de las actividades contributorias consideramos: el Transporte de material y/o herramientas (T), cualquier tipo de Medición (M), la Limpieza (L), dar o recibir Instrucciones (I), y dentro de las actividades clasificadas como Otros contributorios (O) tenemos, según la partida a la que pertenecen:

- **Concreto:** Abastecimiento de los componentes a otros recipientes, sostener los recipientes.
- **Acero:** Sostener una barra para que otro la atortole, marcar con tiza las barras y encofrados, armado de andamios.
- **Encofrado:** Sostener el encofrado (paneles, puntales, etc.) mientras otro lo asegura, armado de andamios.
- **Albañilería:** Remover mortero sobrante, el abastecimiento de mezcla a otro recipiente para el transporte, armado de andamios.
- **Tarrajeo:** Colocar y extraer los puntos de referencia, armado de andamios.

### 1.1.3. Trabajo No Contributorio (TNC):

**Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida<sup>i</sup>.**

Análogamente, como trabajo no contributorio se considera los viajes sin llevar nada en las manos (V), las esperas del personal (E), hacer trabajos sin valor o descansos (TO), rehacer un trabajo (TR), y otros no contributorios (OC) como ir a los servicios higiénicos, conversar, etc.

A fin de uniformizar los criterios de evaluación del trabajo, se realizaron mediciones simultáneas, de un mismo proyecto, entre todos los miembros de grupo de tesis y se comprobó que los resultados obtenidos fuesen similares.

Cada medición consta de cinco juegos de datos; y cada juego, de 400 evaluaciones de la actividad que realizaba los obreros. Este juego de datos se tomó en horarios y días distintos.

---

<sup>i</sup> "Productividad en obras de Construcción - Diagnostico Crítica y Propuesta" PhD. Virgilio Ghio Castillos 2001

## 1.2. Criterios de evaluación

Para la clasificación de las obras según su tipo de Gestión y su grado de Industrialización utilizamos encuestas, que serán presentadas en la siguiente sección, además esta información era corroborada por lo observado en obra durante las mediciones.

## 2. Muestra analizada

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que al analizar 26 obras, con una confiabilidad de 95%, el error resultó menor al 5%. Valor que consideramos adecuado para el estudio. La justificación a la anterior afirmación se encuentra en el siguiente capítulo de “Presentación y Análisis de Resultados” en Confiabilidad de los Resultados obtenidos.

## 3. Definición de las herramientas usadas

Se usaron las siguientes herramientas para el presente estudio:

### 3.1. Nivel General de actividad de Obra:

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal obrero encargado en construcción del casco estructural.

En este se identifica la actividad que realiza cada uno de los trabajadores de la obra, clasificando este tipo de Trabajo en Productivo (TP), Contributorio (TC) y No Contributorio (TNC), para tener un valor representativo, se identifican 400 actividades en cada medición.

El resultado de este análisis es el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedicó a dichas actividades. El Formato que se usó para estas mediciones se muestran a continuación.

**FORMATO PARA MEDICION GENERAL DE OBRA**

Obra: \_\_\_\_\_ Clima: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado de Medición: \_\_\_\_\_  
 Inicio: \_\_\_\_\_ Condiciones Iniciales: \_\_\_\_\_  
 Fin: \_\_\_\_\_

N°	CUADRILLA	TIPO	N°	CUADRILLA	TIPO	N°	CUADRILLA	TIPO	N°	CUADRILLA	TIPO
1			51			101			151		
2			52			102			152		
3			53			103			153		
4			54			104			154		
5			55			105			155		
6			56			106			156		
7			57			107			157		
8			58			108			158		
9			59			109			159		
10			60			110			160		
11			61			111			161		
12			62			112			162		
13			63			113			163		
14			64			114			164		
15			65			115			165		
16			66			116			166		
17			67			117			167		
18			68			118			168		
19			69			119			169		
20			70			120			170		
21			71			121			171		
22			72			122			172		
23			73			123			173		
24			74			124			174		
25			75			125			175		
26			76			126			176		
27			77			127			177		
28			78			128			178		
29			79			129			179		
30			80			130			180		
31			81			131			181		
32			82			132			182		
33			83			133			183		
34			84			134			184		
35			85			135			185		
36			86			136			186		
37			87			137			187		
38			88			138			188		
39			89			139			189		
40			90			140			190		
41			91			141			191		
42			92			142			192		
43			93			143			193		
44			94			144			194		
45			95			145			195		
46			96			146			196		
47			97			147			197		
48			98			148			198		
49			99			149			199		
50			100			150			200		

N°	CUADRILLA	TIPO									
201			251			301			351		
202			252			302			352		
203			253			303			353		
204			254			304			354		
205			255			305			355		
206			256			306			356		
207			257			307			357		
208			258			308			358		
209			259			309			359		
210			260			310			360		
211			261			311			361		
212			262			312			362		
213			263			313			363		
214			264			314			364		
215			265			315			365		
216			266			316			366		
217			267			317			367		
218			268			318			368		
219			269			319			369		
220			270			320			370		
221			271			321			371		
222			272			322			372		
223			273			323			373		
224			274			324			374		
225			275			325			375		
226			276			326			376		
227			277			327			377		
228			278			328			378		
229			279			329			379		
230			280			330			380		
231			281			331			381		
232			282			332			382		
233			283			333			383		
234			284			334			384		
235			285			335			385		
236			286			336			386		
237			287			337			387		
238			288			338			388		
239			289			339			389		
240			290			340			390		
241			291			341			391		
242			292			342			392		
243			293			343			393		
244			294			344			394		
245			295			345			395		
246			296			346			396		
247			297			347			397		
248			298			348			398		
249			299			349			399		
250			300			350			400		

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **3.2. Formato para la Identificación de Obra:**

Este formato se realizó para la obtención de datos generales de la obra, por medio de una entrevista a los residentes; el cual también lo utilizamos para clasificar la obra a partir de su nivel de Industrialización.

### **3.3. Formato para Encuestas al Personal Profesional y Técnico de obra:**

Se realizaron encuestas al personal que participa en la planificación de la obra con el fin de clasificar la obra por tipo de Gestión.

### **3.4. Formato para Encuestas al Personal Obrero:**

Se realizaron encuestas a los obreros con el fin de identificar la relación existente con sus jefes, supervisores y la accesibilidad que tenía a los recursos que necesitan. Estas encuestas fueron dirigidas especialmente a los operarios y jefes de cuadrilla (capataces).

Se realizó en algunas obras, debido a la desconfianza de los obreros, que no expresaban los verdaderos problemas de la obra.

### **3.5. Formato para Entrevista a Subcontratistas y Proveedores:**

Se realizaron entrevistas a los subcontratistas y proveedores con la finalidad de conocer sus opiniones respecto a los principales problemas que ocurren en obra.

### **3.6. Formato para Entrevistas a Residentes sobre la Industrialización**

Finalizado la etapa de mediciones, con el objetivo conocer de una manera mas detallada el uso de la Industrialización en obra, se realizó esta entrevista a algunos residentes de obras medidas

A continuación se muestran los formatos anteriormente mencionados.

CÓDIGO: _____	<b>FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OBRA</b> <i>(FIO)</i>	TESISTA: _____ FECHA: _____																
<b>DE LA OBRA</b> NOMBRE: _____ DIRECCIÓN: _____ TELÉFONO: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____																		
<b>DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA</b> NOMBRE: _____ DIRECCIÓN: _____ TELÉFONO: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____																		
<b>DEL INGENIERO RESIDENTE</b> NOMBRE: _____ TELÉFONO: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____																		
<b>DEL PROYECTO</b> TIPO DE ESTRUCTURA: <input type="checkbox"/> Muros de concreto armado <input type="checkbox"/> Albañilería Confinada <input type="checkbox"/> Muros de ductilidad limitada <input type="checkbox"/> Pórticos y tabiques <input type="checkbox"/> Sistema Dual <input type="checkbox"/> Otro SECUENCIA DEL TRABAJO Área de Losa llenada _____ m <sup>2</sup> cada _____ días INICIO: _____ CANTIDAD DE OBREROS: _____ DURACIÓN: _____ AVANCE PROYECTO (CASCO): _____																		
<b>PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO QUE PARTICIPA EN LA PLANIFICACION</b> <input type="checkbox"/> Ingeniero Residente <input type="checkbox"/> Ingeniero Concreto <input type="checkbox"/> Administrador <input type="checkbox"/> Ingeniero Supervisor <input type="checkbox"/> Ingeniero Costos <input type="checkbox"/> Maestro de Obra <input type="checkbox"/> Ingeniero Asistente <input type="checkbox"/> Ingeniero Productividad <input type="checkbox"/> Almacenero <input type="checkbox"/> Otros: _____																		
<b>DEL PERSONAL SUBCONTRATADO</b> INDIQUE EL MONTO APROXIMADO DE ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS: _____ % CALIFIQUE USTED LOS PRINCIPALES PROBLEMAS CON LOS SUBCONTRATISTAS: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">No realizan bien su trabajo, tienen muchos errores</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>Sólo les interesa el avance</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>Desperdician material, si no lo han aportado</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>Sus errores usualmente comprometen a otras actividades</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>No participan en el planificación</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>El personal de la casa y el subcontratado no se llevan bien</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>El pago a los subcontratistas es muy bajo</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> <tr> <td>Otros: _____</td> <td style="text-align: center;">1 2 3 4 5</td> </tr> </table>			No realizan bien su trabajo, tienen muchos errores	1 2 3 4 5	Sólo les interesa el avance	1 2 3 4 5	Desperdician material, si no lo han aportado	1 2 3 4 5	Sus errores usualmente comprometen a otras actividades	1 2 3 4 5	No participan en el planificación	1 2 3 4 5	El personal de la casa y el subcontratado no se llevan bien	1 2 3 4 5	El pago a los subcontratistas es muy bajo	1 2 3 4 5	Otros: _____	1 2 3 4 5
No realizan bien su trabajo, tienen muchos errores	1 2 3 4 5																	
Sólo les interesa el avance	1 2 3 4 5																	
Desperdician material, si no lo han aportado	1 2 3 4 5																	
Sus errores usualmente comprometen a otras actividades	1 2 3 4 5																	
No participan en el planificación	1 2 3 4 5																	
El personal de la casa y el subcontratado no se llevan bien	1 2 3 4 5																	
El pago a los subcontratistas es muy bajo	1 2 3 4 5																	
Otros: _____	1 2 3 4 5																	
<b>OTROS DATOS</b> ÁREA TOTAL DEL TERRENO: _____ ÁREA A CONSTRUIR: _____ Nº PISOS: _____ CANTIDAD DE DEPARTAMENTOS: _____ ÁREA DE DEP: _____ PRECIOS: _____ COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN: _____ ÁREA DE DEP: _____ PRECIOS: _____																		
<b>COMENTARIOS DEL TESISTA</b> DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: <i>( dptos por piso, descripción de la estructura.)</i> _____ _____ _____ NOTAS A LA ENTREVISTA: <i>(Comentarios y/o añadidos del Residente)</i> _____ _____ _____																		

TECNOLOGÍA EN OBRA				
DESCRIPCIÓN	¿ LO TIENE?	CANTIDAD	¿NECESITA?	
<b>ACERO</b>				
CONVENCIONAL	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
DIMENSIONADO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
MALLA ELECTROSOLDADA (MURO)	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
MALLA ELECTROSOLDADA (TECHO)	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>ENCOFRADOS</b>				
ENCOFRADO METÁLICO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>CONCRETO (PREPARACIÓN)</b>				
TROMPITO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
MEZCLADORA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
CONCRETO PREMEZCLADO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
CONCRETO POSTENSADO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
CONCRETO PRETENSADO	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
ADITIVOS	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
_____		_____		
_____		_____		
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>CONCRETO (VACIADO)</b>				
BOMBA ESTACIONARIA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
BOMBA MÓVIL	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
BALDE	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
GRÚA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
VIBRADOR (GASOLINA O ELÉCTRICO)	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
CARGADOR FRONTAL	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
RETROEXCAVADORA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
MOTO NIVELADORA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
VOLQUETE	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>TRANSPORTE DE MATERIALES</b>				
WINCHE	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
ELEVADOR VERTICAL	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
GRÚA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>COMUNICACIONES</b>				
NEXTEL O SIMILARES:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
CORREO ELECTRÓNICO:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>SOFTWARE</b>				
CONTROL DE OBRA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
PROGRAMACIÓN DE OBRA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>OTROS:</b>				
SISTEMA DE ELIMINACIÓN BASURA	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
ESPECIFICAR:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
OTROS:	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	
<b>COMENTARIOS:</b>				
_____				
_____				
_____				
_____				



**FORMATO PARA ENCUESTAS AL PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO DE OBRA**

(FEPETA)

(NO LLENAR)

<b>CÓDIGO DE LA OBRA:</b> <input style="width: 150px; height: 20px;" type="text"/>	<b>NUMERO ENCUESTA:</b> <input style="width: 70px; height: 20px;" type="text"/>
--	---

(ESTA ENCUESTA ES TOTALMENTE ANÓNIMA Y ES PROPIEDAD DEL GRUPO DE TESIS)

**PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

1. INDIQUE EL CARGO QUE DESEMPEÑA EN LA EMPRESA: \_\_\_\_\_

2. ¿QUÉ TIPO DE PLANIFICACIÓN SE REALIZA EN LA OBRA Y QUE COMPRENDE CADA UNA?

- General \_\_\_\_\_
- Mediano Plazo \_\_\_\_\_
- Corto Plazo \_\_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_\_

3. ¿CÓMO SE TRANSMITE LA INFORMACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN A LOS JEFES DE OBRA? (verbal o escrita)

Nivel de detalle	Maestro	Capataces
Recursos a utilizar		
Lugar de trabajo		
Plazo		
Otros		

4. ¿SE DISEÑAN PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y CUÁLES SON?

- Ninguno
- Solo los procedimientos complicados \_\_\_\_\_
- Las partidas con alta incidencia en el presupuesto \_\_\_\_\_
- Algunas operaciones como: \_\_\_\_\_

4.1 ¿QUIÉN O QUIENES SON LOS ENCARGADOS DEL DISEÑO?

- Residente  Otro: \_\_\_\_\_
- Maestro de Obra

5. ¿QUIÉN ESTÁ ENCARGADO DE PLANIFICAR LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS? (marque con un CHECK)

CARGO	M.O.	MAT.	EQUIPO
Ingeniero Residente			
Ingeniero Asistente			
Administrador			
Maestro			
Otro:			

6. ¿A PARTIR DE QUE INFORMACIÓN SE REALIZA LA PLANIFICACIÓN?

- Según experiencia del Residente
- Por rendimientos mínimos
- Por rendimientos históricos de la empresa
- Otros: \_\_\_\_\_

7. ¿QUIÉN ES EL ENCARGADO DE LA DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS?

- Solo el Maestro de Obra
- El Maestro de Obra en coordinación con el residente
- Otros: \_\_\_\_\_

**SEGUIMIENTO Y CONTROL**

1. REALIZA CONTROLES EN LA OBRA

- Si  No

SI LA RESPUESTA ES SI, ¿CÓMO LO CONTROLA?

MODO DE CONTROL	FRECUENCIA			
	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	AL FINAL
<input type="checkbox"/> Informe de costos				
<input type="checkbox"/> Informes de avance				
<input type="checkbox"/> Recorridos por la obra				
<input type="checkbox"/> Reuniones				
<input type="checkbox"/> Informe de productividad				
<input type="checkbox"/> Informe de calidad				
<input type="checkbox"/> Otros: _____				
<input type="checkbox"/> Otros: _____				

2. ¿ES ACTUALIZADA LA PLANIFICACIÓN DESPUÉS QUE SE REALIZA?

- Si  
 No

SI LA RESPUESTA ES NO, ¿POR QUE? \_\_\_\_\_

SI LA RESPUESTA ES SI, ¿CON QUE FRECUENCIA?

- Diariamente  Semanalmente  Otro: \_\_\_\_\_

A PARTIR DE QUE DATOS SE EJECUTA LA ACTUALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

- Rendimientos  Avance  Otro: \_\_\_\_\_

3. SI SURGE UN ATRASO, USUALMENTE SE SOLUCIONA:

- Haciendo que los trabajadores se queden horas extra  
 Trabajando los Domingo y/o feriados  
 Se acepta el atraso y se hace una nueva planificación  
 Otro: \_\_\_\_\_

4. ¿EN QUE ACTIVIDADES SE CONSUME LA MAYOR CANTIDAD DE HORAS EXTRA?

- Vaciado de concreto  Habilitación material  Inst. Sanitarias / Eléctricas  
 Encofrado  Colocación Acero  Otro: \_\_\_\_\_

5. ¿CUAL O CUALES CREE USTED QUE SON LOS PROBLEMAS MAS COMUNES QUE GENERAN LOS ATRASOS?

(marque con un CHECK)

PROBLEMA	
Abastecimiento	
Descoordinaciones	
Subcontratos	
Rendimientos, (mdo)	
Sindicatos	
Maquinaria	
Otros: _____	

6. CUANDO LOS PROBLEMAS SON DESCUBIERTOS, SE PROCEDE A:

- Reparar los defectos y seguir adelante  
 Se averiguan las causas del problema y se actúa para prevenir problemas futuros  
 Aclaremos el porqué no nos dimos cuenta temprano y rediseñamos la forma de ejecutar el trabajo para poder actuar rápido sobre problemas similares en el futuro.  
 Analizamos el problema y lo tomamos como experiencia para el futuro  
 Identificamos a responsable y tomamos las medidas respectivas  
 Otros: \_\_\_\_\_

7. ¿REALIZAN CHARLAS DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL?

- Si  No

8. CON QUE FRECUENCIA SE REALIZAN

- Semanales  Diarias  
 Mensuales  Otras \_\_\_\_\_

**FORMATO PARA ENCUESTAS AL PERSONAL OBRERO**

(FEDOC)

Encargado de la medición: \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Hora \_\_\_\_\_

(NO LLENAR)

CÓDIGO DE LA OBRA:

NUMERO ENCUESTA:

(ESTA ENCUESTA ES TOTALMENTE ANÓNIMA Y ES PROPIEDAD DEL GRUPO DE TESIS)

1. INDIQUE LA CUADRILLA A LA QUE PERTENECE

- Concreto                       Encofrado                       Acero  
 Albañilería                       Revoques                       Otro: \_\_\_\_\_

2. INDIQUE SU RANGO:

- Peón                       Oficial                       Operario  
 Capataz                       Otro: \_\_\_\_\_

3. INDIQUE SU SISTEMA DE TRABAJO

- Por avance (jornada)                      Horario \_\_\_\_\_  
 Por tareas                       40 o menos  
     Entre 40 o 50  
     50 o menos  
 Otro: \_\_\_\_\_

5. ¿TRABAJA HORAS EXTRA?

- Si                       No

SI TRABAJA HORAS EXTRA, ¿CUANTAS SEMANALMENTE? \_\_\_\_\_

6. USTED ES PERSONAL SUBCONTRATADO

- Si                       No

7. SI USTED ES PERSONAL SUBCONTRATADO:

7.1. SI USTED ES PERSONAL SUBCONTRATADO, ¿HA TRABAJADO ANTES CON LA MISMA EMPRESA?

- Si, llevamos trabajando varios proyectos                       No, este es el primer proyecto  
 Si, este es el segundo proyecto juntos

7.2. SI USTED ES PERSONAL SUBCONTRATADO, MARQUE LOS PROBLEMAS MAS FRECUENTES:

- No estoy enterado del contrato que se firmó con el contratista o éste no existe  
 No me pagan lo adecuado  
 No me pagan a tiempo  
 El personal "de la casa" es hostil  
 Otros: \_\_\_\_\_

8. PRESENTA ALGÚN PROBLEMA CON LOS MATERIALES

- Si                       No

9. EN CASO TENGA ALGÚN PROBLEMA CON LOS MATERIALES:

9.1. ¿QUÉ HACE SI NO TIENE MATERIAL A LA MANO?

- Lo busco en almacén                       Se lo comunico al Jefe de cuadrilla  
 Debo esperarlo                       Se lo comunico al Maestro de Obra  
 Hago otra labor                       Se lo comunico al Ingeniero  
 Otros: \_\_\_\_\_



CÓDIGO: _____	<b>FORMATO DE ENTREVISTA PARA SUBCONTRATISTAS Y PROVEEDORES</b>	TESISTA: _____ FECHA: _____
<b>DE LA EMPRESA</b>		
NOMBRE: _____		
DIRECCIÓN: _____		
TELÉFONO: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____		
<b>DEL ENTREVISTADO</b>		
NOMBRE: _____		
TELÉFONO: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____		
<b>PREGUNTAS</b>		
¿ En qué consiste el servicio que brindan a las empresas ? ( Mano de obra, materiales, diseño y mantenimiento )		
_____		
_____		
_____		
¿Con qué frecuencia trabaja con la misma empresa?		
_____		
_____		
_____		
¿Tiene algún convenio de trabajo con alguna empresa?		
_____		
_____		
_____		
¿Ha tenido algún problema con algún cliente? Cuales? Porque? (los clientes le han causado problemas)		
_____		
_____		
_____		
_____		
¿Es beneficioso para usted trabajar con la misma empresa en varios proyectos?		
_____		
_____		
_____		
¿Prioriza a sus clientes? Porque?		
_____		
_____		
_____		
¿Qué clase de control realiza a los servicios o productos que brinda?		
_____		
_____		
_____		
¿A cuantos clientes suele atender a la vez?		
_____		
_____		
_____		
¿Cuál es su capacidad de atención? ( A cuantos clientes puede atender a la vez)		
_____		
_____		
_____		
<b>COMENTARIOS DEL TESISTA</b>		
_____		
_____		
_____		
_____		
<b>NOTAS A LA ENTREVISTA:</b> <i>(Comentarios y/o añadidos Entrevistado)</i>		
_____		
_____		
_____		

CÓDIGO: _____	<b>ENTREVISTA PARA EL NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN</b>	TESISTA: FECHA: _____
---------------	--	--------------------------

**DE LA EMPRESA**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

TELÉFONO: \_\_\_\_\_ CORREO ELECTRÓNICO: \_\_\_\_\_

**DEL ENTREVISTADO**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

TELÉFONO: \_\_\_\_\_ CORREO ELECTRÓNICO: \_\_\_\_\_

**PROYECTO**

Área del Terreno \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Área Construida \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Altura de la construcción \_\_\_\_\_ m

Estructura de la Edificación

Losas:  Aligeradas  Macizas

Elementos verticales:  Muros delgados de concreto armado  Muros de albañilería confinada

Pórticos  Tabiques de albañilería

Tabiques sílico Calcáreos (P-7, P-10)  Otros \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿La empresa suele realizar proyectos con las mismas características? (estructura y tamaño)

Si  No

¿Por qué?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MODULACIÓN**

¿Para el diseño del Proyecto tomaron en cuenta criterios de modulación?

P.E. Las dimensiones de los elementos verticales y horizontales, considerando las dimensiones de los encofrados disponibles.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Para el diseño de sus proyectos tomaron en cuenta criterios de estandarización?

P.E. Existencia de departamentos y pisos típicos

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Si ha aplicado la modulación y/o estandarización, ¿ha logrado mejores resultados, o los esperados?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Si no ha aplica la modulación y/o estandarización, ¿A que se debe?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MECANIZACIÓN**

¿Qué equipo utiliza en la construcción? Y si es alquilado (A) o comprado (C). (características)

	Cantidad	Alquilado o Comprado	Características
<input type="checkbox"/> Winche			
<input type="checkbox"/> Elevador vertical			
<input type="checkbox"/> Grúa			
<input type="checkbox"/> Mezcladora			
<input type="checkbox"/> Otros _____			
<input type="checkbox"/> Otros _____			
<input type="checkbox"/> Otros _____			
<input type="checkbox"/> Otros _____			

¿Por qué usa esos equipos y porqué no usa otros ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Si realiza análisis económicos para la elección de los equipos, que factores considera para su realización?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Qué factores influyen en la decisión de compra o alquiler de los equipos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Algún equipo que adquirió la empresa no tuvo los resultados esperados, porque cree?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

**PREFABRICADOS**

¿Qué elementos prefabricados utiliza en la construcción?

Acero:  Acero dimensionado  Mallas electrosoldadas

Proveedor: \_\_\_\_\_ Características \_\_\_\_\_

Encofrado:  Metálico  Madera  Fenólico

Proveedor: \_\_\_\_\_ Características \_\_\_\_\_

Concreto  Premezclado  Embolsado

Proveedor: \_\_\_\_\_ Características \_\_\_\_\_

¿Por qué usa estos elementos y por qué no usa otros ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Si realiza análisis económicos para la elección de los elementos prefabricados, que factores considera para su realización?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Los resultados obtenidos con los elementos prefabricados, fueron los esperados, y sino porque cree q no?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

**COMENTARIOS DEL TESISTA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTAS A LA ENTREVISTA:** (Comentarios y/o añadidos Entrevistado)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 4. Evaluación de la Información obtenida

La evaluación de los datos obtenidos pasó por el siguiente proceso:

### 4.1. Etapa de Diagnóstico Individual

En esta etapa se evaluó la productividad de forma cuantitativa, mediante el cálculo de los valores obtenidos a partir de los indicadores de productividad de modo individual (por cada obra) y la generación de informes para las empresas que nos brindaron su apoyo.

#### 4.1.1. Hoja de cálculo para el análisis de los datos por medición

Para el proceso de los datos obtenidos en las mediciones de obra, se creó una hoja de cálculo, de la que se obtenía el porcentaje de cada tipo de actividad. Además las cuadrillas observadas y su incidencia en la medición

#### 4.1.2. Hoja resumen de las mediciones en obra

Esta hoja resumen, se creó para entregársela a los Residentes de obras, una vez terminadas las mediciones, en la cual se les explica las principales pautas a cerca de las mediciones realizadas en su obra. Además los resultados de las cinco mediciones realizadas.

Adicionalmente se le brindaban recomendaciones a partir de lo observado en la obra.

A continuación se muestran las hojas de cálculo mencionadas.

**INFORME INDIVIDUAL DEL NIVEL GENERAL DE OBRA**

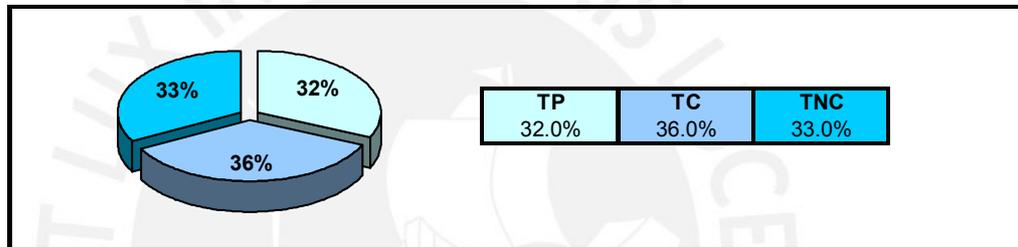
**OBRA:**  
**FECHA:** Miércoles, 10 de Agosto de 2005  
**TESISTA:**

**NGO N°:** 5 de 5  
**HORA:** 08:35 10:40  
**TIEMPO MEDIDO (hrs):** 02:05

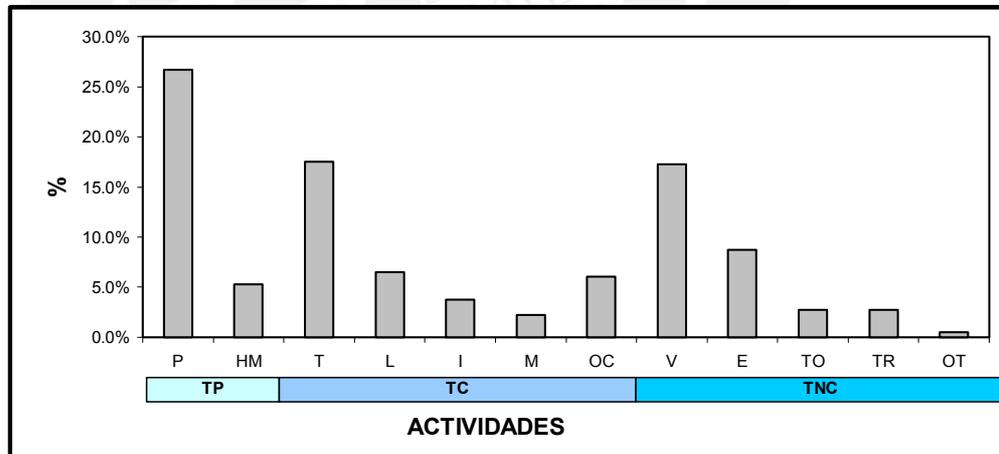
**1. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS MEDIDOS**

	DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	TOTAL	% PARCIAL	% TOTAL
TP	Trabajo Productivo	P	107	128	26.8%	32.0%
	Habilitación de material	HM	21		5.3%	
TC	Transporte de todo	T	70	144	17.5%	36.0%
	Limpieza de superficies y herramientas	L	26		6.5%	
	Dar y recibir instrucciones	I	15		3.8%	
	Mediciones	M	9		2.3%	
	Otros	OC	24		6.0%	
TNC	Viajes	V	69	132	17.3%	33.0%
	Esperas	E	35		8.8%	
	Tiempo ocioso	TO	11		2.8%	
	Trabajo rehecho	TR	11		2.8%	
	Otros	OT	2		0.5%	
<b>TOTAL</b>			<b>400</b>			

**2. NIVEL GENERAL DE OBRA**



**3. DIAGRAMA**



**4. ESTADO DE LA OBRA**

ACTIVIDAD MEDIDA	CANTIDAD	%
Acero	55	14%
Encofrado	174	44%
IS - Instalaciones Sanitarias	21	5%
IE - Instalaciones Eléctricas	16	4%
Albañilería	26	7%
Trazo	9	2%

**INFORME FINAL: MEDICIÓN GENERAL DE OBRA**

**OBRA:**

**FECHA:**

**TESISTAS:**

John Galeas Peñaloza

Nayda Morales Galiano

**MARCO TEÓRICO:**

La medición del nivel general de obra (NGO) es una de las herramientas clásicas del estudio de tiempos y movimientos, utilizado comúnmente en la ingeniería industrial. Los resultados de estas mediciones indican en promedio de cómo está distribuido el tiempo de los trabajadores de toda la obra.

Además, considera los flujos de materiales y mano de obra que ocurren a un nivel *macro* de la obra y que, comúnmente, no han sido considerados al momento de planificar y/o calcular los presupuestos (estos cálculos normalmente se realizan a nivel de actividad, es decir, a un nivel *micro* de la obra)

La metodología empleada consiste en recorridos de obra, en los cuales se observa y anota la actividad que realiza cada obrero hasta completar 400 mediciones, durante cinco días a distintas horas. Cada actividad es clasificada según su aporte a la obra, de la siguiente manera:

**Trabajo Productivo (TP)**

Trabajo que aporta de forma directa a la producción.

**Trabajo Contributorio (TC):**

Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor.

**Trabajo no contributorio (TNC):**

Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida.

De modo explicativo, dentro de las actividades contributorias consideramos la habilitación de material (HM), el transporte de material y/o herramientas (T), cualquier tipo de medición (M), la limpieza (L), dar o recibir instrucciones (I) y otros contributorios (O).

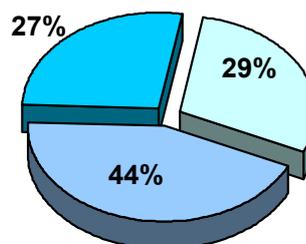
Análogamente, como trabajo no contributorio se considera los viajes sin llevar nada en las manos (V), las esperas del personal (E), ir a los servicios higiénicos (BÑ), descansar (D), rehacer un trabajo (TR), hacer trabajos sin valor (TO) y otras actividades no contributorias (OT).

**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:**

A continuación presentamos los resultados promedio de las cinco mediciones realizadas en la obra:

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	% PARCIAL	% TOTAL
TP	Trabajo Productivo	P	22.7%	29.2%
	Habilitación de material	HM	6.6%	
TC	Transporte	T	23.5%	43.5%
	Limpieza de superficies y herramientas	L	5.4%	
	Dar y recibir instrucciones	I	5.4%	
	Mediciones	M	3.7%	
	Otros	OC	5.7%	
	Viajes	V	15.2%	
TNC	Esperas	E	8.7%	27.3%
	Tiempo ocioso	TO	1.4%	
	Trabajo rehecho	TR	0.7%	
	Otros	OT	1.3%	

En resumen,



#### 4.2. Etapa de Diagnóstico Integral

De igual manera en esta etapa se evaluó la productividad de forma cuantitativa, pero de forma general, luego de contar con las mediciones en todas las obras analizadas.

Se procedió al análisis en conjunto; clasificando las obras según su tipo de Gestión y grado de Industrialización, a partir de las encuestas realizadas al personal y los criterios anteriormente expuestos.

En esta etapa ordenamos todos los datos obtenidos de las encuestas verificándolos, para luego clasificar las obras según su tipo de Gestión e Industrialización.

Planteamos estos dos temas de Gestión e Industrialización, el primero que se refiere a la organización en si la de construcción, de una manera general, como se explicará con mas detalle en el siguiente capítulo de “Presentación y Análisis de Resultados”. Pero en el segundo tema nos especializamos en el análisis al nivel de industrialización, que aunque estos dos temas se encuentran relacionados, para este análisis los estudiamos de una manera separada.

# PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 1. Resultados Generales de las Obras Estudiadas

En esta sección presentaremos los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en las 26 obras; según los parámetros definidos en el capítulo anterior “Metodología del Trabajo”.

De igual manera presentamos la comparación entre las actuales mediciones, con las realizadas en el estudio del año 2000; para ello usamos los parámetros que se tomaron en dicho estudio.

### 1.1. Características generales de las obras analizadas

En el siguiente página podemos observar un cuadro donde se presenta a las 26 obras analizadas indicando el tipo de estructura, la cantidad de pisos, departamentos y el área promedio de estos.

OBRA	ESTRUCTURA DE LA CONSTRUCCION		CANTIDAD DE PISOS	CANTIDAD DE DEPARTAMENTOS	ÁREA PROMEDIO DE DEPARTAMENTOS (m2)
	ELEMENTOS VERTICALES	ELEMENTOS HORIZONTALES			
1	Albañilería Confinada	Losa Maciza	4	32	92
2	Columnas, Placas y Tabiquería silico calcarea	Losa Aligerada	12	72	60
3	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Maciza	5	40	75
4	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	6	41	83
5	Muros delgados de concreto armado	Losa Aligerada	18	126	100
6	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	11	44	75
7	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	8	14	82
8	Muros delgados de concreto armado	Losa Maciza	5	600	80
9	Albañilería Confinada	Losa Aligerada	5	15	93
10	Muros delgados de concreto armado	Losa Aligerada	5	122	73
11	Albañilería Confinada	Losa Aligerada	5	14	120
12	Muros delgados de concreto armado	Losa Aligerada y Maciza	11	88	73
13	Muros delgados de concreto armado	Losa Maciza	7	184	93
14	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	6	20	95
15	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	4	9	235
16	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	4	8	1050
17	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	5	13	190
18	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	5	20	151
19	Muros delgados de concreto armado	Losa Maciza	8	64	86
20	Muros delgados de concreto armado	Losa Maciza	5	18	63
21	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	7	18	100
22	Columnas, Placas y Tabiquería ladrillos de arcilla	Losa Aligerada	15	52	118

**Tabla 1 Estructura, número de pisos, cantidad y área de los departamentos.**

## 1.2. Nivel de productividad en los proyectos

Para la medición del nivel de productividad en cada obra, se realizó la siguiente clasificación de los tipos de trabajo:

<b>Trabajo Productivo</b>	<b>TP</b>
➤ Actividades Productivas	P
➤ Habilitación de material	HM
<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>TC</b>
➤ Transporte de todo	T
➤ Limpieza de todo	L
➤ Dar y recibir instrucciones	I
➤ Mediciones	M
➤ Otros	O
<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>TNC</b>
➤ Viajes	V
➤ Esperas	E
➤ Tiempo Ocioso	TO
➤ Trabajo Rehecho	TR
➤ Otro	OT

La siguiente *Tabla 1*, muestra los porcentajes de tiempos del trabajo, obtenidos en cada una de las obras analizadas, disgregando los Trabajos Productivos (TP), Contributorios (TC) y No Contributorios (TNC).

Obra	TP		TC					TNC				
	P	HM	T	L	I	M	O	V	E	TO	TR	OT
1	29.6%	11.0%	15.6%	5.7%	4.1%	6.4%	5.0%	8.5%	7.1%	4.8%	0.0%	2.1%
2	25.1%	14.3%	20.4%	1.4%	5.8%	3.5%	7.9%	7.6%	9.6%	2.9%	0.1%	1.5%
3	29.5%	9.8%	14.4%	2.2%	5.6%	2.9%	10.9%	9.0%	11.8%	1.2%	0.8%	2.2%
4	16.1%	14.5%	15.0%	1.0%	2.8%	4.6%	7.0%	14.7%	<b>15.5%</b>	<b>8.6%</b>	0.0%	0.1%
5	28.2%	5.3%	16.0%	7.0%	6.2%	7.8%	3.1%	12.2%	7.5%	4.5%	0.7%	1.5%
6	22.6%	16.6%	16.9%	3.6%	5.7%	2.4%	7.4%	10.6%	9.8%	2.4%	0.6%	1.7%
7	18.9%	12.1%	<b>28.0%</b>	3.9%	6.1%	4.5%	6.1%	10.1%	6.8%	0.5%	0.7%	2.6%
8	<b>31.2%</b>	3.9%	24.3%	4.4%	5.0%	4.6%	7.0%	10.9%	5.5%	2.1%	0.5%	0.9%
9	18.5%	12.5%	22.6%	4.4%	5.9%	7.5%	6.3%	12.3%	4.7%	2.4%	0.3%	2.7%
10	25.4%	4.0%	14.7%	2.8%	4.4%	6.7%	14.0%	12.5%	11.1%	1.5%	0.1%	2.8%
11	20.8%	9.3%	16.4%	5.1%	5.0%	8.0%	13.1%	12.1%	3.4%	6.4%	0.5%	0.2%
12	20.5%	<b>17.4%</b>	19.1%	4.2%	5.9%	6.1%	7.2%	10.8%	3.3%	0.6%	0.0%	<b>5.0%</b>
13	25.0%	3.1%	18.3%	4.3%	7.2%	3.8%	11.9%	13.3%	10.6%	0.6%	0.1%	1.9%
14	17.5%	12.0%	18.9%	2.7%	5.9%	6.5%	1.3%	15.7%	10.7%	6.9%	1.3%	0.5%
15	22.8%	11.9%	18.6%	6.5%	4.3%	4.0%	10.7%	10.3%	6.8%	1.5%	0.6%	2.2%
16	15.6%	13.2%	14.8%	3.7%	9.3%	<b>15.6%</b>	6.8%	13.1%	4.7%	0.7%	0.7%	2.0%
17	15.0%	12.3%	24.6%	3.5%	6.7%	5.3%	8.7%	17.9%	3.5%	0.8%	0.1%	1.6%
18	16.5%	5.9%	24.5%	2.6%	8.0%	6.5%	1.4%	16.8%	7.3%	4.9%	<b>4.8%</b>	0.8%
19	26.4%	6.8%	19.2%	5.1%	6.4%	4.3%	0.3%	<b>18.0%</b>	8.1%	4.4%	0.6%	0.4%
20	24.2%	3.7%	22.6%	5.1%	5.0%	5.7%	12.1%	13.3%	6.1%	0.4%	0.5%	1.6%
21	20.4%	8.4%	15.3%	1.8%	6.0%	6.2%	<b>16.1%</b>	15.1%	7.3%	1.0%	0.0%	2.4%
22	22.2%	6.7%	23.5%	5.4%	5.4%	3.7%	6.0%	15.2%	8.7%	1.3%	0.7%	1.4%
23	22.1%	3.3%	22.1%	6.6%	7.2%	5.4%	9.6%	14.7%	4.4%	1.0%	0.8%	2.8%
24	13.1%	9.5%	18.0%	<b>9.1%</b>	6.4%	5.8%	10.8%	16.1%	5.8%	1.4%	1.7%	2.5%
25	29.2%	4.4%	11.7%	2.1%	<b>9.9%</b>	8.2%	14.7%	8.5%	8.3%	1.4%	0.0%	1.5%
26	25.6%	4.9%	14.3%	4.9%	7.2%	5.8%	8.4%	15.1%	8.1%	3.5%	1.4%	0.8%

*Tabla 2 Distribución de Tiempos en las Actividades en Obra*

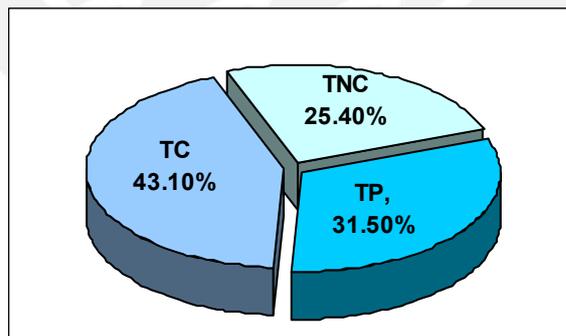
### 1.2.1. Nivel de Productividad Promedio

En la *Tabla 2*, mostramos los porcentajes por actividad, obtenidos a partir del promedio de las 26 obras analizadas.

ACTIVIDAD			PROMEDIO
TP	P	Trabajo Productivo	22.40%
	HM	Habilitación de material	9.10%
TC	T	Transporte de todo	18.80%
	L	Limpieza de todo	4.20%
	I	Dar y recibir instrucciones	6.00%
	M	Mediciones	5.80%
	O	Otros	8.20%
TNC	V	Viajes	12.90%
	E	Esperas	7.60%
	TO	Tiempo ocioso	2.60%
	TR	Trabajo rehecho	0.70%
	OT	Otros	1.70%

*Tabla 3* Porcentaje de tiempos promedio por Actividad

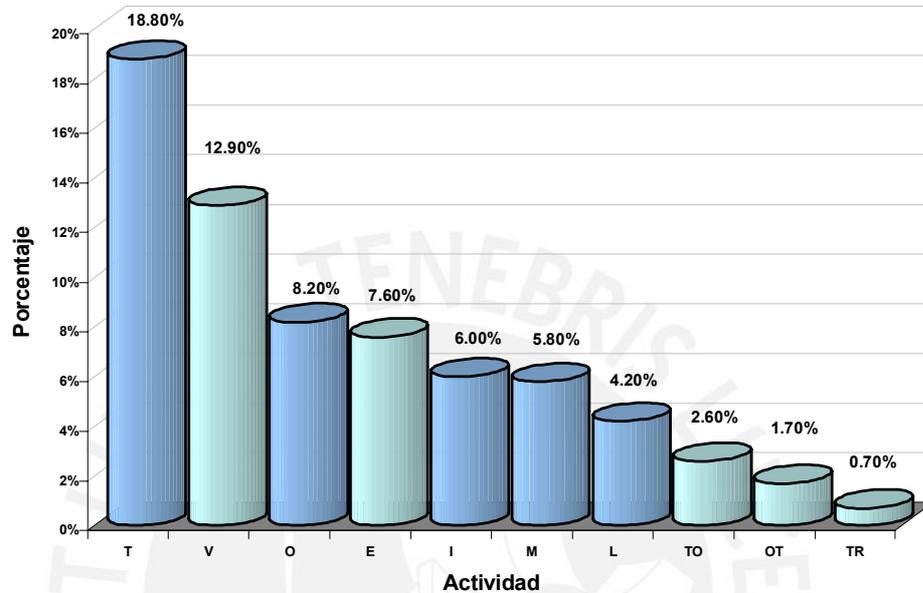
### Clasificación actual del tipo de trabajo



Según el presente estudio el Nivel Promedio de Productividad de la mano de obra en obras de edificación para vivienda en Lima Metropolitana resulta ser de 31.50%, observándose que la mayor cantidad de tiempo, 43%, es dedicado a actividades contributorias.

En el siguiente diagrama se muestran las actividades no productivas organizadas en orden descendente. Donde podemos notar que las actividades de Transportes (T) y Viajes (V) son las de mayor incidencia con 18.80% y 12.90% respectivamente.

### Diagrama de las actividades No Productivas



Vemos que la actividad de Otros contributorios (O), también resulta ser significativa, con 8.20%. En ella se consideraron como, revisiones y actividades de apoyo como; cuando el personal obrero sostiene algún elemento para que otro personal pueda colocarlo, por ejemplo en el caso del acero, cuando atortolan, hay un personal que sostiene la barra para que otro la pueda asegurar; en el caso del encofrado antes de colocar hay una persona sosteniendo los paneles a encofrar, mientras otro revisa que se este colocando bien y en el caso de vaciados de concreto, se observa esta actividad cuando algunos obreros sostienen la manguera para poder vaciar el concreto).

### 1.2.2. Confiabilidad en los datos obtenidos

El propósito de un estudio estadístico es extraer conclusiones acerca de la naturaleza de una población. Al ser la población grande y no poder ser estudiada en su integridad, se realiza el estudio a una parte de la población lo que denominamos “muestra”.

Para el presente estudio partimos de que nuestra población son: LAS OBRAS DE EDIFICACIONES PARA VIVIENDA EN ETAPA DE CASCO ESTRUCTURAL. Realizadas en LIMA METROPOLITANA POR EMPRESAS FORMALMENTE CONSTITUIDAS, las cuales asumimos como INFINITAS.

A partir de los datos obtenidos en las mediciones, asumiendo una confiabilidad del 95%, fuimos calculando el error máximo; concluyendo que, con 265 obras logramos un error aceptable, como se muestra a continuación:

#### Cálculos Realizados

Para el cálculo del intervalo de confianza en una población normal como es la nuestra, tomamos como parámetros:

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| ◆ Nivel de confiabilidad de    | <b>95%</b>                                  |
| ◆ Coeficiente de confiabilidad | <b><math>Z_{1-\alpha/2} = 1.96^i</math></b> |
| ◆ Cantidad de datos tomados    | <b><math>n = 26</math></b>                  |

Hallamos la desviación estándar de nuestra muestra, resultando:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{ii}$$

$$\sigma = 4.96\%$$

Al ser nuestra muestra infinita, hallamos el error máximo a partir de la siguiente fórmula

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z_{1-\alpha/2} = \frac{4.96\%}{\sqrt{26}} 1.96 = 1.90\% \quad \text{iii}$$

$$\varepsilon = 1.90\%$$

<sup>i</sup> Coeficiente que depende del nivel de confiabilidad buscado, para este caso según tablas, para un nivel de confiabilidad del 95% el coeficiente resulta **1.96**

<sup>ii</sup> Estadística Aplicaciones Tercera Edición” Carlos Veliz Capuñay, Pág. 317

<sup>iii</sup> Estadística Aplicaciones Tercera Edición” Carlos Veliz Capuñay, Pág. 320

Al analizar el error obtenido, podemos afirmar:

**Que las obras de construcción en Lima Metropolitana que estuvieron en la etapa de casco estructural entre los meses de Abril y Agosto, tienen un porcentaje de trabajo productivo de 31.50%, con el 95% de confiabilidad de que este valor puede variar como máximo en 1.90%**

Resumiendo:

**El trabajo productivo en Lima esta entre los valores de 29.60% y 33.40%.**

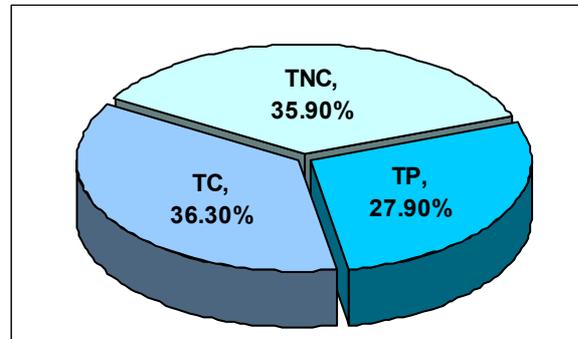
Tomemos en cuenta que para el presente estudio se asumió una cantidad infinita de obras, lo cual dista de la realidad. El cambio de una cantidad infinita a otra finita se reflejaría en una disminución del intervalo de variación.

Además el estudio actual fue realizado de manera estratificada, donde se dividió a la población en distritos, comenzando el análisis en los distritos de mayor incidencia de obras, datos que los obtuvimos a partir de páginas publicadas en el Portal de MiVivienda, este Tipo de Muestreo Estratificado, mejora la confiabilidad de los resultados.

### 1.3. Nivel de Productividad según la investigación realizada en el año 2000

En un estudio realizado el año 2000 con la asesoría del Ing Virgilio Ghio, se encontraron los siguientes resultados:

#### Distribución del tipo de trabajo en la investigación realizada el 2000



#### 1.3.1. Confiabilidad en datos obtenidos

A partir de los resultados obtenidos en el estudio realizado el año 2000, realizamos cálculos similares:

##### Cálculos Realizados

Tomamos similares parámetros para el cálculo:

- ◆ **Nivel de confiabilidad** **95%**
- ◆ **Coefficiente de confiabilidad**  **$z_{1-\alpha/2} = 1.96^i$**
- ◆ **Cantidad de datos tomados**  **$n = 50$**

Hallamos la desviación estándar de nuestra muestra, resultando:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{ii}$$

$$\sigma = 4.10\%$$

Al ser nuestra muestra infinita, hallamos el error máximo a partir de la siguiente fórmula

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha/2} = \frac{4.10\%}{\sqrt{50}} 1.96 = 1.20\% \quad \text{iii}$$

$$\varepsilon = 1.20\%$$

<sup>i</sup> Coeficiente que depende del nivel de confiabilidad buscado, para este caso según tablas (que se pueden encontrar en el anexo) para un nivel de confiabilidad del 95% el coeficiente resulta **1.96**

<sup>ii</sup> "Estadística Aplicaciones Tercera Edición" Carlos Veliz Capuñay, Pág. 317

Al analizar el error obtenido, podemos afirmar:

**Que las obras de construcción en Lima Metropolitana en el año 2000 tuvieron un porcentaje de trabajo productivo de 27.90%, con el 95% de confiabilidad de que este valor puede variar como máximo en 1.20%**

Resumiendo:

**El trabajo productivo en Lima estuvo entre los valores de 26.70% y 29.10%.**

Podemos ver que la diferencia del error obtenido en el actual estudio (1.90%), con el realizado hace cinco años (1.20%), es de **0.70%**, resultando no ser muy significativo; tomando en cuenta que en este estudio se realizaron las mediciones a 26 obras no a 50, como fue en la investigación del 2000. Este hecho implicaría que el nivel de productividad no varía mucho.

#### 1.4. Comparación de resultados con los obtenidos el año 2000

Para poder comparar los resultados actuales con los obtenidos el 2000, es necesario analizar nuestros datos a partir de los mismos parámetros que se consideraron en dicha investigación; dichos resultados mostramos en la siguiente tabla:

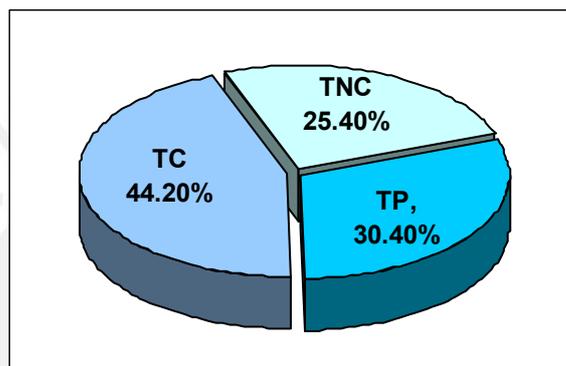
ACTIVIDAD			PROMEDIO
TP	P	Trabajo Productivo	22.40%
	HM	Habilitación de material	8.00%
TC	PM	Preparación de material	4.00%
	T	Transporte de todo	18.80%
	L	Limpieza de todo	4.20%
	I	Dar y recibir instrucciones	6.00%
	M	Mediciones	5.80%
	O	Otros	5.30%
TNC	V	Viajes	12.90%
	E	Esperas	7.60%
	TO	Tiempo ocioso	2.60%
	TR	Trabajo rehecho	0.70%
	OT	Otros	1.70%

**Tabla 4** Porcentaje de tiempos promedio por Actividad  
(A partir de los parámetros tomados en cuenta en la investigación del 2000)

Como se mencionó en el capítulo de Metodología para la clasificación del tipo de trabajo bajo los parámetros del año 2000, se agregó una actividad, que se consideró en ese análisis dentro de otros contributivos, la actividad de Preparación de Material (PM), que incluye humedecer ladrillos, partir ladrillos, cortar madera, etc.

En el siguiente gráfico podemos ver el promedio resultado de las mediciones considerando los mismos parámetros tomados el año 2000.

### **Clasificación actual del tipo de trabajo a partir de la investigación del 2000**



Vemos que la diferencia entre las mediciones realizadas considerando los parámetros planteados en esta investigación y lo definido en la investigación del año 2000 es de 1.10%. Diferencia que no resulta ser muy significativo, debido a que tener un nivel de productividad de 30.40% o 31.50%, implicaría que de las 8 horas laborales los trabajadores sólo realizan 2.5 horas trabajos productivos.

A partir de los resultados obtenidos con los parámetros considerados en la investigación del 2000, podemos afirmar que la productividad en Lima Metropolitana incrementó en 2.40%, que no es muy considerable, tomando en cuenta que el error máximo de la medición es de 1.90%.

Comparando los resultados, el hallado hace cinco años y los resultados obtenidos en este estudio, obtenemos el siguiente cuadro:

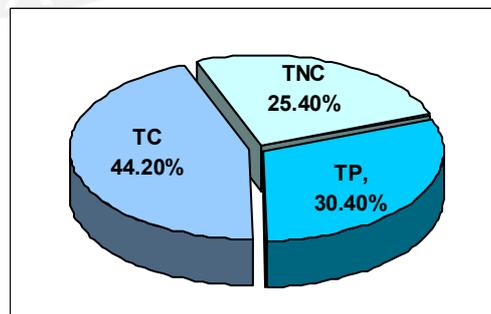
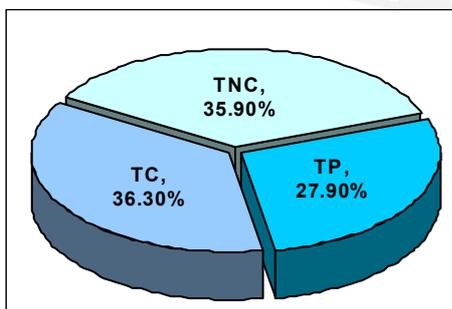
ACTIVIDAD			MEDICIONES 2000	MEDICIONES 2005
TP	P	Trabajo Productivo	28.00%	30.40%
TC	T	Transporte de todo	14.00%	18.80%
	L	Limpieza de todo	4.00%	4.20%
	I	Dar y recibir instrucciones	3.00%	6.00%
	M	Mediciones	5.00%	5.80%
	O	Otros	11.00%	9.30%
TNC	V	Viajes	13.00%	12.90%
	E	Esperas	6.00%	7.60%
	TO	Tiempo ocioso	10.00%	2.60%
	TR	Trabajo rehecho	3.00%	0.70%
	OT	Otros	3.00%	1.70%

**Tabla 5** Comparación de los resultados

**Comparación entre las mediciones**

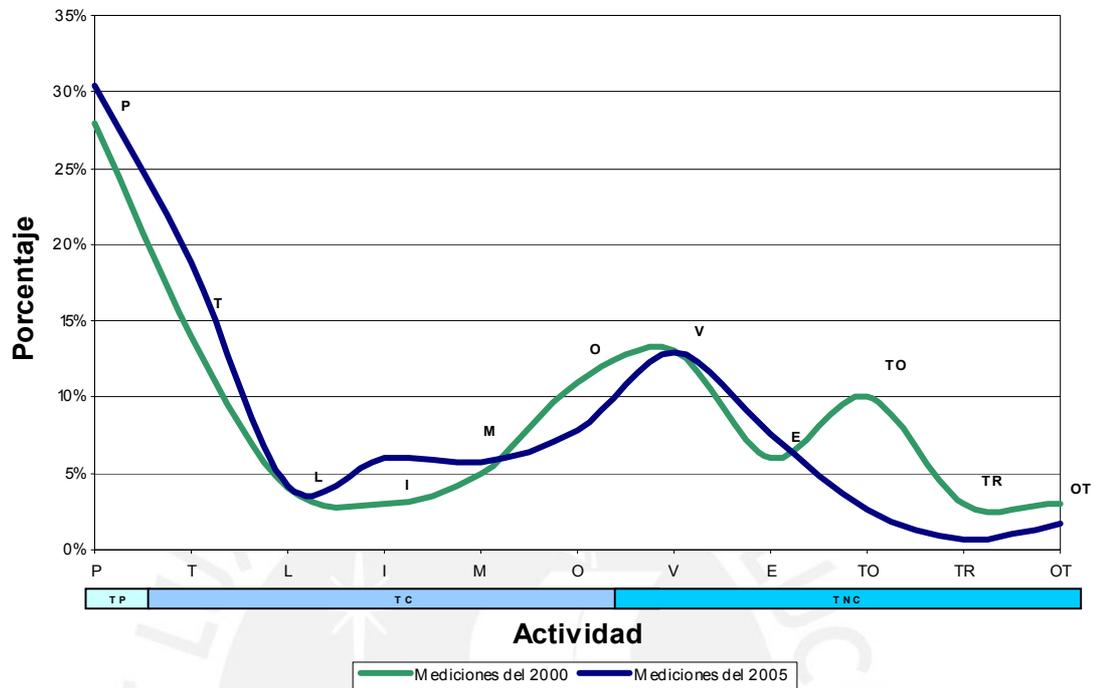
**2000**

**2005**



Gráficamente podemos ver la variación de las actividades en el siguiente diagrama:

**Variación de las actividades en cinco años**



A partir del grafico anterior podemos distinguir las variaciones encontradas entre la actual medición y la realizada hace cinco años.

En la que podemos notar que las actividades No Contributorias han disminuido, como lo podemos notar en la actividad “tiempo Ocioso”, pero eso no ocurre con las Contributorias, donde podemos apreciar que la actividad de instrucciones ha duplicado su porcentaje. Algo similar ocurre con la actividad de transportes conde su porcentaje incremento.

## 2. Nivel de productividad y porcentaje de avance de la obra

“El nivel de productividad varía de acuerdo a la etapa de construcción en la obra”, esta afirmación pretendemos ratificar a través del presente estudio. Por ello al tomar el Nivel de Productividad en cada obra, se identificó el porcentaje de avance de la construcción del casco estructural; dato que se obtuvo del profesional encargado de la obra.

### 2.1. Clasificación de las Etapas de Avance

Para este análisis distinguimos tres etapas de construcción del casco.

- ETAPA INICIAL: En esta etapa la obra se encuentra comenzando los primeros pisos o en el sótanos, las obras con un avance menor al 20% del casco estructural han sido consideradas dentro de esta etapa.
- ETAPA DE PISOS TÍPICOS: En esta etapa se tiene a la construcción en una fase que es repetitiva, donde se están ejecutando los pisos típicos; las obras con un avance entre el 20% y el 80% del casco estructural han sido consideradas dentro de esta etapa.
- ETAPA FINAL: En esta etapa la obra se encuentra en los últimos pisos, donde se empieza a retirar el material utilizado; además en esta etapa hay una reducción del personal obrero, debido a que hay una reducción en la cantidad de tareas. Para el presente estudio las obras con un avance mayor al 80% del casco estructural han sido consideradas dentro de esta etapa.

ETAPA DE LA OBRA	PORCENTAJE DE AVANCE DEL CASCO
ETAPA INICIAL	< 20%
ETAPA DE PISOS TÍPICOS	20% al 80%
ETAPA FINAL	> 80%

**Tabla 6** Etapa de la obra según el porcentaje de avance del casco

Pero esta clasificación no llega a cumplirse en obras de gran magnitud; en esos casos se consideraba para el estudio, si la construcción se encontraba en pisos típicos.

A partir de los parámetros anteriores, clasificamos las obras como se muestra en la Tabla 6, donde relacionamos el Nivel de Productividad y el porcentaje de avance de cada obra.

OBRA N°	NGO			ETAPA DEL CASCO	PROMEDIO DEL TP SEGÚN ETAPA
	TP	TC	TNC		
16	28.8%	50.1%	21.2%	ETAPA INICIAL	27.60%
14	29.6%	35.3%	35.2%		
13	28.1%	45.4%	26.4%		
21	28.8%	45.4%	25.8%		
18	22.4%	42.8%	34.7%		
25	33.6%	46.6%	19.7%	ETAPA DE PISOS TÍPICOS	33.30%
11	30.1%	47.4%	22.5%		
12	37.9%	42.5%	19.6%		
19	33.2%	35.2%	31.6%		
1	40.6%	36.8%	22.6%		
8	35.1%	45.2%	19.8%		
26	30.5%	40.7%	28.8%		
17	27.3%	48.8%	23.9%		
2	39.5%	39.0%	21.6%		
9	31.0%	46.7%	22.3%		
4	30.6%	30.4%	39.0%		
22	28.9%	43.8%	27.3%		
3	39.3%	35.9%	24.9%		
23	25.4%	51.0%	23.6%		
5	33.5%	40.0%	26.4%		
7	31.0%	48.6%	20.5%		
6	39.2%	35.9%	24.9%		
15	34.8%	44.0%	21.3%	ETAPA FINAL	28.70%
20	27.9%	50.3%	21.8%		
24	22.6%	50.0%	27.4%		
10	29.5%	42.6%	28.0%		

*Tabla 7 Relación entre el Nivel de Productividad y el Porcentaje de Avance.*

## 2.2. Relación entre el Avance del casco y el Nivel de Productividad

El promedio del Trabajo Productivo (TP) de las obras según la Etapa del Avance de Casco se muestra en la siguiente Tabla 7. Podemos observar la relación entre la Etapa de Construcción y el Nivel de Productividad, alcanzando en la etapa de pisos típicos un 33.30%.

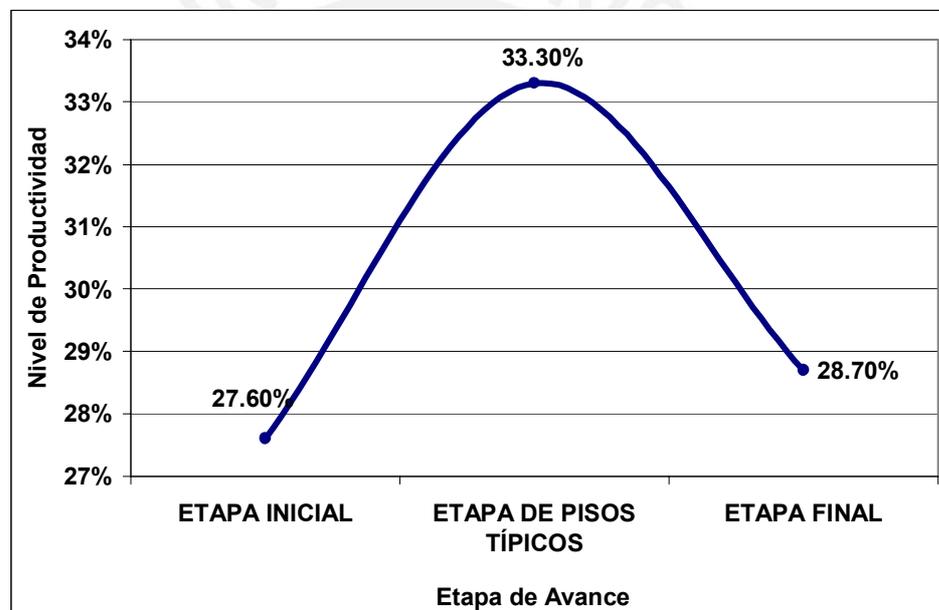
ETAPA DE LA OBRA	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD
ETAPA INICIAL	27.60%
ETAPA DE PISOS TÍPICOS	33.30%
ETAPA FINAL	28.70%

**Tabla 8** Etapa del Casco y el Nivel de Productividad

En el siguiente gráfico podemos observar con mayor claridad la relación existente.

Como se esperaba, en la etapa de pisos típicos se tiene mayor productividad que en las otras dos etapas.

### Relación entre el Nivel de Productividad y el avance de la obra



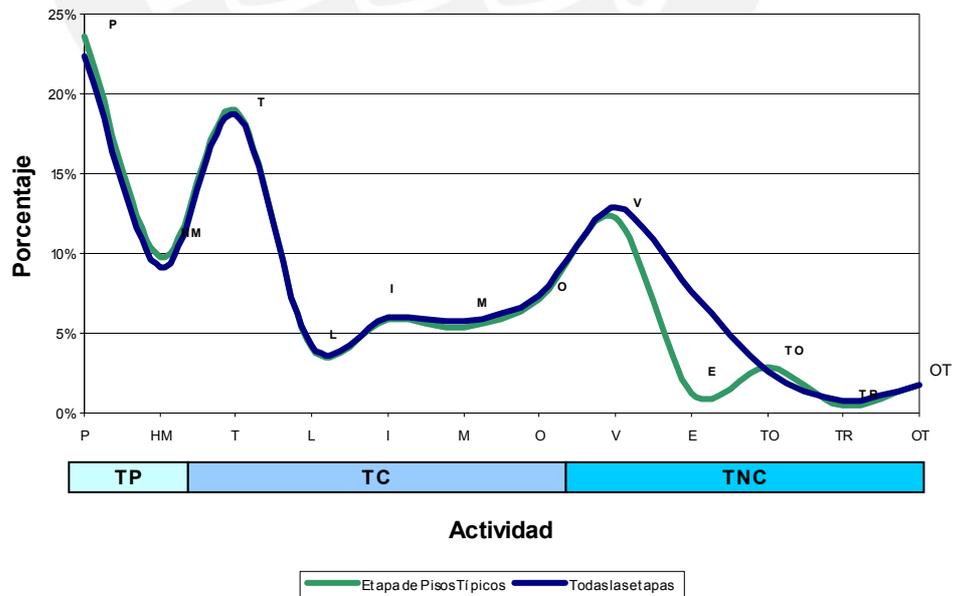
Esta relación confirma el efecto de la curva de aprendizaje, el nivel de productividad de 27.60% se incrementa cuando la obra se encuentra en los pisos típicos; pero este nivel de productividad se reduce en la etapa final del proyecto, porque existe una disminución del personal obrero y realizan más labores contributivas, como limpieza para comenzar los acabados.

Comparando las mediciones realizadas con las mediciones solo a las obras que estaban en pisos típicos podemos notar lo siguiente.

ACTIVIDAD			PROMEDIO	PISOS TÍPICOS
TP	P	Trabajo Productivo	22.40%	23.61%
	HM	Habilitación de material	9.10%	9.73%
TC	T	Transporte de todo	18.80%	19.06%
	L	Limpieza de todo	4.20%	4.14%
	I	Dar y recibir instrucciones	6.00%	5.92%
	M	Mediciones	5.80%	5.34%
	O	Otros	8.20%	7.58%
TNC	V	Viajes	12.90%	12.23%
	E	Esperas	7.60%	1.25%
	TO	Tiempo ocioso	2.60%	2.86%
	TR	Trabajo rehecho	0.70%	0.45%
	OT	Otros	1.70%	1.69%

Tabla 9 Comparación entre todas las obras y solo las de pisos típicos

**Variación entre las todas las mediciones y las que se encontraban en pisos típicos**



Vemos que la diferencia entre estas mediciones no es relevante, por ello el análisis lo realizamos tomando en cuenta todas las obras.

### 3. Tipo de Gestión

En el estudio realizado el año 2000, se determinó que existe una relación directa entre la administración y el nivel de productividad de la obra, resultando que las obras con una mejor planificación resultaban con 34% de nivel de productividad en comparación a los 26% que obtenían las obras que no realizaban una adecuada planificación.

En la presente investigación consideramos dentro de la gestión además de la planificación, la ejecución de la obra y el control que se realiza en ella. Determinando el nivel de gestión en base a la organización de la constructora. Esto se logra a partir de las encuestas realizadas al personal profesional, que se vieron en el capítulo de Metodología del Trabajo.

#### 3.1. Parámetros de Clasificación

Analizamos el tipo de Gestión según los siguientes tres parámetros:

##### ✓ Planificación

- **Tipo de Planificación:** Se distinguen tres tipos de planificación; general donde son definidos los hitos, mediano plazo donde se planifica el uso de recursos y una planificación específica a corto plazo.
- **Autores de la planificación:** personal encargado de planificar la construcción del proyecto.
- **Planificación de utilización de recursos y de procesos:** Se tiene una planificación del uso de los materiales, equipos y la mano de obra. De igual manera se plantea el proceso constructivo, indicando el lugar y el plazo para ejecutar una tarea específica a partir de información histórica de la empresa.

## ✓ Ejecución

- **Transmisión de la planificación:** Se establecen las metas y son transmitidas al maestro y capataces en forma escrita.
- **Responsable de la construcción:** El profesional responsable que ejecuta según lo establecido y durante la obra actualiza y reprograma las actividades, determinando la producción diaria en obra.
- **Distribución de recursos durante la ejecución:** El maestro de obra en coordinación con el residente o un responsable de la administración de obra distribuye los recursos (mano de obra, materiales y equipos)
- **Capacitación:** Se realiza una capacitación continua al personal técnico y administrativo, en temas de seguridad y mejora de procesos.

## ✓ Control

- **Tipo de control:** Se tiene un control por parte del personal profesional; recorridos por obra diarios, reuniones semanales o diarias, también se realizan informes periódicos de productividad, avance de obra, calidad, para luego analizar los resultados obtenidos, proponiendo mejoras.
- **Actualización de la planificación:** En base a los datos obtenidos, como rendimientos, porcentajes de avance, calidad, etc. se cambia o ajusta a la planificación de la obra en forma continua.

En la siguiente Tabla 8 se muestra la Clasificación según el grado de Gestión

		Tipo I ADECUADA GESTIÓN	Tipo II REGULAR GESTIÓN	Tipo III BAJO NIVEL DE GESTIÓN	Tipo IV INADECUADA GESTIÓN
PLANIFICACIÓN	Tipo de planificación	General, a mediano y corto plazo	Se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función a los recursos y al trabajo disponible.	Solo se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función al trabajo disponible.	Se realiza de forma paralela a la ejecución de la obra y en función al trabajo disponible.
	Autor de la planificación e información basada	Se realiza en coordinación entre el personal técnico y profesional con información histórica de la empresa	Se realiza en coordinación entre el Residente y Maestro de Obra. A partir de sus experiencias.	Es realizada por el personal profesional según su experiencia y rendimientos mínimos	Es realizada por el personal técnico según su experiencia
	Planificación de procesos y de utilización de recursos	Se planifica el uso de los recursos y la forma de ejecución de los procesos	Se planifica el uso de los recursos, pero no la forma de ejecución de los procesos.	No se tiene una planificación para el uso de los recursos ni tampoco se diseñan los procesos	No se tiene una planificación para el uso de los recursos ni tampoco se diseñan los procesos
EJECUCIÓN	Transmisión de la planificación	Se definen y transmiten las metas de forma escrita	Se establecen las metas de forma escrita, se transmiten al maestro y capataces de forma verbal	Se establecen las metas de forma verbal, se transmiten al maestro y capataces en forma verbal	Se establecen las metas de forma verbal, se transmiten al maestro y capataces en forma verbal
	Responsable de la construcción	Se tiene un equipo responsable profesional y técnico de la obra que trabaja en forma organizada	Existe un profesional responsable permanentemente en obra	El maestro general está permanentemente en la obra. El profesional responsable o el propietario la visita periódicamente.	El maestro general está permanentemente en la obra y el responsable la visita en caso de emergencias.
	Distribución de recursos durante la ejecución	El Ingeniero de campo distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos en coordinación con el Residente (MO, materiales y equipos) bajo la supervisión del residente	El maestro general distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)
CONTROL Y RETROALIMENTACIÓN	Tipo de control por parte del personal profesional	Recorridos diarios por obra, reuniones semanales o diarias, informes periódicos de productividad, avance, calidad, etc.	Recorridos por obra diarios y reuniones esporádicas. Con informes mensuales	Visitas periódicas de profesionales con la finalidad de controlar el avance y el abastecimiento de materiales.	Visitas esporádicas de profesionales con la finalidad de controlar el avance y el abastecimiento de materiales.
	Actualización de la planificación	En base a los datos obtenidos en rendimientos, avance y calidad, etc. se reprograma la obra en forma continua.	Reprogramación periódica, considerando el avance sin tomar rendimientos.	Se trabajan horas extras, para cubrir los atrasos	Se aceptan los atrasos y se hace una nueva planificación
Capacitación		Se realiza capacitación de forma periódica al personal técnico y administrativo	Se realiza capacitación solo al personal administrativo	No se realiza ningún tipo de capacitación	No se realiza ningún tipo de capacitación

**Tabla 10** Clasificación según el grado de Gestión

### 3.2. Clasificación de las Obras según su Tipo de Gestión

Según lo anterior expuesto determinamos un puntaje a cada parámetro como se muestra a continuación

PLANIFICACIÓN	Tipo de planificación		General, Mediano y Corto Plazo	Solo dos tipos de Planificación	Solo General	No hay	3	9	30%		
			3	2	1	0					
	Creación de la planificación	Autor (es)	Coordinación de un grupo de profesionales	Residente y Maestro	Solo el Residente	Maestro de Obra	3				
		Información utilizada	Experiencia del Residente y Maestro y Rendimientos Históricos	Rendimientos Históricos o Mínimos	Experiencia del Personal Administrativo	Experiencia del Maestro y Capataces	3				
	Planificación de utilización de recursos y de procesos	Mano de Obra	Residente y Maestro	Ing de Campo	Residente	Maestro de Obra	3				
		Materiales	Residente y Maestro	Ing de Campo	Residente	Maestro de Obra					
		Equipo	Residente y Maestro	Ing de Campo	Residente	Maestro de Obra					
		Encargado	Residente y Maestro	Residente	Supervisor	Maestro de Obra					
		Operaciones Diseñadas	Con alta incidencia en el ppto	Operaciones complicadas	Algunas	Ninguna					
	EJECUCIÓN	Transmisión de la planificación		Maestro y Capataces en forma escrita	Maestro de Obra en forma escrita y a los capataces en forma verbal	Maestro y Capataces en forma verbal	Maestro y Capataces en forma verbal			9	30%
				1	0	0	1				
		Recursos, Lugar y Plazo	O solo Recurso, lugar o plazo	Plazo	Plazo						
		1	0.5	0.5	1.5						
		Escrita	Escrita	Oral	Oral						
		3	2	1	1						
Responsables de la construcción		Equipo de Profesionales	Residente	Maestro de Obra, con un profesional, que visita la obra con cierta frecuencia	Maestro de Obra	3					
		3	1	1	0						
Distribución de recursos durante la ejecución		El Ingeniero de campo	El maestro general en coordinación con el Residente	El maestro general	El maestro general	3					
		3	2	1	0						
CONTROL	Tipo de control por parte del personal profesional	Modo de Control	Informe de avance y costos	Informe de avance o de costos	Reuniones y recorridos	Reuniones	6.5				
		Frecuencia	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual					
			2.5	2	1	0.5	9	30%			
	Actualización de la planificación		En base a rendimientos, avance y calidad, etc. se reprograma en forma continua.	Reprogramación periódica, considerando el avance sin tomar rendimientos.	Se trabajan horas extras, para cubrir los atrasos	Se aceptan los atrasos y se hace una nueva planificación			2.5		
			2.5	2	1	0					
Capacitación	Tipo	Charlas	Paneles	Información, Boletines	Varios	3	3		10%		
			1.5	1	1					1	
	Frecuencia	Mensual	Quincenales	Semanal	Diaria						
		0.5	0.5	1	1.5						

Tabla 11 Puntaje asignado para la clasificación según el sistema de Gestión

Para la clasificación según el sistema de Gestión utilizamos los siguientes rangos, que fueron hallados asumiendo obras

TIPO	RANGO	
TIPO I	21.1	30
TIPO II	14.1	21
TIPO III	11.1	14
TIPO IV	8	11

**Tabla 12 Rangos Establecidos para la clasificación según el sistema de Gestión**

	TP	TC	TNC	PLANIFICACIÓN	EJECUCIÓN	CONTROL	CAP	TOTAL	TIPO
1	40.6%	36.8%	22.6%	8	5.5	7	1.5	22	TIPO I
5	33.5%	40.0%	26.4%	8.25	7	5	3	23.25	TIPO I
8	35.1%	45.2%	19.8%	9	9	5.75	2.5	26.25	TIPO I
10	29.5%	42.6%	28.0%	7.25	8.5	5.5	1.5	22.75	TIPO I
23	25.4%	51.0%	23.6%	7.75	6	5	3	21.75	TIPO I
25	33.6%	46.6%	19.7%	9	7.5	6.25	2.5	25.25	TIPO I
26	30.5%	40.7%	28.8%	8.25	9	6.5	1.5	25.25	TIPO I
2	39.5%	39.0%	21.6%	7	4	3.25	0	14.25	TIPO II
3	39.3%	35.9%	24.9%	6.5	5.5	6.25	0	18.25	TIPO II
12	37.9%	42.5%	19.6%	8	5.5	5.5	0	19	TIPO II
17	27.3%	48.8%	23.9%	5.5	5.5	4.25	0	15.25	TIPO II
18	22.4%	42.8%	34.7%	5	4.5	5.75	1.5	16.75	TIPO II
19	33.2%	35.2%	31.6%	6.25	5.5	4.25	1.5	17.5	TIPO II
20	27.9%	50.3%	21.8%	5.5	5.5	6.75	0	17.75	TIPO II
22	28.9%	43.8%	27.3%	7.75	5.5	4	3	20.25	TIPO II
13	28.1%	45.4%	26.4%	8.25	3	3.75	0	15	TIPO II
15	34.8%	44.0%	21.3%	7	2.5	3.75	0	13.25	TIPO III
4	30.6%	30.4%	39.0%	5	5	3	0	13	TIPO III
6	39.2%	35.9%	24.9%	5.75	3.5	3.75	0	13	TIPO III
7	31.0%	48.6%	20.5%	5.25	3	4	0	12.25	TIPO III
9	31.0%	46.7%	22.3%	5	5	1.5	0	11.5	TIPO III
14	29.6%	35.3%	35.2%	4.5	2.5	3.75	2	12.75	TIPO III
24	22.6%	50.0%	27.4%	3.25	4.5	5.25	0	13	TIPO III
11	30.1%	47.4%	22.5%	4	2.5	3	1.5	11	TIPO IV
16	28.8%	50.1%	21.2%	1.5	4	3	0	8.5	TIPO IV
21	28.8%	45.4%	25.8%	5.75	2.5	2.75	0	11	TIPO IV

**Tabla 13 Sistema de Gestión en cada proyecto**

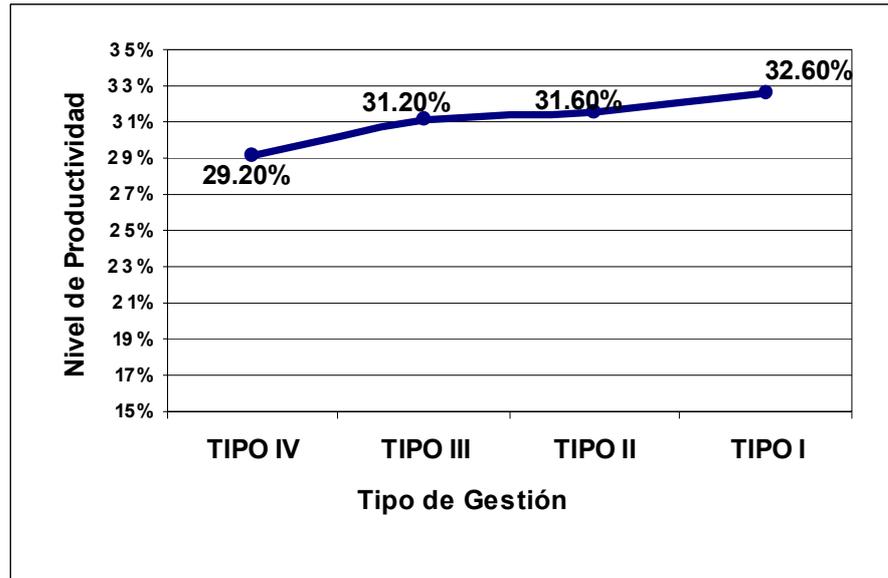
Cantidad de obras	TP	TC	TNC	PLANIFICACIÓN	EJECUCIÓN	CONTROL	CAP	TOTAL	TIPO
7	32.60%	43.3%	24.1%	8.2	7.5	5.9	2.2	23.8	TIPO I
9	31.60%	42.6%	25.7%	6.6	4.9	4.9	0.7	17.1	TIPO II
7	31.20%	41.5%	27.2%	5.1	3.7	3.6	0.3	12.7	TIPO III
3	29.20%	47.6%	23.1%	3.8	3.0	2.9	0.5	10.2	TIPO IV

**Tabla 14 Promedio del Trabajo productivo a partir del Sistema de Gestión**

### 3.3. Relación de los Sistemas de Gestión con el Nivel de Productividad

En el siguiente gráfico podemos observar la variación del nivel de productividad en las obras en función de su Sistema de Gestión. Se aprecia una relación directa entre estos dos factores. Donde se obtuvo un nivel de 32.60% de productividad en las obras con un adecuado sistema de Gestión (Tipo I).

#### Relación entre el Nivel de Productividad y el Sistema de Gestión



## 4. Grado de Industrialización

En este estudio definimos a la Industrialización como “el proceso que tiene por objetivo aumentar la capacidad de producción, reduciendo las actividades en obra a partir del uso de maquinarias, elementos prefabricados y/o producción modular”.

A partir de esta definición procedemos a la clasificación según los parámetros anteriormente nombrados.

### 4.1. Parámetros de Clasificación

Analizamos la industrialización dentro de las obras medidas según tres categorías:

- **Mecanización:** La mecanización es el uso de equipos que permiten la realización de diversos procesos, como el transporte y el vaciado del concreto de una manera más eficiente.

Se analizaron las obras considerando tres criterios, el tipo de herramientas utilizadas, el tipo de maquinarias usadas para el transporte y el tipo de maquinarias usadas para el vaciado de concreto.

- **Uso de elementos Prefabricados:** El uso de elementos que reducen la cantidad de fabricación en la obra, como es el caso de acero dimensionado, encofrados modulados (metálicos o fenólicos), concreto premezclado.

Se analizaron las obras clasificándolas en función a la cantidad de elementos prefabricados utilizados, en relación a tres materiales acero, encofrado y concreto.

- **El diseño modular y la estandarización:** El diseño modular es el diseño en el cual se toma en cuenta los materiales y procedimientos con los cuales se va a desarrollar determinado producto con el objetivo de minimizar las pérdidas en el consumo de materiales. La estandarización es la elaboración de productos y procesos con características similares.

Se analizaron las obras clasificándolas a partir de la aplicación de los dos criterios mencionados en el diseño del proyecto.

De los anteriores ítems tomados, obtuvimos la siguiente clasificación según el tipo de Industrialización

En el siguiente cuadro se muestra la Clasificación según el grado de Industrialización:

		Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
		ALTO GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	REGULAR GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	BAJO GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	SIN INDUSTRIALIZACIÓN
MECANIZACIÓN	Transporte	Grúa para las principales partidas, además de winches para ciertas partidas.	Elevadores de plataforma, que cubren todos los pisos requeridos.	Winche o elevadores que llegan hasta cierto nivel.	Se realiza con la fuerza de la mano de obra, uso de buggies, sogas o similares.
	Vaciado del Concreto	Grúa con balde y/o Bombas con pluma o tuberías	Bomba con pluma o tuberías	Elevadores de plataforma, winche y buggies	Buggies y latas
PREFABRICACIÓN	Acero	Uso total de acero dimensionado y/o mallas electrosoldadas	Uso parcial de acero dimensionado y/o mallas electrosoldadas	Habilitado en obra	Habilitado en obra
	Encofrado	Uso de encofrados prefabricados fuera de construcción, metálicos y otros	Uso parcial de encofrados prefabricados fuera de construcción, sea en elementos horizontales o verticales	Paneles prefabricados en obra, previo a la colocaron.	Encofrados fabricados en obra en conjunto con la colocación, usando tablas, barrotes, etc.
	Concreto	Concreto Premezclado, viguetas prefabricadas y/o planta concretera.	Concreto Premezclado y/o viguetas prefabricadas	Preparado in situ con control	Preparado in situ sin control
MODULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN		Con un alto nivel de estandarización y modulación.	Con cierta estandarización, construcciones en base a pisos y/o departamentos típicos, pero que no tuvieron en cuenta los materiales o elemento para su construcción.	Se tienen algunas zonas típicas, pero no es posible llegar a una estandarización	No se presentan elementos típicos.

**Tabla 15** Clasificación según el grado de Industrialización

#### 4.2. Clasificación de las Obras según su Grado de Industrialización

En el siguiente cuadro se presenta la clasificación y el valor asignado para cada uno de los de los tipos de industrialización que se usaron para definir el grado de industrialización de cada obra.

		Tipo I ALTO GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	Tipo II REGULAR GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	Tipo III BAJO GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN	Tipo IV SIN INDUSTRIALIZACIÓN			
MECANIZACIÓN	Transporte	Grúa para las principales partidas, además de winches para ciertas partidas.	Elevadores de plataforma, que cubren todos los pisos requeridos.	Winche o elevadores que lleguen hasta cierto nivel.	Se realiza con la fuerza de la mano de obra, uso de buggies, sogas o similares.	4.5	9	27
		4.5	3	1.5	0			
MECANIZACIÓN	Vaciado del Concreto	Grúa con balde y/o Bombas con pluma o tuberías	Bomba con pluma o tuberías	Elevadores de plataforma, winche y buggies	Buggies y latas	4.5		
		4.5	3	1.5	0			
PREFABRICACIÓN	Acero	Uso total de acero dimensionado y/o mallas electrosoldadas	Uso parcial de acero dimensionado y/o mallas electrosoldadas	Habilitado en obra	Habilitado en obra	3	9	
		3	2	1	0			
	Encofrado	Uso de encofrados prefabricados fuera de construcción, metálicos y otros	Uso parcial de encofrados prefabricados fuera de construcción, sea en elementos horizontales o verticales	Paneles prefabricados en obra, previo a la colocaron.	Encofrados fabricados en obra en conjunto con la colocación, usando tablas, barros, etc.	3		
		3	2	1	0			
	Concreto	Concreto Premezclado, viguetas prefabricadas y/o planta concretera.	Concreto Premezclado y/o viguetas prefabricadas	Preparado in situ con control	Preparado in situ sin control	3		
		3	2	1	0			
MODULACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN		Con un alto nivel de estandarización y modulación.	Con cierta estandarización, construcciones en base a pisos y/o departamentos típicos, pero que no tuvieron en cuenta los materiales o elemento para su construcción.	Se tienen algunas zonas típicas, pero no es posible llegar a una estandarización	No se presentan elementos típicos.	9	9	
		9	6	3	0			

Tabla 16 Puntaje asignado para la clasificación según el Grado de Industrialización

TIPO	RANGO	
TIPO I	20.0	27.0
TIPO II	14.0	19.9
TIPO III	7.0	13.9
TIPO IV	0.0	6.9

Tabla 17 Rangos Establecidos para la clasificación según el Grado de Industrialización

A partir de lo anterior indicado presentamos la clasificación según el Grado de Industrialización de cada obra.

	TP	TC	TNC	MECANIZACIÓN	USO DE PREFABRICADOS	ESTANDARIZACIÓN Y MODULACIÓN	TOTAL	TIPO
5	33.5%	40.0%	26.4%	9	8	6.25	<b>23.25</b>	TIPO I
8	35.1%	45.2%	19.8%	9	8	9	<b>26</b>	TIPO I
10	29.5%	42.6%	28.0%	6	7	7.5	<b>20.5</b>	TIPO I
25	33.6%	46.6%	19.7%	6	7	7	<b>20</b>	TIPO I
26	30.5%	40.7%	28.8%	9	7	7	<b>23</b>	TIPO I
1	40.6%	36.8%	22.6%	5	5.5	8.5	<b>19</b>	TIPO II
2	39.5%	39.0%	21.6%	4.5	5.5	5.25	<b>15.25</b>	TIPO II
13	28.1%	45.4%	26.4%	6	4	4.25	<b>14.25</b>	TIPO II
19	33.2%	35.2%	31.6%	7.5	4	6.25	<b>17.75</b>	TIPO II
20	27.9%	50.3%	21.8%	6	4	6.25	<b>16.25</b>	TIPO II
22	28.9%	43.8%	27.3%	7.5	5.5	4.75	<b>17.75</b>	TIPO II
23	25.4%	51.0%	23.6%	6	6.5	5.25	<b>17.75</b>	TIPO II
3	39.3%	35.9%	24.9%	4.5	4	4.25	<b>12.75</b>	TIPO III
4	30.6%	30.4%	39.0%	1.5	4	2	<b>7.5</b>	TIPO III
6	39.2%	35.9%	24.9%	3	5	4.25	<b>12.25</b>	TIPO III
7	31.0%	48.6%	20.5%	1.5	4	2	<b>7.5</b>	TIPO III
9	31.0%	46.7%	22.3%	1.5	4	2	<b>7.5</b>	TIPO III
12	37.9%	42.5%	19.6%	2.5	4	4.75	<b>11.25</b>	TIPO III
17	27.3%	48.8%	23.9%	3	5	0	<b>8</b>	TIPO III
18	22.4%	42.8%	34.7%	4.5	5	0	<b>9.5</b>	TIPO III
24	22.6%	50.0%	27.4%	3	5	2	<b>10</b>	TIPO III
11	30.1%	47.4%	22.5%	0	3	1	<b>4</b>	TIPO IV
14	29.6%	35.3%	35.2%	1.5	2.5	1	<b>5</b>	TIPO IV
15	34.8%	44.0%	21.3%	1.5	4	0	<b>5.5</b>	TIPO IV
16	28.8%	50.1%	21.2%	1.5	3	0	<b>4.5</b>	TIPO IV
21	28.8%	45.4%	25.8%	2	1	1.5	<b>4.5</b>	TIPO IV

*Tabla 18 Grado de industrialización en cada proyecto*

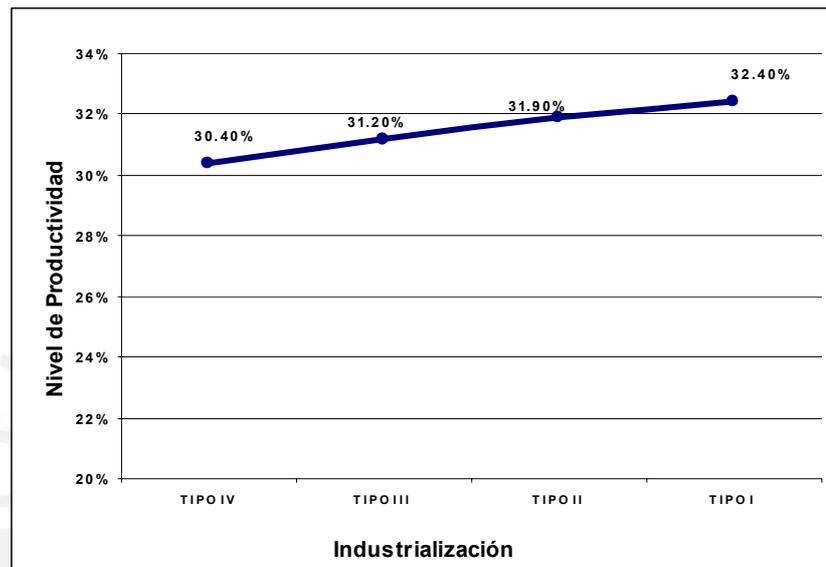
Cantidad de obras	TP	TC	TNC	MECANIZACIÓN	USO DE PREFABRICADOS	ESTANDARIZACIÓN Y MODULACIÓN	TOTAL	TIPO
5	32.40%	43.0%	24.5%	7.8	7.4	7.4	<b>22.6</b>	TIPO I
7	31.90%	43.1%	25.0%	6.1	5.0	5.8	<b>16.9</b>	TIPO II
9	31.20%	42.4%	26.3%	2.8	4.4	2.4	<b>9.6</b>	TIPO III
5	30.40%	44.4%	25.2%	1.3	2.7	0.7	<b>4.7</b>	TIPO IV

*Tabla 19 Promedio del Trabajo productivo a partir del tipo de Industrialización*

#### 4.3. Relación del Grado de Industrialización con el Nivel de Productividad

En el siguiente gráfico podemos observar la variación del nivel de productividad en las obras en función del grado de industrialización. Se aprecia una relación directa entre estos dos factores. Donde se obtuvo un nivel de 32.40% de productividad en las obras con el mayor nivel de industrialización (Tipo I).

##### Relación entre el Nivel de Productividad y el Grado de Industrialización



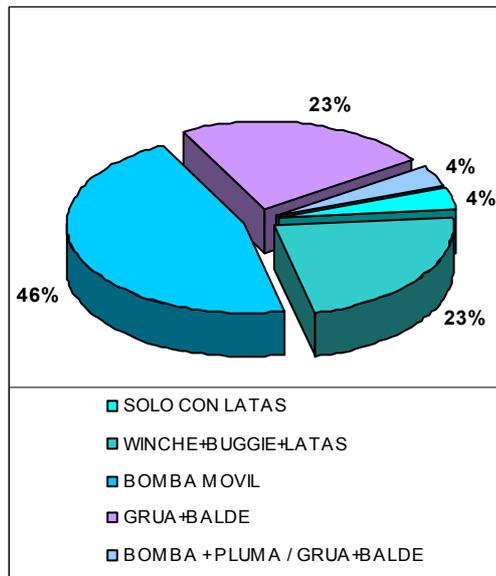
Como se esperaba existe una relación entre el nivel de industrialización y el porcentaje de trabajos productivos. Pero esta relación no es tan significativa, que puede ser debido a que las construcciones que invierten en industrializarse no la utilizan de manera adecuada, muchas veces porque siguen usando gran cantidad de mano de obra.

De una manera similar a la mostrada en el análisis por el tipo de gestión, podemos apreciar que las obras con un nivel alto de industrialización no presentan gran cantidad de habilitaciones, debido a que el usar elementos prefabricados reduce la cantidad de estas actividades. Por ejemplo la actividad de habilitar acero en obra, se evita cuando se utiliza acero dimensionado o en el caso del encofrado, el uso de elementos prefabricados, llámese metálicos o fenólicos, sustituye la habilitación y preparación de madera.

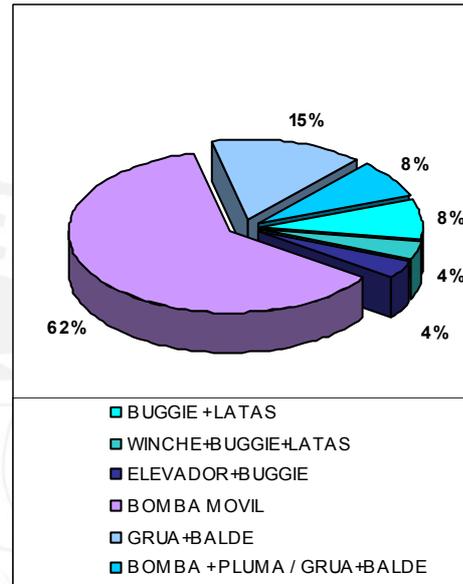
A continuación se presentan los resultados acerca del uso de las diferentes opciones en el mercado de mecanización y prefabricación.

### Mecanización

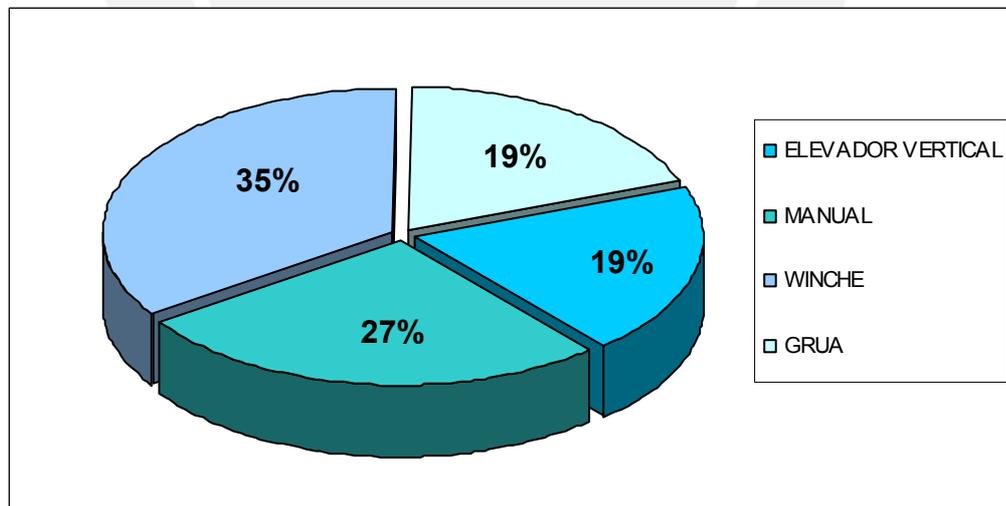
**EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL VACIADO DEL CONCRETO DE ELEMENTOS VERTICALES (COLUMNAS-PLACAS)**



**EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL VACIADO DEL CONCRETO DE ELEMENTOS HORIZONTALES (LOSAS-VIGAS)**

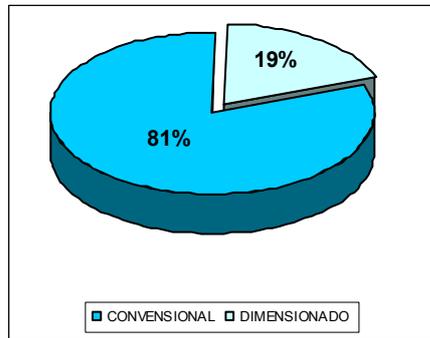


**EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES**

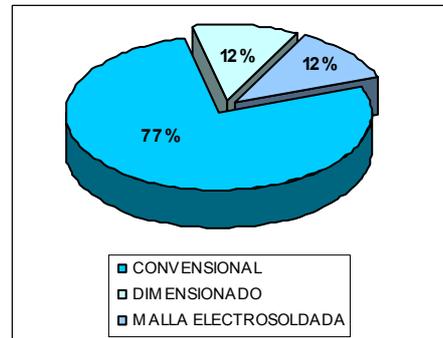


Uso de Elementos Prefabricados

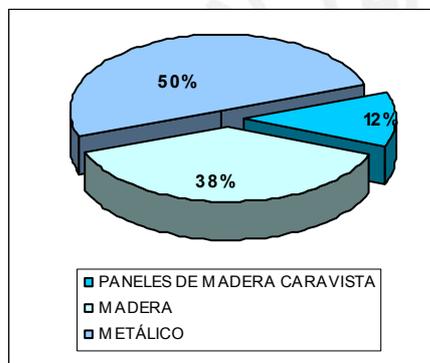
**ACERO VERTICAL  
(COLUMNAS-PLACAS)**



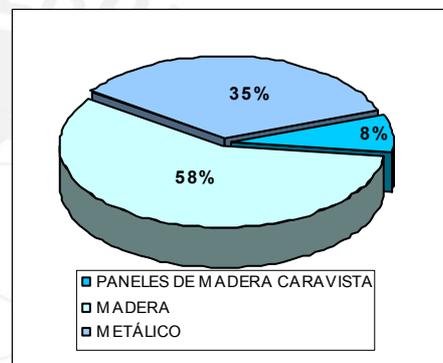
**ACERO HORIZONTAL  
(LOSAS-VIGAS)**



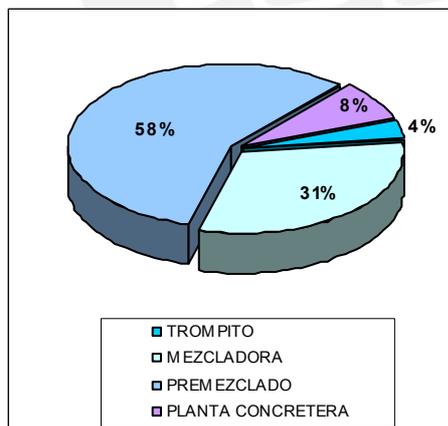
**ENCOFRADO VERTICAL  
(COLUMNAS-PLACAS)**



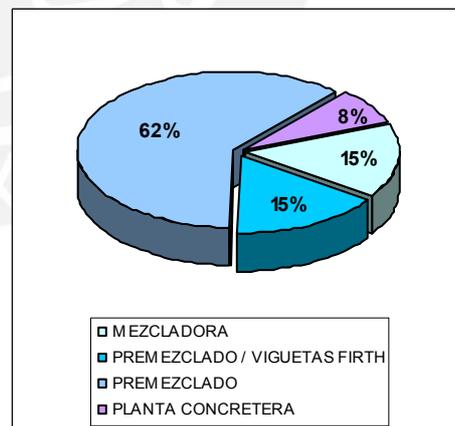
**ENCOFRADO HORIZONTAL  
(LOSAS-VIGAS)**



**PREPARACIÓN DE CONCRETO  
PARA ELEMENTOS VERTICALES**



**PREPARACIÓN DE CONCRETO  
PARA ELEMENTOS HORIZONTALES**



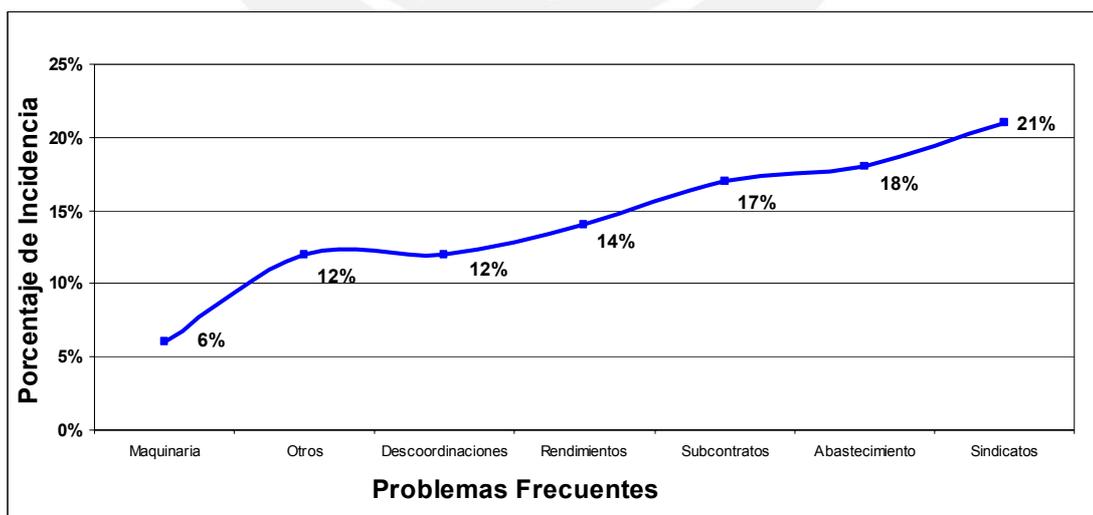
## 5. Resultado de las encuestas

Una de las preguntas realizadas a los residentes de obra fue cual es principal problema que genera atrasos en obra, resultando que para las obras el mayor problema que generan los atrasos son los sindicatos con un 21%.

PROBLEMAS FRECUENTES	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
<b>Sindicatos</b>	21%
<b>Abastecimiento</b> , principalmente concreto premezclado	18%
<b>Subcontratos</b> , No cumplen con las condiciones establecidas, plazos	17%
<b>Rendimientos</b> , Cuando no se cumplen los plazos establecidos	14%
<b>Descoordinaciones</b> , Cambios repentino, Falta de compatibilización en el diseño	12%
<b>Otros</b> , como problemas financieros, trámites públicos	12%
<b>Maquinaria</b> en mal estado	6%

*Tabla 20 Principales problemas que generan atrasos*

### Problemas en obra más frecuentes que generan atrasos



También resultó que en un 73% de obras la partida que genera mayor cantidad de horas extras es el vaciado de concreto principalmente el de losa.

## Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo, plantearemos conclusiones y recomendaciones a partir de la investigación realizada y la experiencia obtenida al visitar 26 obras de edificación para vivienda en Lima Metropolitana. Estas conclusiones serán presentadas en dos partes; la primera corresponde al análisis de la relación entre tipo de gestión con el nivel de productividad y la segunda referida al estudio de la relación entre el grado de industrialización con el nivel de productividad.

Como definimos en los capítulos anteriores, analizamos el tipo de Gestión definiéndola como la organización de la planificación, ejecución y el control de la obra, analizando los proyectos de una manera general. Lo que no ocurre con el grado de industrialización donde analizamos este tema de una manera mas detallada.

Dentro de las Recomendaciones, presentamos “Dirección para Futuras Investigaciones”, donde planteamos una crítica al indicador usado en el presente estudio, así como planteamos nuevas formas de medición de la productividad para futuros trabajos.

### Conclusiones por Tipo de Gestión

#### Identificación de los problemas

Con los resultados obtenidos vemos que en comparación con el año 2000; el nivel de productividad no se ha incrementado de manera significativa, lo cual implica que, aunque se ha iniciado la implementación de las nuevas filosofías de gestión, aún existen muchas obras con un nivel de gestión inadecuado. La anterior afirmación se pudo apreciar durante las visitas a obras y se ve reflejado en los resultados obtenidos de las encuestas; como mostraremos a continuación.

#### Diseño de procedimientos de construcción

A partir de las encuestas realizadas a los residentes y encargados de la planificación, resultó que más del 50% no diseña los procedimientos para sus partidas, dejando a criterio de los obreros dichas labores; los encargados de obra sostienen que su personal tiene experiencia, lo que puede ser cierto; pero ellos no

conocen las necesidades específicas que involucra el proyecto, que para un mejor avance de obra debería estar indicado por el profesional responsable.

### Transmisión de la planificación

Para una buena ejecución del proyecto, es necesaria una adecuada transmisión de la planificación, siendo necesario especificar bien las tareas y los avances a cumplir.

A partir de las encuestas podemos decir, que el 75% de las obras realizan una planificación de manera verbal, sin ninguna especificación escrita; que muchos casos genera problemas como: malos entendidos, trabajos mal ejecutados o que necesitan volver a ejecutarlos.

### Equipo encargado de la planificación

Para una adecuada planificación es necesario que estén involucrados además del residente, el personal técnico, los subcontratistas y los demás participantes en el proyecto. Se encontró que en el 40% de las obras el encargado de la planificación sólo era el residente y que la planificación era realizada a partir de su experiencia.

### Planificación y distribución de la mano de obra

Una adecuada distribución de los recursos es importante para no generar pérdidas en el proceso constructivo, especialmente si hablamos de la mano de obra, por ello es necesario que el personal responsable de ello este capacitado y enterado de la planificación y su distribución. En el presente estudio encontramos que en más del 50% de las obras, la distribución de la mano de obra es realizada principalmente por el maestro de obra, que lo realiza a partir de su experiencia.

### Control

Con el objetivo de controlar la adecuada gestión de la obra es apropiado realizar informes del avance y rendimiento del proyecto. En Lima sólo el 40% de las obras realizan informes periódicos, un 25% tienen un proceso de actualización de la planificación a partir del avance y rendimiento del personal de una manera adecuada, un 40% no realizan ningún tipo de actualización de la planificación.

### Capacitación

La capacitación al personal también es un punto clave para poder mejorar la productividad, se encontró que en las construcciones sólo el 20% de las obras realizan capacitaciones programadas al personal.

## Causas

### Coordinación entre especialidades

En la realización de proyectos de vivienda en nuestro país, se tienen etapas bien diferenciadas, primero el propietario contrata arquitectos que diseñan el proyecto, posteriormente se entrega el diseño a los ingenieros: estructural, sanitario y eléctrico.

Tras la conclusión de los trabajos de diseño, se inicia el proceso de construcción, de cuyo proceso se encarga el constructor de la obra, residente, que a partir de lo establecido en las anteriores etapas, procede a revisar el proyecto adaptándose a los cronogramas ya establecidos.

Este proceso de adaptación, trae consigo revisiones y cambios que los anteriores participantes no tomaron en cuenta. Esto puede ocurrir antes y/o después de la construcción del proyecto, donde este último es el que genera mayor cantidad de pérdidas.

Además hemos podido observar que generalmente en las obras ocurren cambios imprevistos, muchas veces debido a nuevos requerimientos del cliente o nuevas opciones que aparentemente pueden resultar más económicas. Estos cambios generan descoordinaciones y conflictos en la obra; a veces estos cambios no pueden resultar tan beneficiosos como se tenía pensado.

La falta de coordinación entre las especialidades involucradas, y el corto tiempo que se le da a cada uno para poder analizar el proyecto conlleva a incurrir en muchos errores y por lo tanto pérdidas en el proyecto.

### Subcontratos

Una de las posibles causas de una inadecuada planificación, es el hecho de tener personal subcontratado; esto hace que el contratista se despreocupe de la forma como se ejecuta el trabajo, sólo verifica que se haya realizado de una forma adecuada, y no trabajan de manera conjunta y coordinada con ellos.

### Sindicatos

Otra causa de la baja productividad en las obras, es sin duda la existencia de sindicatos que no se dedican a buscar el bienestar de los obreros, y busquen más sus propios beneficios económicos.

### Forma de Pensar

Algo muy importante y trascendente es la forma de pensar de los involucrados en la construcción, muchas veces ésta es la principal barrera para que no se logre una mejora en la construcción, se debe comenzar por el cambio de los paradigmas, el *“dejar de hacer lo mismo, porque así siempre se ha hecho y así funcionó”*

A partir de las visitas realizadas se observó, que es frecuente en la construcción, hacer las cosas a última hora o cambios a último momento y traen consigo una gran cantidad de errores que son generadores de pérdidas.

Otro punto, es el hecho que siempre se busca la oferta mas barata, y no se toma en cuenta efectos de calidad o seguridad, esto es debido principalmente a que en la rama de la construcción se vio informalidad en la manera de ejecutar los proyectos.

### Personal temporal.

Uno de los problemas que vimos es la poca inversión de las empresas en la capacitación a su personal, como manifestaron algunos residentes de porque no realizaban una capacitación, era que *“éste personal como es temporal el invertir en su capacitación no va ayudar en nada”*.

Pero esto es una gran barrera, porque el motor de la construcción es la mano de obra, y si no se invierte en su capacitación, nunca se podrá mejorar la forma y la calidad de la construcción

## Conclusiones por Grado de Industrialización

En esta sección se presentarán los principales problemas en nuestro medio que limitan el aumento del nivel de mecanización, prefabricación, estandarización y modulación, a los que en este trabajo denominamos la implementación de la industrialización y las causas que los generan.

Como producto de la actual investigación encontramos que el 40% de las obras de edificación para vivienda en Lima Metropolitana no utilizan las opciones de industrialización que ofrece el mercado, si lo hacen es de una forma insipiente.

Dentro de las hipótesis que se plantearon en el presente trabajo, se sugirió que a mayor grado de industrialización, mayor será el nivel de productividad de la mano de obra, lo que implicaría que a mayor grado de industrialización las empresas tendrán mayor probabilidad de lograr éxito económico. Si esta hipótesis es cierta entonces las decisiones que están tomando las empresas del medio no son las mejores.

Por otro lado elevar el nivel de industrialización, aplicando mecanización y prefabricación, sin un análisis podría resultar contraproducente ya que esta acción siempre debe ir acompañada de ciertas condiciones que garanticen el uso adecuado de la opción aplicada.

### Identificación de los problemas

Los siguientes problemas son los que se han identificado en las obras durante el trabajo de campo y se han cuantificado a través de observaciones directas, encuestas y entrevistas.

#### Mecanización incipiente

Como resultado de la presente investigación se ha encontrado un uso limitado de maquinaria, un bajo nivel de mecanización.

En el caso del transporte los resultados indican que en el 35% de obras el único medio transporte de materiales es el winche y en casi el 30% de obras el transporte se realiza de manera manual.

### Uso limitado de elementos prefabricados

A partir de las encuestas realizadas, podemos afirmar lo siguiente, acerca del uso de elementos prefabricados (concreto, encofrado y acero)

- De las obras analizadas alrededor del 20% usaban acero dimensionado,
- El 50% de las obras usan encofrado metálico para los elementos verticales y solo el 35% lo usan para las losas
- En relación al concreto premezclado pudimos observar que en el 55% de obras lo usan para elementos verticales, pero casi el 80% de obras lo utilizan para el vaciado de losas.

### Bajo nivel de estandarización

Casi el 30% de los proyectos son realizados sin ningún tipo de estandarización, nos referimos a que en estos proyectos no se tenían pisos típicos o departamentos típicos. Lo que es ideal si se están construyendo viviendas económicas.

### Desconocimiento de modulación

En más del 40% de las obras visitadas no se tomó en cuenta para el diseño la modulación de elementos para facilitar las actividades en el momento de la construcción, que generalmente eran las obras donde se actuaba de forma independiente el diseño y la construcción, donde se contrataba a un constructor.

## Causas

### La inestabilidad económica del mercado y la magnitud de los proyectos

Como planteamos, existe un bajo nivel de mecanización, en el caso específico el transporte, esta afirmación hay que enmarcarla dentro del contexto de la realidad de los proyectos de construcción de edificaciones para vivienda en Lima. Del total de obras que se han investigado tan solo el 15% son obras masivas para vivienda, lo que significa que en estas, el proyecto comprende la construcción de más de 100 departamentos. Esto se debe principalmente a que la capacidad de inversión de la mayoría de empresas de nuestro medio es limitada. Por lo tanto no pueden invertir en obtener maquinaria para poder realizar proyectos de manera masivas.

La limitada inversión se debe a la inseguridad que tienen los constructores e inversionistas a cerca de la estabilidad del mercado. Para que exista inversión de parte de las empresas privadas, es necesario que se encuentren en un medio donde haya un panorama con estabilidad económica, para que se pueda tener cierto grado de seguridad.

### Mano de obra barata[frlm6]

En el caso de la mano de obra consideramos dos temas; primero el caso del costo de la mano de obra en el mercado local, en general, como país “en vías de desarrollo” y segundo el caso de los sueldos que se pagan en la realidad en la mayoría de las empresas del medio.

Respecto al primer tema, los sueldos en general en los países de la región no son altos; a un trabajador capacitado, operario, se le paga según la ley alrededor de 10 soles la hora., lo cual no es ni la tercera parte de lo que gana en un país desarrollado como por ejemplo en EE.UU. un obrero de construcción calificado gana en promedio 17 dólares por hora. En cambio el costo de maquinaria en un país desarrollado en muchos casos, resulta ser menor al costo de la misma máquina en un país como el nuestro. Esto se debe a distintos motivos como:

- Mayor oferta de alta industrialización en maquinarias, elementos prefabricados, empresas de asesoría, etc.,
- Mejores vías de comunicación lo que impacta en menores precios de transporte.

Adicionalmente a lo ya mencionado también hay que considerar la situación que genera la informalidad. En nuestro país una gran cantidad de empresas no paga los sueldos de acuerdo a ley, y no existe un organismo con la capacidad de controlar y regularizar esta situación. Además el sindicato de trabajadores de construcción civil que debería velar por el cumplimiento de estos derechos está avocado a alcanzar sus propios intereses antes que los de la mayoría de los trabajadores del gremio. Esta realidad se traduce en presupuestos en donde la mano de obra es realmente barata y por lo tanto las opciones de industrialización que se presenten en el mercado tienen barreras más altas que vencer.

El que exista en el país mano de obra barata, trae muchas veces problemas, que generalmente no se toman en cuenta cuando se realizan análisis económicos, utilizados para decidir entre su uso, alquiler, compra de equipo o uso de elementos prefabricados. Problemas como la mala calidad del trabajo, bajos rendimientos, problemas con el sindicato, etc., no pueden ser cuantificados en los análisis.

### Idiosincrasia de los involucrados en los proyectos de construcción

Una barrera que impide el aumento del nivel de industrialización es la manera de pensar de la gente involucrada en la construcción que debido a desconocimiento o al temor al cambio prefieren utilizar los procesos constructivos tradicionales.

### Variabilidad en el tipo de proyecto

Desde el punto de vista de la concepción del proyecto hay dos tipos de empresas constructoras: las empresas que adicionalmente a construir han concebido el proyecto, generalmente inmobiliarias, y las empresas que no tienen mayor participación en la concepción del proyecto, las contratistas.

Ambos tipos como cualquier otra empresa tienen el objetivo de maximizar la generación de utilidades. Con ese fin es usual y aparentemente conveniente que estas busquen trabajar la mayor cantidad de proyectos; al hacer esto en muchos casos diversifican su trabajo, realizan proyectos de diferentes características.

Dentro del rubro de construcción de edificaciones hay una oferta bastante amplia de equipo especializado para cada uno de los diversos trabajos que se presentan, esta especialización responde al requerimiento de mayor rendimiento a un menor costo, mayor productividad por ello la variabilidad de los tipos de proyecto impacta generando mayores gastos en equipo u ocasiona que se use equipo inadecuado.

## Recomendaciones

En esta sección planteamos recomendaciones a partir del análisis obtenido y de las visitas realizadas a 26 obras durante los meses de Abril a Agosto del 2005.

Primero, sugerimos que en los proyectos debería haber una adecuada y oportuna comunicación entre los especialistas para poder coordinar los detalles a ejecutar; este es uno de los principales problemas que trae consigo muchos errores posteriores; ejemplo, brindar la información adecuada a los participantes, como es el caso de los proveedores, que a veces se les proporcionan planos no actualizados y eso genera problemas. Si existieran cambios posteriores en el proyecto, deben ser comunicados a todos los involucrados en el mismo, para que se tomen las medidas correctivas necesarias.

Otro aspecto, es la posibilidad de crear sociedades o convenios para poder trabajar de una manera conjunta y coordinada proyectos integrales, mejorando de manera continua no solo el trabajo del grupo de profesionales, también de igual forma el grupo conformado por los obreros calificados.

A partir de las visitas realizadas podemos ver que existe un gran potencial de mejora en el ámbito de la aplicación de la industrialización; hablamos de la introducción de maquinaria, uso de elementos prefabricados y la constructabilidad tomando en cuenta aspectos como la modulación y estandarización.

Si se piensa construir viviendas económicas, se debe tener en cuenta el aspecto, por tanto es necesario estandarizar y modular los proyectos; para que en el momento de la construcción las pérdidas disminuyan.

En el ámbito de la industria de la construcción vemos que en muchas obras aún se siguen construyendo de manera tradicional, en comparación con la industria manufacturera; por lo que proponemos industrializar los proyectos, tratándolos como productos.

El aumento de la industrialización debe de ir de la mano con la manera de gestionar y de organizar la obra; el hecho de adquirir o utilizar maquinaria no implica que la obra va mejorar su productividad sino se trabaja en forma conjunta y organizada; por ejemplo el hecho de tener una grúa no implica que por sí sola

generará más ganancias, sino es necesario organizar adecuadamente; se observó que en muchas obras donde se usaba grúa, todo el personal obrero esperaba que la grúa transporte todo, esto generaba muchas veces que los trabajos se retracen generando pérdidas.

A veces el hecho de adquirir equipos nuevos, o usar un nuevo sistema de construcción genera en el personal obrero una resistencia al cambio, por ello es necesario que las empresas inviertan en la capacitación de todo el personal, no sólo cuando se adquiera nuevos equipos, sino que sea de una manera continua, para enseñarles y orientarles que estos equipos de alguna manera harán que el trabajo que realicen sea mas eficiente y fácil.

El modular en la etapa de diseño, tiene que estar bajo la responsabilidad de personal capacitado, que conozca bien el proceso constructivo, los elementos a utilizar, así también como sus propiedades; ejemplo en el uso de paneles, es necesario conocer bien las dimensiones, características de los mismos y las posibles variaciones de sus medidas, para poder hacer un diseño adecuado. Otro ejemplo es en el caso de ventanas, se debe tener en cuenta los elementos que se van a utilizar, por ejemplo en el caso del aluminio, las varillas vienen de 6 metros, entonces sería conveniente diseñar ventanas de 1.00, 1.20 o 1.50. Pero en obra como las barras de aluminio se cortan en los extremos, 0.50 o 1 cm. antes de colocarlas, es necesario al momento del diseño dimensionar las ventanas con 1 o cm. menos. Esto refleja que es importante conocer el proceso constructivo al momento de estandarizar o modular.

## Dirección para futuras investigaciones

### Critica al trabajo

Las consideraciones utilizadas para clasificar las actividades según el tipo de trabajo, comenzaron con definir las actividades que son productivas, para ello utilizamos el criterio propuesto por Lauri Koskela en 1992 a cerca de la forma en la cual se considera la producción. Koskela dentro de su teoría de producción indica que esta, la producción, ha sido considerada como un proceso en el cual se genera valor.

En el marco de esta teoría se define el valor desde el punto de vista del cliente, de esta forma podemos identificar las actividades en las cuales se genera valor contrastándola con el siguiente pensamiento: “Nuestro cliente esta dispuesto a pagar más si es que esta actividad es realizada”. Donde, para este trabajo, definimos al cliente como los futuros propietarios de los departamentos, y como el producto a los departamentos o viviendas.

Este concepto de la “generación de valor” es útil para definir a grandes rasgos que actividades generan valor y cuales no, pero resulta difícil definir objetivamente que es lo que valora un cliente específico, cuando se realiza un análisis detallado del conjunto de actividades que realizan los trabajadores en una obra de construcción. Por ejemplo al analizar el proceso de levantamiento de muros de albañilería (de ladrillos de arcilla) identificamos entre las actividades a una, humedecer los ladrillos, para la cual fue subjetivo el análisis que se uso para definirla como productiva o contributoria.

Analizando con el criterio de “valor para el cliente” podemos suponer varios posibles pensamientos del cliente, uno podría ser, que él valora la existencia del muro levantado por lo tanto a él no le importa si humedecemos o no los ladrillos antes de su colocación y por lo tanto no está dispuesto a pagar más.

Otro posible pensamiento podría ser, que él valora el hecho de que el muro funcione de una manera adecuada y por consecuencia valora las actividades que los trabajadores realizaron con este fin entre las cuales estaría incluida humedecer los ladrillos.

El objetivo para la clasificación del tipo de trabajo de las actividades que se realizan en obra, es saber cuales son las que están ocasionando costos y no están aportando valor a la obra, para luego tomar medidas para su disminución o eliminación en lo posible.

Mas allá de que no podamos conocer con exactitud que valora un cliente específico es importante tener una buena aproximación, para que a partir de ella los profesionales involucrados en la construcción, con un criterio más amplio, podamos definir que actividades son importantes que se realicen para garantizar que el cliente reciba un producto acorde a su expectativa.

### Direcciones para futuras investigaciones

Un nuevo enfoque para poder cuantificar la productividad de las obras, puede ser a partir de un análisis general de la obra como es la nueva propuesta del Ing. Ernesto Valle donde plantea poder medir la productividad a partir de los metros cuadrados de obra total construida entre la cantidad de hombres día total, donde se incluirían a todo el personal involucrado, grupo de profesional responsable, obreros y hasta al personal de vigilancia ( $m^2/hd$ ). Este enfoque puede ser un indicador de la productividad pero no indica en donde están las pérdidas, para poder corregirlas.

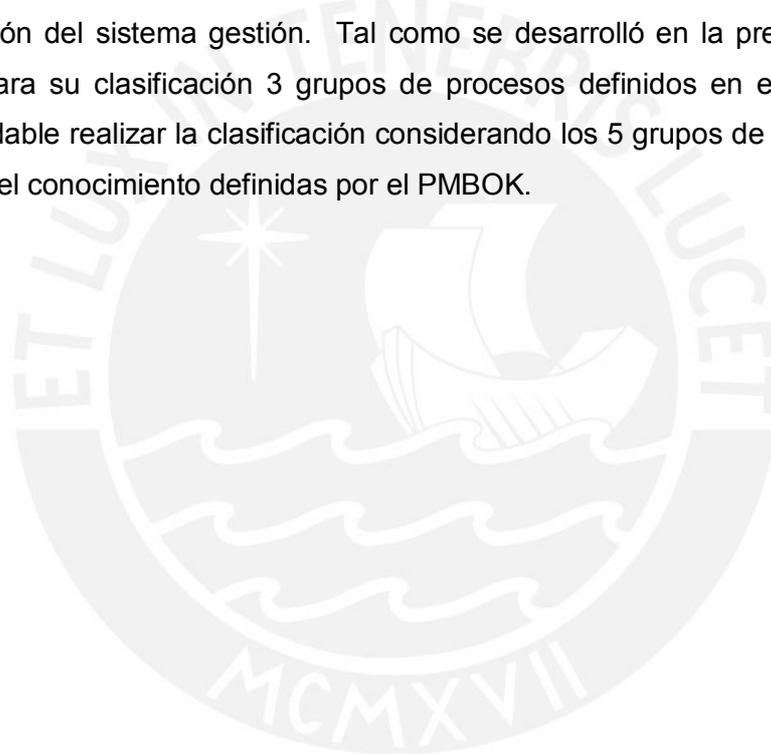
Otro enfoque planteado por Valle, pero para poder comparar a las empresas, es a través de la división entre el monto de la obra, o el monto de venta total o de construcción entre la cantidad de hombres año, que es la cantidad total de personal que tengo en la empresa trabajando. ( $M\$/ha$ ), pero esto puede a veces resultar difícil porque las empresas no tienden a dar información de sus costos.

Estos enfoques son una nueva propuesta para poder medir de alguna manera la productividad y compararla, pero son datos obtenidos finalizado el proyecto, lo que propondríamos es que estas mediciones se realicen de manera continua durante la construcción de la obra y poder realizar un control, para que durante la construcción de la obra se pueda tomar las medidas respectivas.

Uno de los objetivos del presente trabajo fue el de hacer una comparación del nivel de productividad actual en las obras de edificación con el medido en el año 2000; para ello, debido a que definimos una clasificación diferente de los tipos de trabajo,

fue necesario hacer una medición de forma que los resultados puedan ser analizados de las dos maneras deseadas. Con el fin de simplificar el trabajo de forma que se puedan realizar las comparaciones lo más adecuado sería uniformizar la forma en la que este se realiza.

En el presente trabajo hemos identificado dos criterios en los que proponemos se uniformice. Primero la clasificación de los tipos de trabajo, mencionada anteriormente, si bien es cierto que es discutible cualquier definición por las razones indicadas en la crítica anterior, es también recomendable, con el propósito de simplificar el trabajo, establecer una clasificación para que sea usada en adelante. El segundo criterio el cual recomendamos se estandarice es el de la clasificación del sistema gestión. Tal como se desarrolló en la presente tesis se usaron para su clasificación 3 grupos de procesos definidos en el PMBOK, es recomendable realizar la clasificación considerando los 5 grupos de procesos o las 9 áreas del conocimiento definidas por el PMBOK.



## Bibliografía

Los siguientes paper de la página del Lean Construction.

<http://www.leanconstruction.org/>

**Howell, Gregory A.**

**What is Lean Construction, 1999**

**Bertelsen, Sven**

**Towards and understanding of lean construction, Bridging the gaps, 2002**

**Ballard, Herman Glenn**

**The Last Planner System of Production Control**

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham para el grado de Doctor de Filosofía, 2000

**Koskela, Lauri**

**Application of the new production philosophy to construction**

CIFE Technical Report №72 , Stanford University, 1992

**Koskela, Lauri - Ballard, Herman Glenn - Howell, Gregory A.**

**Archiving Change in Construction**

**Marosszky, Marton - Karim, Khalid – Davis, Steve – Naik, Nitin**

**Lessons Learnt in Developing Effective Performance Measures for Construction Safety Management**

**Pasquire, Christine –Connolly, Gary**

**Design for Manufacture and Assembly**

**Maturana, Sergui - Alarcón, Luis – Vrsalovie, Mladen**

**Archiving Collaboration in the Construction Supply Chain: an onsite Subcontractors' Evaluation Methology**

(PMBOK® Guide)

**Una Guía de los Fundamentos de una Dirección de Proyectos**

Project Management Institute, 2000

**Ghio Castillo, Virgilio**

**Guía para la innovación tecnológica en la construcción**

Ediciones Universidad Católica de Chile, 1997

**Ghio Castillo, Virgilio**

**Productividad en obras de construcción diagnóstico, crítica y propuesta**

Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001

Universidad Andrés Bello

**Estudio e Implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos  
“Lean Construcción”**

**Kanawaty, George**

**Introducción al Estudio del Trabajo**

Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra  
1998

**Serpell, Alfredo**

**Administración de Operaciones de Construcción**

1993

**Starr, Martin K.**

**Modular Production – a New Concep**

Ediciones Deustri S.A. 1955 - Barraincúa

**Revista Bit**, Reportaje Especial – Majluf Z., Viviana

**Índice de Productividad en la Construcción ¿Mito o Realidad?**

Junio, 2001

**Revista Bit**, Puntos de Vista

**Cambio de Gestión en la Industria de la Construcción**

Junio, 2002

**Revista Bit**, Investigaciones – Grillo U., Alejandro y Freire B., Javier

**Sistema Nacional de Benchmarking para el Sector Construcción**

Junio, 2002

**Seminario Internacional de “Ventajas Competitivas en la Construcción”**

Noviembre, 2005