

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

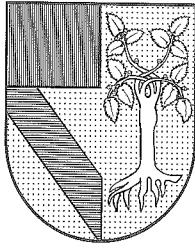
CAMPUS GUADALAJARA

***“REDUCIENDO EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA EN
SERIE”***

Carlos Enrique Magaña Díaz Durán

Tesis presentada para optar por el grado de
Maestro en Administración de la Construcción
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., 12 de Marzo 2013



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Mayo 2013

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que Sr. Carlos Enrique Magaña Díaz Duran, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

“REDUCIENDO EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA
EN SERIE “

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Escuela de Ingeniería Civil y Administración

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION

TESIS

REDUCIENDO EL TIEMPO DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA EN
SERIE.

La utilización de moldes tipo túnel y un enfoque de tipo industrial en los procesos de construcción,
como herramienta para lograrlo.

Presentada por

Arq. Carlos E. Magaña Díaz Duran

Guadalajara, Jalisco Marzo de 2013



Construction Project Management
ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Escuela de Ingeniería Civil y Administración

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION

TESIS

REDUCIENDO EL TIEMPO DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA EN
SERIE.

La utilización de moldes tipo túnel y un enfoque de tipo industrial en los procesos de construcción,
como herramienta para lograrlo.

Presentada por

Arq. Carlos E. Magaña Díaz Duran

Tesis presentada para optar por el Grado de Maestría en Administración de la Construcción con
reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la SECRETARIA DE EDUCACION
PUBLICA, Según acuerdo número 994188 con fecha 9 de VII 1999

Director de Tesis.

Dr. Sergio Velázquez Rodríguez.

Guadalajara, Jalisco Marzo de 2013



Construction Project Management
INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Escuela de Ingeniería Civil y Administración

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a las personas e instituciones que de alguna forma u otra, colaboraron para que ésta se convirtiera en realidad.

A Dios, por darme la fortaleza, paciencia y sabiduría para llevar adelante el reto.

Al amor de mi vida, mi esposa Genoveva.

A la inspiración de mi esfuerzo, mis hijos Christian y Andrea.

A mi inspiración espiritual, mi madre Patricia.

A mi ejemplo profesional, mi padre Carlos.

Al apoyo y paciencia durante los meses de abandono en la guía del trabajo,

Mis colaboradores de MDD Construcciones S.A. de C.V.

Mireille, Norma, Laura, Arcelia, Rocío, Karla, Aarón, Antonio.

A mi Director de Tesis, Dr. Sergio Velázquez.

A mi asesor de Tesis, Dr. Manuel Montenegro.

A la guía durante toda la maestría, mis maestros de la Maestría en Administración de la Construcción. En especial a los maestros Martín Deloya, Nissim Hasson, Lázaro Migoya, Alex Klug, Jorge Vanegas, y Diego Echeverry.

A mi escuela.

Universidad Panamericana Campus Guadalajara.



Índice.....	1
Prólogo.....	3
Capítulo I. Introducción.....	5
1.1 Descripción del Problema	6
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos.....	10
1.4 Alcance.....	11
1.5 Hipótesis.....	12
1.6 Metodología.....	13
1.7 Descripción.....	14
Capítulo II. Marco Teórico.....	17
2.1 El entorno general.....	18
2.2 Factores de Integración; La metodología Industrial.....	21
2.3 El campo de aplicación; El procesos de la Construcción.....	25
2.4 Selección de la Tecnología.....	27
2.5 Los sistemas de planeación eficaz y desarrollo de procesos industriales.....	30
2.6 El gran salto a la ejecución de proyectos de construcción más eficaces.....	31
2.6.1 La fuerza de trabajo.....	31
2.6.2 La metodología de los procesos.....	34
2.7 Ligando la producción de la vivienda a la entrega del producto al cliente final.....	37
2.8 Definición de la metas.....	38
2.9 Comentarios y opiniones.....	38
Capítulo III. El proyecto de investigación / La metodología.....	40
3.1 Introducción.....	41
3.2 Objetivos de la observación de campo y la encuesta.....	41
3.3 El diseño de la encuesta.....	43
3.4 La encuesta.....	44

3.5	El universo investigado.....	48
3.6	Análisis de datos.....	49
3.7	Resultados de la investigación de campo.....	65
3.8	Observaciones y Comentarios.....	68
Capítulo IV. Análisis de los resultados.....		70
4.1	Resultados cuantitativos y estadísticos.....	71
4.2	Como se relacionan las variables.....	72
4.3	Comprobación de la hipótesis.....	73
4.4	Observaciones y Comentarios.....	75
Capitulo V. Conclusiones.....		77
5.1	Introducción.....	78
5.2	La utilización de moldes tipo túnel y metodología de procesos de tipo industrial, como herramienta para reducir el tiempo de construcción de la vivienda en serie.	78
5.2.1	Resumen.....	78
5.2.2	Observaciones y comentarios.....	80
5.2.3	Recomendaciones.....	80
5.2.4	Otras líneas de investigación.....	81
Anexos.....		82
Glosario.....		89
Bibliografía.....		90

PRÓLOGO.

Desde las primeras etapas en el desarrollo de nuestra vida profesional como arquitecto, nos ha interesado mucho el estudio de los procesos de construcción, para lograr que éstos se lleven a cabo de una manera controlada y eficiente. En especial nos interesó el proceso de construcción de la vivienda en serie, tratando de ver éste desde un punto de vista de producción de tipo industrial. Entendiéndose la “producción”, como la suma de esfuerzos para llevar un conjunto importante de recursos y diversidad de actividades, desde las etapas de planeación y diseño, hasta la feliz conclusión, que es el obtener el producto de edificación completamente terminado.

¿Porqué entonces estudiar la vivienda en serie, y no otra tipología de arquitectura o construcción? La razón se encuentra precisamente en el hecho de ser éste el tipo de proyecto de edificación más demandado, y necesitado, que se produce en mayores cantidades dentro de la industria de la construcción.

Es por tal motivo, y viendo el análisis de su ejecución desde el punto de vista de la productividad, que éste es el tipo de edificación con mayor potencial de industrializarse. La cantidad de unidades similares producidas, con el consecuente riesgo de fallos, obliga la búsqueda de mejorar los rendimientos de producción y la calidad del producto final ofrecido, lo que hace necesario encontrar formas de acortar los tiempos de trabajo y reducir la posibilidad de errores, entre muchas otras variables dentro del proceso de edificación. Dice el Profesor Serpell;

Lograr construir sin pérdidas, se traduce en la tarea de identificar y reducir las actividades que no agregan valor.

La nueva tendencia organizativa de la administración de las empresas de construcción, “La gestión de operaciones”, identifica una serie de prioridades:

Costo

Calidad

Velocidad

Flexibilidad

Confiabilidad

Manejar cambios en la demanda

Flexibilidad y velocidad en la introducción de nuevos productos y servicios.

Otros criterios asociados al servicio/producto. (Serpell, 2005)

El desarrollo de la presente tesis, se enfocará primordialmente en demostrar que es posible lograr mayor velocidad de construcción, como consecuencia de la implementación de tecnología avanzada, aplicada a la construcción de la vivienda en serie.

La relación profesional que se ha tenido durante los últimos 7 años trabajando tanto dentro de una de las mas importantes empresas de vivienda en serie durante el año 2000 y 2001, así como asesorando a otras en el papel de consultor externo, nos ha dado la posibilidad de ver de cerca la problemática de este segmento de la industria, y las interesantes oportunidades que existen de mejora.

La realización de este estudio va fuertemente encaminada a lograr demostrar la relación dependiente que existe para mejorar la velocidad de producción, entre las prácticas de construcción conocidas como “tradicionales”, y aquellas donde se implementan procesos de construcción y herramientas de tipo industrial, en la edificación de este tipo de vivienda.

De esta forma se busca que se pueda traducir el presente estudio en aprendizaje para proponer recomendaciones y herramientas concretas para aquellos profesionales que se dedican a este segmento de la industria, y que les permitan dichas herramientas tener una ventaja competitiva en el mercado.

Igualmente se espera lograr un mayor entendimiento personal y adquisición de conocimiento acerca de este tema, que nos dé un importante crecimiento profesional.

Deseamos aclarar que este enfoque es limitado solo a una de las ventajas que se pueden lograr dentro de la industria en este sector específico, mas por limitaciones de tiempo y recursos que por falta de interés. Sin embargo la presente tesis puede servir como punto de partida para futuras líneas de investigación, como pueden ser la mejora de la calidad del producto terminado, la profesionalización del factor humano, y la dignificación de la vivienda que se construye masivamente mas conocida como vivienda social o popular.

CAPÍTULO I

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

El desempeño de la industria de la construcción, es uno de los indicadores económicos más importantes del país, y pieza clave en la generación de riqueza tanto en los países emergentes, como en los países industrializados. Es una de las industrias, y en especial en nuestro país, que menos desarrollo tecnológico ha tenido a lo largo de los años, en sus procesos de producción y entrega de un producto terminado de calidad. Elevar el estándar de vida de las personas, en países como el nuestro, es uno de los objetivos políticos y de desarrollo económico más importantes. La industria de la construcción es entonces un importante pedestal de desarrollo.

La creciente prosperidad, presiona a la industria de la construcción, que no puede evolucionar al mismo ritmo que el resto de las industrias. Los precios de la construcción aumentan. La sociedad necesita más edificios de todo tipo: vivienda, fábricas, escuelas, edificios públicos, oficinas, etc., pero el sector de la construcción está todavía caracterizado por procedimientos de producción pasados de moda y por anticuados sistemas de organización, por lo que su capacidad es inferior a la demanda, produciéndose escasez de vivienda, escuelas etc. (Nissen, 1972)

La gran mayoría de las empresas en México hoy día, siguen construyendo como se hacía hace miles de años, colocando bloque sobre bloque, con una mano de obra intensiva y poco calificada, ligando una gran cantidad de elementos que procesar y controlar, tanto en el sitio de la obra como en el taller. Esta situación favorece la posibilidad de cometer errores durante el proceso, y en consecuencia, provoca desfases en el tiempo de ejecución y entrega del producto. Se construye actualmente con muy pocas diferencias fundamentales contra las técnicas utilizadas desde hace años. Se ven solamente algunas mejoras aisladas en algunas partidas de trabajo del proceso global y en sus técnicas de ejecución. Se ha logrado industrializar con éxito algunos de los elementos accesorios de la construcción en casos muy específicos, como son componentes electromecánicos y equipos para las instalaciones. En piezas de acabados o sistemas tecnológicos especiales y equipos complementarios a la estructura principal de la edificación.

Especialmente la tipología de construcción de vivienda en serie, ha tenido un muy lento desarrollo tecnológico. No por falta de deseo o recursos de las empresas involucradas, sino por la falta de adopción de una filosofía de desarrollo de procesos eficientes. Esto es tanto en la gestión de procesos administrativos, como en la producción, de manera que se contemple desde un punto de vista de *PROCESO INDUSTRIAL*, el proceso global de construcción. Por ésta razón se han tenido avances muy segmentados, y en no pocas ocasiones, se ha complicado aun más el proceso y aumentado el tiempo de ejecución y costo final al tratar de efectuar mejoras, que con la utilización de los sistemas tradicionales de construcción

¿Por qué resulta una necesidad reducir el tiempo de los procesos de construcción, y en especial en la construcción de vivienda en serie? No solamente en México se ha buscado con interés el acercar a la industria de la construcción a métodos y tecnología más eficiente, que permita lograr las mejoras alcanzadas en la industria de manufactura.

“En las últimas tres décadas, la industria de la construcción en los Estados Unidos ha venido declinando, tanto en su participación del producto nacional bruto como en el porcentaje de crecimiento de la productividad. La calidad de la construcción ha decaído igualmente durante este periodo de tiempo. En contraste, la industria manufacturera Norteamericana ha logrado progresos significativos incrementando su productividad y la calidad de sus productos, al tiempo que reduce los tiempos de entrega. La industria manufacturera ha logrado esencialmente la transición de una industria de segunda clase a una de clase mundial.

Las mejoras en procesos de manufactura han incluido reducir la cantidad de esfuerzo humano, espacio e inventario necesario en la factoría, e incrementado la calidad y variedad de productos y la flexibilidad de las operaciones de manufactura...

Lean Construction (Construcción esbelta/magra) , es el proceso continuo de eliminación del desperdicio, logrando cumplir o excediendo los requerimientos del cliente, enfocándose en el flujo total agregando valor, y persiguiendo la perfección en la ejecución de un proyecto de construcción.

...estas mejoras en la cadena de valor se logran, en parte, con la eliminación del desperdicio”. (Diekmann et al.1999)

Para tratar de centrar la investigación en un campo específico del desarrollo de la tesis, tenemos entonces que hacernos las siguientes preguntas:

1. ¿La utilización de moldes tipo túnel en la construcción de vivienda en serie tiene la capacidad de forzar la industrialización del proceso de edificación, de manera que reduzca el tiempo de ejecución? *(Mas delante se define y aclara el tema acerca de los moldes tipo túnel, su aplicación y procedencia)*

-
2. ¿Una correcta planeación y la utilización de moldes tipo túnel aplicados a los procesos de construcción permiten industrializar el proceso, y reducir el tiempo de ejecución?
 3. ¿Qué efectos positivos adicionales tiene la utilización de moldes tipo túnel en el ahorro de tiempo en el proceso de construcción?
 4. ¿La implementación del proceso de construcción por estaciones de trabajo, reduce los tiempos del proceso de obra?
 5. ¿La estandarización (customización) de las partidas de trabajo al utilizar moldes tipo túnel, apoya la reducción de los tiempos de proceso de obra? *(En los procesos de construcción, se entiende una estación como una etapa de trabajo compuesta por varias partidas que componen una unidad cerrada de actividades completas y terminadas, como puede ser la “estación” de cimentación, de desplante de muros, de losa de entrepiso, etc.)*
 6. ¿Cual es el efecto directo de la utilización de moldes tipo túnel en la simplificación del proceso de construcción y la reducción de mano de obra artesanal, y como consecuencia de esto en la reducción del tiempo de ejecución?
 7. ¿Que efectos positivos se pueden presentar en el tiempo de ejecución, ante la posibilidad de evitar errores en el proceso de obra, considerando la utilización de moldes tipo túnel?

1.2 JUSTIFICACIÓN.

La inquietud personal relacionada con el tema de la eficiencia en la construcción, se ha dado durante el desempeño como arquitecto, dedicado sobre todo al diseño, ejecución y administración de proyectos de tipo comercial (proyectos de inversión destinados a la venta o renta) y la experiencia adquirida en los últimos 20 años de trabajo. Esta inquietud ha sido sobre todo alrededor de la temática relacionada con la posibilidad de lograr mejores resultados financieros para nuestra empresa, y consolidarnos en un mercado por demás competido como una empresa seria, y capaz de resolver la problemática y necesidades de nuestros clientes. El camino ha sido la búsqueda de herramientas que nos permitan ejecutar un producto de calidad,

tanto durante el proceso de construcción, como en el mismo producto final que recibe el cliente. Involucrando tanto las etapas de diseño y planeación, así como las propias de la ejecución, donde a lo largo de esos años he logrado pequeños avances y a un costo significativo.

En el desempeño de mi actividad profesional he visto la necesidad de identificar los puntos de quiebra que pueden llevar o no a un proyecto al éxito, para partir de ahí a la definición de soluciones, y desarrollar una práctica sistemática de estas mejoras, de manera que se puedan replicar, y por ende, nos permitan predecir el resultado final con una menor variabilidad.

Una de las áreas de interés para desarrollar el presente estudio, y en la que pretendo enfocarme, es precisamente la falta de aplicación de procesos industriales y sus controles en la construcción de vivienda en serie, de manera que traídos estos principios a la industria de la construcción, logren replicar los éxitos que se están teniendo en otras industrias como la manufacturera, las comunicaciones o el transporte, gracias a la implementación de procesos como el denominado LEAN (esbelto/magro/sin excedentes), y la utilización de moldes tipo túnel, que reduce los tiempos de ejecución, disminuye la utilización de mano de obra no calificada y mejora la calidad del proceso y producto final. Y manejado correctamente y con una orientación de planeación de proceso industrial, reduce importantemente el costo global de la obra. Por razones del alcance y el objeto de la tesis, no se pretende profundizar en la filosofía LEAN, que puede ser una línea de investigación muy interesante posteriormente, o para otras tesis. La notación de “proceso industrial”, aplicado a la construcción, busca principalmente la adopción de procesos estandarizados, de esquemas de línea de producción. La integración de “modelos” de trabajo replicables, y el uso de piezas modulares que se van integrando ordenadamente y en forma controlada al proceso masivo de producción.

Al final del estudio, el resultado no solo será con fines prácticos personales, sino que podrá aportar algunas ideas valiosas a otros profesionales dedicados a esta industria, aportando criterios funcionales dentro del proceso y valores medibles que permitan, como mencioné anteriormente, reproducir éstas mejoras y beneficios en futuros proyectos, sin importar la escala de estos, ya que una vez logrando aplicar dichos criterios, la duplicación positiva de estos resultados será evidente.

La suma a esta ecuación, con la utilización de moldes tipo túnel, será una condición que se estudiará superficialmente, desde el punto de vista del número ideal de viviendas que deberán contemplarse en un proyecto, para que su implementación sea redituable. Y dado que se pretende enfocar el estudio dentro del campo de acción de las empresas desarrolladoras de vivienda en serie, el resultado esperado será que la implementación de dicha tecnología efectivamente aporta beneficios al proceso.

Particularmente, la gran necesidad de vivienda popular en nuestro país que es servida por las empresas promotoras de vivienda de interés social de todos tamaños, genera un gran nicho de oportunidad para profesionales de la construcción que hoy día, siguen sistemas tradicionales de producción. La construcción orientada a la industrialización y la utilización de tecnología avanzada, como son los moldes tipo túnel, representa una gran ventaja competitiva, y son herramientas que nos permiten en un corto plazo:

- Sistematizar/customizar (customizar se entiende como el proceso de “adecuar” el resultado lo mas posible, a las necesidades del mercado-cliente) sus procesos disminuyendo las partidas de trabajo y elementos involucrados en el proceso, lo que permite reducir tiempos de ejecución.
- Reducir el esfuerzo humano (esfuerzo de los obreros de la construcción) aplicado a la producción y como consecuencia el tiempo de ejecución.
- Perfeccionar las partidas de trabajo y mejorar el control tanto en los tiempos como en los recursos consumidos en las mismas.
- Lograr mejores ciclos de producción por la disminución de errores en el proceso, y retrabajos.
- Eliminación del desperdicio no solo de materiales sino de tiempos y esfuerzos.

1.3 OBJETIVOS.

El objetivo principal es demostrar que la aplicación de moldes tipo túnel, nos permitirá reducir significativamente el tiempo de ejecución de obra y los fallos por errores del proceso de

construcción, mismos que redundan en retrasos, y por consiguiente, en la ampliación del tiempo de ejecución.

Con lo anterior se demostrará cuantitativamente los beneficios que se pueden lograr con la aplicación de procesos de construcción desde un punto de vista industrial y utilizando moldes tipo túnel.

La metodología a seguir para lograr el objetivo planteado es como sigue:

- La clara definición de las actividades a desarrollar, traducidas a un proceso con características industriales, que nos permite lograr un mejor control del mismo, y establecer previamente los puntos de quiebra que pueden preverse y evitarse.
- Esta definición nos permite desarrollar el plan de trabajo por estaciones, las que nos ayudaran a medir/controlar actividades globales terminadas, y no partidas individuales de trabajo.
- La generación del proceso por estaciones nos permite en seguida definir que partes son susceptibles de estandarización/customización, y elaborar ensambles en taller, previos a su instalación final en obra.
- Contando con un plan detallado de trabajo nos permite implementar criterios industriales de construcción.
- Esto nos permite entonces encontrar los puntos susceptibles de eliminación de desperdicios y estructurar las actividades Pull (jalar) en lugar de Push (empujar).

1.4 ALCANCE.

Por razones propias del tipo de estudio que representa la Tesis para la obtención del grado de Maestría de Administración de la Construcción y el tiempo limitado para elaborarla, será necesario restringir el alcance del trabajo, al análisis de las variables que afectan los procesos de construcción encaminados a la mejora del tiempo de ejecución en la etapa de construcción de la superestructura, basándonos en la experiencia obtenida a lo largo de los últimos seis años dedicados al diseño, construcción y administración de proyectos de vivienda en serie, y esto

restringido a los proyectos que se desarrollaron y se están llevando a cabo en la zona metropolitana de Guadalajara (Jal.) y la ciudad de Aguascalientes (Ags.)

Especialmente el estudio se centrará en aquellas empresas con las que se tuvo contacto directo e indirecto durante el desarrollo de dichos proyectos de vivienda y que fueron desde 1000 a 3000 unidades, del año 2001 a la fecha.

Se analizarán las razones relacionadas con los tiempos, involucradas en el proceso de construcción, por la cuales demostraremos que la implementación de moldes tipo túnel y de procesos de construcción con enfoque industrial, aportan grandemente a la reducción del tiempo de ejecución, problema que históricamente ha mermado la productividad y el desempeño de las empresas dedicadas a este sector de la industria.

Concretamente nos enfocaremos a la parte que tiene que ver con la definición de procesos y la planeación de los mismos en la etapa de construcción de la superestructura, para lograr un efectivo desarrollo industrial en campo, con la posibilidad de medir los resultados en forma puntual, y así poder prever con mayor precisión el éxito del proyecto, ya no con bases empíricas sino científicas.

Con estos dos elementos, el uso de un proceso de construcción industrial y moldes tipo túnel, se pretende llegar a conclusiones acerca de que ésta metodología es aplicable para así asegurar la eficiencia y productividad de los procesos ejecutados.

1.5 HIPÓTESIS.

Se demostrará la gran ventaja que existe en la utilización de moldes tipo túnel y procesos industriales, bajo los siguientes postulados:

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, reduce hasta en un 55% el tiempo global de ejecución de obra en la construcción de vivienda masiva, en comparación con sistemas tradicionales de construcción.
- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, simplifica el proceso de ejecución de la construcción reduciendo significativamente el número de elementos y

partidas de trabajo que deben ser controladas, cuantificadas y almacenadas en un 50%, en comparación con sistemas tradicionales de construcción.

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, simplifica el proceso de ejecución de la construcción reduciendo significativamente el número de errores y fallos de calidad en un 50%, en comparación con sistemas tradicionales de construcción.
- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, permite construir la vivienda de interés social en serie, con superficies entre 58.00m² y 92.00m², en un máximo de 24 días, comparado con las 11 semanas promedio de la industria.
- Las causas de retraso en la construcción de vivienda con moldes tipo túnel son menores que en la construcción de vivienda con sistemas tradicionales.

1.6 METODOLOGÍA.

El presente estudio pretende demostrar la relación que existe entre el resultado obtenido en la ejecución de obras de construcción de vivienda en serie, utilizando el sistema tradicional de construcción, contra aquel que resulta de la implementación de sistemas avanzados de procesos como construcción y el uso de moldes tipo túnel. Específicamente en cuanto a la disminución del tiempo de ejecución, y el incremento de la productividad.

Basándonos en la problemática que implica el desarrollo del presente estudio, y en el tiempo limitado con que contamos para ejecutarla, se optará por la investigación de temas relacionados en bibliografía especializada, como son los “Journals y papers” (*revistas científicas con arbitraje internacional. Publicaciones especializadas difundidas por Institutos involucrados en la materia, elaborados por investigadores dedicados al estudio de las circunstancias e innovaciones que proponen mejoras en la práctica de la Ingeniería.*), publicados en la red mundial de información (<http://www>) , en los sitios especializados de la materia, así como en otro tipo de publicaciones impresas como libros y documentos especializados.

Se llevará a cabo, igualmente, una revisión en sitio, de los procesos más importantes involucrados en la ejecución de la vivienda. La observación se centrará principalmente en identificar las etapas del proceso que definen el sistema como un proceso industrial. Esta son específicamente la construcción de la superestructura de cimentación, muros y losas, que bajo el sistema de tipo túnel son dos etapas básicas, o tres cuando se trata de vivienda de dos niveles. Y cómo, adicionalmente, las demás partidas de trabajo se van uniendo a la estructura principal a base de subensambles o prefabricación de elementos secundarios. Con la observación del proceso, se pretende diseñar un flujograma de actividades que integre todos los elementos principales que intervienen en el proceso. Los recursos materiales, herramientas y humanos y la secuencia más eficaz de ordenarlos, y cuál debe ser la secuencia de ejecución, para lograr el máximo desempeño de recursos, y lograr abatir errores. Esta tarea nos permitirá identificar los puntos de quiebra dentro del proceso de ejecución de la obra, para de ahí partir a la integración de un cuestionario que nos permita obtener información de parte de las empresas que se dedican a la construcción de vivienda en serie, que nos respondan las preguntas dirigidas para éste efecto. Preguntas orientadas a identificar las principales causas de atraso y errores durante el proceso. El estudio se centrará solamente en la problemática ligada al proceso en campo, y no los derivados de la gestión de gabinete. Esta herramienta nos permitirá conocer su experiencia en éste tópico, especialmente como marco de referencia de las empresas que siguen el sistema tradicional de construcción vs. las mejoras que implican la implementación de moldes tipo túnel y procesos de construcción de tipo industrial. Se pretende desprender de ahí la contribución que puede aportar cada uno de los encuestados, para el fin buscado en el estudio. Se evaluará el proceso tradicional, hasta la etapa en que se llegue a ejecutar, comparado con los 24 días máximos, en que se logra edificar totalmente, una vivienda utilizando los moldes tipo túnel.

Se citarán a los profesores, y utilizarán los conocimientos adquiridos durante el estudio de la Maestría de Administración de la Construcción en esta Universidad.

1.7 DESCRIPCIÓN.

Globalmente, en este capítulo se presenta el marco fundamental en que se basará el desarrollo de la tesis. Se expresan las ideas básicas que fomentaron la selección del tema a desarrollar, y las motivaciones y experiencias personales acerca del tema. Concretándose estas ideas en la descripción del problema.

La justificación esta basada en una inquietud personal y la necesidad de lograr una mayor eficiencia, en una de las variables que representan la óptima gestión de la construcción hoy día, que es la reducción de los tiempos de proceso, o la “velocidad” de la ejecución de la obra. Esto, en función de lograr ligar la compra de la vivienda, con el proceso de gestión y aprobación de los créditos de vivienda.

El alcance de la tesis está delimitado tanto espacialmente como temporalmente a aquellos proyectos que se desarrollan por empresas promotoras de vivienda en serie en volúmenes entre las 1000 y 3000 viviendas por año. Y a las ciudades de Guadalajara (Jal.) y Aguascalientes (Ags.), durante e los años 2001 y hasta la fecha.

Los objetivos pretenden demostrar la relación de dependencia existente entre el resultado obtenido del uso de moldes tipo túnel y criterios de proceso industrial y los resultados derivados de procesos de construcción tradicionales, en cuanto a los tiempos de ejecución de obra y la posibilidad de disminuir errores que cuestan tiempo y dinero.

Las hipótesis plantean la reducción hasta en un 55% del tiempo de ejecución. La reducción de hasta un 50% en las partidas a controlar, cuantificar y almacenar. La disminución hasta en un 50% en la ocurrencia de errores de calidad. La posibilidad de construir una vivienda de interés social promedio, en un máximo de 24 días.

La metodología a utilizar estará basada en la medición de estas variables por medio de la observación directa, así como a través de la elaboración de encuestas y entrevistas a los expertos al cargo de las empresas estudiadas. Esta medición será analizada y reportada en forma comparativa entre el sistema de construcción tradicional y el sistema a base de moldes tipo túnel y procesos de tipo industrial.

En el marco teórico, se llevará a cabo la revisión bibliográfica de los documentos que servirán de soporte para la elaboración de la tesis, así como para identificar otros autores que

hayan realizado investigaciones acerca de temas afines, y cuyas ideas complementen los argumentos expresados en el presente documento. Así mismo se profundizará en los motivos y enfoque principal de la tesis.

En el proyecto de investigación se detallarán los procedimientos y las herramientas utilizadas para medir los datos que soportaran la comprobación de las hipótesis de la tesis. Primordialmente se basará en investigación de campo, donde se comparará el proceso de tipo tradicional, contra el industrial, y se compilarán los resultados de la investigación. Igualmente se conducirán entrevistas y encuestas encaminadas a lograr un muestreo básico que nos aportarán los expertos a quienes se realizarán las encuestas y entrevistas.

En el análisis de los resultados se graficarán y presentarán en forma clara y concisa, los resultados de la medición, así como de las entrevistas.

Las conclusiones presentarán la síntesis de los resultados y las recomendaciones y posibles líneas adicionales de investigación, que se desprendan del estudio.

CAPÍTULO II

2.1 EL ENTORNO GENERAL.

El planteamiento principal del Proyecto de Tesis, es demostrar la relación de dependencia y los puntos de mejora que existen entre el sistema que llamaremos “tradicional” de construcción, y la construcción aplicando criterios de procesos de carácter industrial y sistemas avanzados de producción como el uso de moldes tipo túnel, que producirán importantes avances tanto durante las etapas de diseño, como en la planeación de la ejecución de la obra, (aunque no se profundizará en estos temas) como durante el proceso de ejecución de la obra de construcción, que es el tema central de la investigación. Siendo los tópicos más importantes de la misma, los enfocados a la reducción del tiempo de ejecución global del proyecto de construcción. Para lograr esto, se han planteado una serie de preguntas y se trazaron objetivos específicos, que nos ayudarán a orientar correctamente la investigación.

Para este estudio es importante detectar las prácticas aplicadas actualmente en la industria de la construcción, las cuales se deberán de definir y precisar muy claramente para poder encontrar los puntos susceptibles de mejora. Tanto en los procesos de obra, como en los elementos físicos de ésta, de manera que se puedan diseñar mejores prácticas y sugerir la implementación de nueva tecnología aplicable a la construcción, viendo el proceso de construcción como un proceso industrial real. A este respecto H. Randolph Thomas, MASCE refiere;

“Para mejorar las prácticas en la industria de la construcción en países en desarrollo es importante entender estas prácticas para desarrollar estrategias de mejora de éstas”.(H. Randolph Thomas. 2002)

Tradicionalmente, se ha venido utilizando en la construcción de *vivienda en serie*, la mampostería, y mas recientemente, la aplicación de concreto reforzado, y algunos sistemas de prefabricación. Esto se ha debido en gran medida a la utilización de mano de obra no especializada y de bajo costo, al apoyo de parte del Estado a este sector industrial, para incentivar precisamente la contratación de personal poco calificado, y por otro lado, a la falta

de infraestructura de productos prefabricados en grandes volúmenes y a un costo razonable de éstos elementos en el mercado.

La necesidad de resolver el perenne rezago en vivienda en México, en especial para las clases baja y media, han llevado paulatinamente a la construcción de vivienda cada vez menos digna, derivado de los altos costos de la tierra, y de los materiales de construcción. Lo que ha obligado a las empresas promotoras de vivienda a ofrecer cada vez menos área habitable, por un lado, y menor calidad de los terminados, por otro. Se ha tenido que llegar, y no como una solución óptima, a esquemas “mínimos”, apoyados por los institutos de fondeo como PROSAVI, donde el área interior construida para una familia no rebasa los 32.00 m² de construcción.

Desde que el hombre es hombre, ha buscado su casa (Leñero, 1992). Mas que buscarla, el hombre aprendió a construirse su casa. Probablemente en un principio, se cubrió bajo los árboles, o dentro de las cuevas. De pronto extendió una piel entre dos árboles y al paso de los años invento las paredes y los techos. El piso donde se asentaría su morada.

De ahí surge la vivienda del hombre (Del lat. *vivenda*. Morada. // Modo de vida). Un lugar para protegerse de la intemperie. Un lugar donde reunirse y amar. La vivienda es el edificio primario que al paso del tiempo ha venido dando imagen y sentido a las ciudades. Es un espacio limitado y preciso, personal, familiar. La vivienda tiene un sinnúmero de sinónimos, que de ellos se desprenden toda una serie de formas arquitectónicas y que estas a su vez condicionan la conducta del hombre. La choza, el jacal, el castillo, la cabaña, la vivienda de la vecindad, el condominio o el departamento dúplex. La residencia o la mansión (Leñero, 1992).

En este amplio sentido, la dignificación de la vivienda, es uno de los temas más importantes a resolver en la construcción de vivienda en serie. Una vivienda digna da sentido a la vida, e identidad a sus moradores. Crea sentido de pertenencia. En este aspecto, la vivienda del obrero, que es el objeto principal de la vivienda en serie, merece un cuidadoso y detallado análisis, para lograr con ingenio y creatividad, devolverle a ésta su sentido de hogar.

Las autoridades responsables de la regulación de la construcción de vivienda en serie, como son el INFONAVIT, FOVI, FOVISSTE, y los departamentos de obras públicas, reglamentan las medidas “mínimas” que debe cumplir en términos de espacio, la construcción de vivienda en serie. Estas dimensiones mínimas, contempladas en el reglamento de Obras

públicas municipales de cada entidad, establecen un claro mínimo libre de 2.80m en ambos sentidos para espacios habitables. Así mismo, la vivienda mínima, conocida como PROSAVI, espacialmente hablando, incluye una recámara, un baño, área de uso múltiple, cocina, sala y comedor. Los acabados básicos son azulejo en áreas húmedas de baño y cocina, puertas en el acceso principal y hacia el patio posterior. No incluye enjarres interiores ni acabados en pisos. Esta descripción es estándar, y no establece que esa vivienda deba ser habitada por un máximo de dos personas. En la mayoría de los casos, estas casas son habitadas por las clases económicamente menos privilegiadas, y que en su mayoría tienen por lo menos dos hijos.

No es la intención de esta tesis ahondar en temas de carácter político o social. Si lo es el lograr aportar, con el mejor de nuestros esfuerzos, algunas propuestas de solución, para optimizar los recursos dentro del proceso de construcción. Concretamente los derivados de la reducción del tiempo de ejecución del proceso de construcción. Se espera encontrar puntos de mejora, que permitan mayor eficiencia y por consiguiente ahorro de recursos, que se traduzcan en beneficios tanto para los promotores, como para el cliente final.

¿Por que planteamos que el enfoque en la reducción de los tiempos de proceso de construcción es tema importante, y puede ayudar a la producción de vivienda en serie que agregue más valor a la misma, tanto desde el punto de vista físico como de su disfrute?

El desarrollo económico y social del mundo occidental se caracteriza por la rápida expansión de los medios de producción. La producción artesanal esta siendo reemplazada por la producción industrial en masa, con lo que la capacidad de producción de la sociedad crece a un ritmo cada vez mayor (Nissen, 1972).

Solo cuando los individuales pueden tomar decisiones propias sobre la planta y equipamiento de su vivienda, verdaderamente será posible decir que dicha vivienda expresa sus aspiraciones personales.

Tan solo cuando la producción este organizada para incluir la participación del residente, se podrá obtener la mayor ventaja de las tecnologías existentes.

Para poner en práctica este objetivo han sido acuñados los términos “soporte” y “unidad separable”. Expresan la suposición de que un área puede ser diferenciada en dos partes: una,

sobre la que el individuo tiene control y otra, sobre la que la comunidad decide colectivamente.

Por consiguiente, los conceptos “soporte” y “unidad separable” son definidos en función de quien toma decisiones.

“Un soporte implica aquellas decisiones sobre las que la comunidad tiene control. Una unidad separable es aquella área sobre la que el individuo decide”.(N.J. Habraken et al. 1974)

Mediante la construcción de soportes, una comunidad será capaz de darse casa a si misma. Una vivienda es creada cuando un individuo construye una unidad separable en un soporte, la comunidad y el individuo jugando cada uno con su parte.

La distinción entre soporte y unidad separable de hecho señala dos tipos separados de productos. El soporte es una estructura que es diseñada y construida en un lugar específico. Por consiguiente, podría ser muy bien una estructura tradicional, pero podría ser también el resultado de un sistema industrializado. En tal caso no sería un “sistema de construcción” de viviendas, sino un “sistema de soportes”. Un conjunto de unidades separables contiene los elementos que son entonces construidos dentro del soporte para hacer la vivienda. Esto implica que las unidades separables deberían ser adaptables, capaces de ser usadas en muchas combinaciones diferentes, y en diferentes estructuras soporte. Así que una unidad separable puede ser considerada un producto de consumo duradero, y como tal es muy adecuado para su producción en masa.

2.2 FACTORES DE INTEGRACIÓN; LA METODOLOGÍA INDUSTRIAL.

Existen en la industria de la construcción de los países en desarrollo, cinco factores muy bien identificados, que influyen a la lenta integración de tecnología de procesos y de maquinaria a los procesos de construcción:

-
- 1- Costo de mano de obra.
 - 2- Costo del dinero.
 - 3- Tecnología y métodos.
 - 4- Infraestructura y acceso a sistemas prefabricados.
 - 5- Rol del profesional de diseño. (H. Randolph Thomas. 2002)

Adicionalmente contribuye a ampliar la problemática, la falta de profesionalización del sector, donde, por la gran rotación de personal que se da en el sitio de la obra, resulta difícil la implantación de programas de capacitación efectivos tanto técnicos, como de carácter humano, orientados a la superación de los colaboradores de obra.

Debido a estos factores, la industria de la construcción en general, sufre crónicamente de fallos de calidad, desperdicio excesivo, retrabajos, (*En la literatura de administración de construcción, se tienen varias interpretaciones sobre “retrabajos”; desviaciones de calidad, defectos. Procedimiento en el cual una partida de trabajo es ejecutada para conformar con la especificación original requerida mediante corrección o terminación de la partida. Hacer algo cuando menos una vez mas, por no cumplir con los requerimientos especificados.*) y retraso en los plazos de entrega de las obras contratadas, lo que lleva a sobrecostos y por consiguiente, a la posibilidad de incurrir en riesgos que mermen las utilidades, especialmente en aquellas empresas dedicadas a la construcción de vivienda en serie.

Así mismo, se presenta otra afectación que no es fácilmente valuable en términos económicos, y se da en la imagen profesional de las empresas en cuestión, y del sector en general, ante los clientes finales o los promotores de vivienda, quienes reciben a muchas ocasiones, el producto final en las condiciones arriba mencionadas.

En países desarrollados, la reducción de tiempos de construcción asociados a la productividad, y el costo del dinero, son factores importantes a considerar incluso desde la etapa conceptual del proyecto, ya que se planea la estrategia integral del mismo, en función del cumplimiento de los objetivos tanto financieros como de servicio y satisfacción al cliente.

Es por esto que se buscan las maneras de minimizar la participación de mano de obra a favor de la tecnología y maquinaria, y de elementos prefabricados, así como la

implementación de procesos de tipo industrial donde el uso de controles como CPM (Ruta crítica) y otros sistemas avanzados de control y administración de proyectos, son prácticas cotidianas.

Sin embargo en países en desarrollo como el nuestro, estas no son alternativas que se puedan implementar fácilmente y sin un análisis serio y razonado, y es importante considerar los comentarios que expone R. Thomas:

“Estrategias de mejora de la productividad no son fácilmente logradas con la utilización de equipo mecanizado. Dado que el costo de la mano de obra es muy bajo, la utilización de prefabricados o tecnología y la falta de personal capacitado indican que la tecnificación del sitio de obra no es el camino más recomendado para mejorar eficiencia en países en desarrollo. Las mejoras se deben enfocar en reducir la interrupción de la fuerza de trabajo en lugar de enfocarse en cambiar los métodos de construcción. Mejor utilización de los trabajadores es la clave para mejorar la productividad.

Adicionalmente, la implicación social que tiene el desplazamiento de esta mano de obra económica, por sistemas tecnificados, representa una problemática tanto ética como profesional, de los ingenieros y arquitectos involucrados en la industria de la construcción.

Es importante prever qué sucederá con estas personas al no contar mas con su fuente de ingreso, ya que el compromiso de industrializar los procesos constructivos no solo va relacionado con la productividad de producción y mejorar la rentabilidad de la empresa, sino también con el compromiso social y moral con los colaboradores de obra, y el beneficio tan importante que puede representar para éstos y a la vez para la industria, el lograr integrarlos en la metodología de la industrialización de los procesos de construcción”.

“El lograr que los colaboradores de obra mejoren sus capacidades y desempeño, les dignifica, y promueve un sentido de logro y eleva su autoestima, lo que revalora y da sentido a su esfuerzo diario. No solo incentiva sus esfuerzos, sino que les permite un sentido de pertenencia a largo plazo, ya que estos trabajadores pueden llegar a ser considerados trabajadores de planta y no eventuales, pues al producir mas y mejores productos con los mismos recursos o menos, genera mayor riqueza que puede ser distribuida mas justamente en toda la cadena productiva, y permitirá a las empresas constructoras que adopten estas prácticas, generar una mayor productividad y satisfacción para el cliente final, lo que las llevará a perdurar en el mercado de competencia”. (H. Randolph Thomas. 2002)

Considerando el primer factor definido por R. Thomas, al tomar en cuenta el bajo costo de la mano de obra, la implementación de tecnología tanto de procesos como de maquinaria, representa una inversión fuerte en la mayoría de las alternativas, y resulta difícil demostrar su rentabilidad, especialmente para proyectos de pequeña escala, donde la posibilidad de ejecutar varias partidas de trabajo con mano de obra barata, dificulta la competencia entre ésta y la aplicación de tecnología. A esto se suma la escasa preparación del personal de campo, y

muchas veces, la falta de conocimiento o deseo de cambiar, de los niveles gerenciales y directivos de las constructoras, situación que entorpece aun más su implementación.

Es claro que se encuentra muy arraigado en nuestro medio la implementación de métodos de trabajo “tradicionales” y de mano de obra intensiva, los cuales habían venido funcionando bien hasta hace algún tiempo. Sin embargo, cuando éstas prácticas son evaluadas en su desempeño y productividad, nos damos cuenta de que existen una gran cantidad de nichos de mejora.

Estas prácticas están asociadas también, a la forma como está estructurada la cadena de mando y responsabilidad en el sitio de las obras. En el mejor de los casos se cuenta con ingenieros residentes, los cuales coordinan las labores de campo, con equipos de trabajo liderados por el “Maestro de Obra”.

Sin embargo en la mayoría de las obras de construcción, es el “Maestro de obra” quien dirige las labores a ejecutar. Incluso en los casos donde se cuenta con residentes, éstos tienden a delegar muy fácilmente ésta responsabilidad en los maestros de obra. Creemos que ésta práctica se da más por una falta en la una definición clara de procesos, y de definición de responsabilidades, que por falta de saber o querer hacer las cosas, factor que es uno de los objetivos a demostrar en este análisis.

“Si las variables de situación son medibles, las políticas y los procedimientos son bien definidos y la comunicación fluye suavemente en todas direcciones, entonces el esprit de corps prevalece, todos están interesados en sus tareas y en el trabajo de conjunto, enfocado en lograr los objetivos primordiales del proyecto en un rápidamente cambiante ambiente del proyecto”. (El termino esprit de corps se utiliza para identificar el esfuerzo del trabajo en equipo, espíritu de conjunto). (Daris de Saram and Syed M. Ahmed. 2001)

Cuando hablamos de los factores analizados por Randolph Thomas, el costo derivado del dinero, en la mayoría de las empresas desarrolladoras de vivienda, se está tornando en uno de los factores más importantes a considerar, especialmente tomando en cuenta la liga que existe entre la disponibilidad del crédito y el producto terminado en tiempo, para la entrega al comprador, y por consiguiente lograr la liberación de los créditos con cargo a la empresa desarrolladora.

“La doctrina de tiempo es dinero está bien enraizada en la mente de casi todos los clientes en la industria de la construcción. ...” (Meter E.D. Love. 2002)

Es en este sentido, cuando la alternativa de implementar sistemas avanzados de tecnología de procesos y maquinaria, aplicados a la construcción, comienza a ser no solo interesante sino necesario. El costo del dinero invertido en la producción de las viviendas, que impacta a las compañías desarrolladoras durante el tiempo en que son “dueños” de los bienes producidos, tiene un peso específico definitivo, en la rentabilidad final del negocio. La posibilidad de abatir tiempos durante el proceso de construcción, para ligar la adquisición de los créditos con la entrega de las viviendas al cliente final, comienza a jugar un papel muy importante en la ecuación de éxito del proyecto.

2.3 CAMPO DE APLICACIÓN; EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

El análisis de las variables de procesos y la búsqueda de acortar los tiempos de ejecución se ha tornado en uno de los campos de estudio más importantes en varias de las empresas desarrolladoras de vivienda serias en México, que pretenden participar con ventaja en un mercado tan competido. La experiencia adquirida en varios años de trabajo con este tipo de empresas, denotó la tremenda inquietud que existe en éstas de crear y diseñar nuevas prácticas, más eficaces, que les permitan transformar un sistema de construcción tradicional, a uno con características cada vez más de proceso industrial. Buscando que este esfuerzo les permita no solo ser más eficientes y tener más control de su proceso, sino que estas prácticas les reporten un mejor negocio.

Una de las mejoras que más se ha tratado de implementar es la de estandarización y mecanización de los procesos de construcción. Es aquí donde el tercer factor estudiado, la tecnología y métodos, va encaminada a lograr dos aspectos fundamentales.

Primeramente la simplificación de los procesos de construcción, reduciendo o “compactando” partidas de trabajo, donde el objetivo es realizar la mayor cantidad de partidas de trabajo simplificadas, simultáneamente, para reducir tiempos.

La implementación de esquemas de trabajo basado en estaciones, y la utilización de arneses de instalaciones y otras especialidades como marcos de ventanas y puertas, que se integran al

proceso de construcción por bloques de actividades, permiten compactar el proceso de ejecución, reducir los elementos a controlar y mejorar el control de calidad, utilizando a los mismos grupos de trabajo como supervisores en línea, de la calidad.

(Se le denomina “estación” a un set de actividades que una vez completas permiten identificar muy claramente el avance físico y completo, de un grupo de partidas de trabajo, como puede ser la cimentación y todos sus elementos periféricos como drenajes, cisterna y arranque de muros)

Esta práctica, sin embargo, debe analizarse, diseñarse e implementarse con mucho cuidado, y conjuntamente con una estrategia integral de eficiencia a lo largo de todo el proceso, dado el siguiente comentario;

“...esto ha resultado en una plenitud de estrategias para comprimir el programa de ejecución del diseño y de la obra. Cuando éste grado de compresión se eleva, la posibilidad de traslapar actividades aumenta, lo que incrementa la complejidad del proyecto al subdividir actividades en paquetes de especialidades. Hoedemaker et al. 199) sugiere que existe un límite a la cantidad de actividades que se pueden atacar simultáneamente. Después de este límite, la probabilidad de incurrir en retrabajos, (En la literatura de administración de construcción, se tienen varias interpretaciones sobre “retrabajos”, desviaciones de calidad, defectos. Procedimiento en el cual una partida de trabajo es ejecutada para conformar con la especificación original requerida mediante corrección o terminación de la partida. Hacer algo cuando menos una vez más, por no cumplir con los requerimientos especificados), así como desfases en el tiempo de entrega y costos del proyecto se eleva significativamente.

Love y Li (2000^a) encontraron que cuando un contratista implementa un sistema de aseguramiento de calidad, en conjunto con una estrategia efectiva de mejora continua, el costo derivado de retrabajos fue menor al 1% del costo global del contrato”.

En segundo lugar, la utilización de sistemas de construcción avanzados como el uso de moldes, maquinaria pesada y herramienta mecanizada ligera, para la ejecución de las obras, complementa el objetivo de minimizar los errores y reducir el tiempo de proceso.

Acerca de este tópico se puede hacer un estudio de un alcance ilimitado, dado la gran cantidad de herramientas y equipos que existen actualmente en el mercado. Sin embargo el estudio pretende centrarse en la utilización de aquellos sistemas que hoy día son aplicados con mayor éxito y extensivamente en la construcción de vivienda en serie. Para el caso que nos ocupa se analizará la utilización de moldes tipo túnel Outinord©, ya que se ha tenido experiencia en este tipo de sistemas a lo largo de seis años con una de las empresas más avanzadas tecnológicamente en el diseño de moldes tipo túnel, sistema que ha demostrado ser

una herramienta con mayores posibilidades de agregar valor al proceso y la calidad del producto final terminado.

El tipo de sistema estudiado, viene adicionalmente acompañado de la utilización de moldes para la cimentación, lo que agrega una precisión milimétrica a la construcción de la superestructura de la vivienda en serie desde su desplante, y el necesario usos de grúas, debido al peso de los equipos, que durante el desarrollo del estudio se mencionará la participación de estos equipos, y como afectan el resultado final tanto desde el punto de vista técnico como el financiero y de la calidad del producto.

El cuarto factor se refiere al uso de sistemas prefabricados y el acceso a este tipo de infraestructura en nuestro país. En México ha sido muy poco utilizada la prefabricación en la vivienda en serie, sobre todo, si se pretende considerar la prefabricación como un sistema constructivo integral, que permita la sustitución de procesos tradicionales de construcción en forma completa, y disminuya la cantidad de partidas de trabajo y utilización de mano de obra intensiva. Se utilizan algunos sistemas de refabricación de losas, mas no con el éxito que se esperaría, y el centro del estudio está enfocado a llevar el proceso tradicional de construcción a uno de tipo industrial, por lo que no se abundará más en este tema.

El último factor mencionado, “el rol del profesional de diseño”, no es motivo de estudio en el análisis a desarrollar. Solamente mencionaremos que en los países en desarrollo, el rol del profesional de diseño va de muy limitado a inexistente.

Una vez que el diseño está terminado, es el responsable de la obra en sitio quien supervisa el diseño, y realiza los cambios necesarios para que el diseño funcione para la construcción. Una de las razones del poco involucramiento del profesional de diseño en este aspecto es el poco conocimiento de procesos de construcción o sus costos.

2.4 SELECCION DE LA TECNOLOGÍA.

Si pretendemos contestar la pregunta ¿La aplicación de moldes tipo túnel en la construcción de vivienda masiva tiene la capacidad de industrializar el proceso de edificación, de manera que reduzcan el tiempo de ejecución?, es necesario acotar algunos puntos.

El análisis de viabilidad para la implementación de una tecnología aplicable a la construcción de vivienda en serie es tan extenso y complejo, y requiere de tal cantidad de tiempo para su análisis, que sería imposible desarrollarlo en el periodo de tiempo necesario para la elaboración de esta tesis. Sin embargo es importante referir que parte de la experiencia adquirida en el medio de la construcción de vivienda en serie, fue estando a cargo de la gerencia de proyectos y se tuvo una importante participación en el campo de investigación y desarrollo de productos, para una de las diez empresas más importantes de construcción de vivienda en serie en México.

Durante ese tiempo se tuvo la oportunidad de analizar varios sistemas de molde. Desde los más simples a base de paneles que se pueden mover a mano entre una o dos personas, como Cimbramex© , o Muro SACMAT©, hasta sistemas más completos y complejos como los de cimbra integral y túnel de PERI©, SYMONS©, EFCO©, y Outinord©. , que requieren, en sus versiones mas avanzadas, la utilización de grúas.

Particularmente para este caso de estudio se considerará como sistema a analizar, la tecnología Outinord©, por haber sido la que demostró las mayores ventajas en varios sentidos, como es la rapidez de capacitación de los obreros, la precisión de los moldes y la calidad final del producto. La tecnología Outinord© viene de Francia, y ha demostrado a nivel mundial ser una de las tecnologías mas eficientemente aplicadas, sobre todo para la edificación de vivienda en serie. No se ampliara más profundamente el tema por motivos del alcance de la tesis.

Adicionalmente se cuenta, para la realización de este estudio, con el apoyo de expertos de la compañía Outinord©, quienes son el Arq. Fernando Barcenas, director de THP (*Tecnologíaía Habitacional Programada s.a. de c.v.*) en México, y del Sr. Henk DeBruin, director de Outinord Universal Inc©.

Los sistemas de molde han tenido una importante implementación en la construcción de edificios y vivienda en serie debido a la velocidad de construcción, la relativa facilidad de utilización y de implementación sin muchas complejidades técnicas, y por la accesibilidad a la materia prima que es el acero y concreto, en prácticamente cualquier zona del mundo. Y no en pocos casos, por la falta de mano de obra cuando se trata de la edificación de miles de viviendas en serie.

Esto es importante en nuestro país ya que en la mayoría de los casos, los predios a desarrollar para este tipo de viviendas en serie, normalmente se encuentran alejados de las zonas metropolitanas, y en el mejor de los casos se ubican en la periferia de los centros de población, que es donde se localizan las grandes extensiones de tierra relativamente económica y sin desarrollar. Un punto importante a considerar hacia este sistema constructivo ha sido la crítica por parte de algunas fuentes relacionadas con la promoción de vivienda, en el sentido de la falta de “humanidad” que puede llegar a darse con el uso intensivo de estructuras de concreto, tanto por el factor estético del producto terminado, como desde el punto de vista del confort para sus habitantes.

Sin embargo, se ha logrado resolver de una manera por demás interesante e inteligente esta problemática, con la utilización de complementos al sistema constructivo en concreto colado en sitio, con fachadas decorativas a base de bloques prefabricados huecos, lo que permite que las superficies mas expuestas a la intemperie, reduzcan el impacto del clima hacia el interior de la vivienda. De igual forma las cubiertas expuestas son tratadas con sistemas de impermeabilización que adicionalmente son térmicos, para hacer agradable la habitación a sus ocupantes.

Algunas empresas como es el caso de CASAS GEO©, optaron por la fabricación y la utilización de block sólido y hueco, y losas prefabricadas o coladas en sitio, como parte de su sistema constructivo, encaminado esto a hacerlo mas eficiente, tratando de industrializar y estandarizar su proceso de construcción.

Otras empresas como GIG Desarrolladores Inmobiliarios, y posteriormente CASAS BETA©, han tomado otras alternativas diferentes al uso de sistemas tradicionales.

En el año 2000, se construyeron exitosamente, y por primera vez en México, las primeras 15 casas en serie, utilizando el sistema Outinord©. Se tuvo la oportunidad de liderar ese proyecto para GIG, como director de proyectos y desarrollo de productos de dicha empresa. De ésa manera se iniciaba en México el camino de una verdadera industrialización de los procesos constructivos en una empresa de vivienda en serie.

Posterior al proyecto piloto de Guadalajara, se inició en la ciudad de Tijuana un desarrollo de 3,000 viviendas aproximadamente, utilizando 100% el sistema Outinord© de moldes tipo túnel, y hoy día se sigue utilizando el sistema.

Se tuvo una importante participación en conjunto con el Arq. Fernando Barcenás de THP en su implementación y hoy día ésta estrategia está reportando índices interesantes de disminución de errores y retrabajos, así como un alto incremento en su productividad y utilidades, que están haciendo que otras empresas volteen a la utilización de estos sistemas de construcción.

CASAS BETA © es uno de los ejemplos más exitosos de la implementación del sistema.

Más adelante en el desarrollo de la tesis se profundizará en el funcionamiento y operación del sistema tipo túnel.

2.5 LOS SISTEMAS DE PLANEACIÓN EFICAZ Y DESARROLLO DE PROCESOS INDUSTRIALES.

La utilización de métodos denominados “tradicionales”, en la industria de la construcción, han sido hasta la fecha, los más implementados por los profesionales en la construcción.

Sin embargo, aunque han sido efectivos en ciertos casos, la necesidad de producción en masa, de la vivienda de tipo popular y media, han ejercido una presión lógica, sobre las estructuras de trabajo de estos profesionales y las empresas involucradas.

Esta presión es aún más evidente dada la relación que existe entre lograr el financiamiento para la operación del proyecto, la gestión de la construcción en todo su proceso, y la recuperación de la inversión por parte de los promotores, en los tiempos ideales entre la contratación del crédito y la entrega del producto al cliente final.

El costo cada vez más alto del dinero, la ineficiente operación de las instituciones federales de apoyo para este tipo de proyectos, y en ocasiones, la falta misma de recursos, han obligado a las empresas desarrolladoras a buscar mecanismos de producción y control del proceso cada vez más avanzados.

Existe sin embargo un factor muy importante que dificulta esta transición y es en más de una ocasión, el factor humano, y el arraigo que existe entre los profesionales de la construcción hacia esquemas tradicionales de trabajo.

“Love et al. (1998^a) sugiere que diferencias de comportamiento, culturales y de organización entre los involucrados en el proyecto, muchas veces prevalecen.

Métodos no tradicionales como diseño, construcción y administración de proyectos, han sido recomendados como métodos para superar los problemas inherentes de los sistemas tradicionales, sin embargo, pareciera que su utilización es mínima. Sharif & Morledge. 1997 aportan una explicación plausible para el uso extensivo de los métodos tradicionales, estableciendo que la mayoría de los clientes en construcción son pequeños y ocasionales y por consiguiente construyen solo una vez o dos.

Los métodos tradicionales pueden ofrecer al cliente una cierta certeza del costo, contrario al método de diseño, construcción y administración de proyecto, son normalmente utilizados cuando la presión de término temprano es impuesta en el proyecto (Holt et al. 2000)”.

El caso de estudio es precisamente el segundo. Los proyectos de vivienda en serie, siempre están regidos por una base de tiempo de entrega corto, o muy limitado, dado el impacto del costo del dinero, por lo que ha sido necesario trascender a métodos y sistemas tanto de construcción como de desarrollo del proceso más eficientes y eficaces.

2.6 EL GRAN SALTO A LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN MÁS EFICACES.

2.6.1. LA FUERZA DE TRABAJO.

Antes de poder clasificar cuantitativamente si un proyecto puede impactarse con cambios en la metodología y con aplicación de tecnología, un modelo de comparación con aspectos y métodos tradicionales o normales, debe establecerse.

“En la industria de la construcción se pueden diseñar gráficas de carga de información, por ejemplo, con la relación de esfuerzo y productividad de la mano de obra, reflejado en las curvas “S” relacionadas a éstas, y son herramientas muy útiles en la planificación de recursos y para llevar record del progreso de un proyecto de construcción”. (Dice Awad S.Hanna)

En el caso de los proyectos de vivienda en serie, siendo éstos normalmente de grandes dimensiones, los efectos que tiene un cambio en la metodología o sistemas constructivos,

impactan fuertemente su desarrollo y resultados por razones muy evidentes. La posibilidad de multiplicar un error de diseño, de proceso o construcción es muy alta.

Por otro lado, una pequeña mejora en cualquiera de estas áreas, de igual forma representa un efecto multiplicador positivo muy interesante.

“La necesidad de implementar un procedimiento formal (explícito) de constructabilidad, se ha tornado indispensable para cualquier empresa de diseño/construcción”, (Se agrega la palabra construcción a diseño, ya que creemos que es importante incluir éste concepto, como una práctica metodológica básica en el éxito del proyecto, y la gestión general de los procesos constructivos eficaces y que agreguen valor a la cadena productiva de la construcción)” que se preocupa por la calidad del servicio que presta, y mas importante aun, por la supervivencia en el mercado altamente competitivo de hoy día”. (David Arditi and Ahmed Elhassan. 2002)

Este ha sido en parte, el proceso que han seguido varias de las empresas que se analizarán en el estudio, en la búsqueda de mejorar sus sistemas de construcción.

La metodología del presente estudio implica que será analizado el proceso tradicional, de un grupo de referencia, para detectar sus métodos y prácticas, así como los puntos de mejora, encaminados a lograr una mayor eficiencia a lo largo de todo el proceso y así poder reducir el tiempo de construcción.

Se determinará siguiendo las hipótesis planteadas, cuales son los valores de referencia a medir en el sistema tradicional, para que por otro lado, puedan ser éstos comparados contra los resultados obtenidos con la utilización de sistemas industriales de procesos y el uso de moldes tipo túnel. Un enfoque es lograr una mayor eficiencia en el uso de la mano de obra en la construcción. El otro es la utilización de nueva tecnología.

La mano de obra en nuestro medio, ha sido tradicionalmente vista con una imagen muy pobre.

“Esta pobre imagen de la industria, hace difícil atraer nuevos trabajadores, y la falta de oportunidades de capacitación y entrenamiento y crecimiento profesional, conlleva a una gran rotación de personal”. (David Arditi and Ahmed Elhassan. 2002)

Una alternativa para mejorar la productividad de la mano de obra, es el capacitar a la fuerza de trabajo en más de una tarea.

“Estudios han demostrado que la fuerza de trabajo con varias habilidades es más productiva”. (David Arditi and Ahmed Elhassan. 2002)

Estados de espera de la mano de obra, durante el proceso de construcción son comunes debido a que los obreros en repetidas ocasiones son “especialistas” de algún tipo de tarea. En la construcción en serie se ha vendido dando la utilización de personal con mas de una habilidad, lo que permite que se diseñen los procesos de construcción en base a una serie de tareas y no ya en base al proceso secuencial tradicional de trabajo, de manera que se puedan “ubicar” los obreros en varias etapas diferentes, a lo largo del proceso de producción.

Esta práctica permite que se reduzca la cantidad de obreros en la obra y que se desarrollen especialistas ya no de partida de trabajo sino de una “etapa” o estación del proceso, lo que lleva a que el trabajador reciba mejor remuneración, lo que le motiva, y permite que se desarrolle un sentido de pertenencia, reduciendo la rotación de trabajadores. Y por otro lado, al ser éste capacitado por el patrón, se eleva la autoestima del trabajador, lo que genera un círculo virtuoso, que poco a poco, mejora la productividad y compromete a la fuerza de trabajo con los objetivos del proyecto.

Existe necesariamente una reconversión de la manera de ver el trabajo del grupo involucrado.

“La habilidad del gerente de obra en ubicar estos equipos de trabajo influye grandemente en el resultado, al tomar como referencia las habilidades, conocimiento y desempeño en proyectos pasados”. (David Arditi and Ahmed Elhassan. 2002)

“La construcción con métodos tradicionales normalmente es de mano de obra intensiva, y no es extraño que el costo de ésta se encuentre entre el 30%-50% del costo global del proyecto. Y la desmotivación de los trabajadores de la construcción es uno de los principales factores de que ocurran ineficiencias en la mano de obra. Uno de los factores de

desmotivación es la discontinuidad de la asignación de tareas, y el sentimiento de falta de propósito derivado de los tiempos muertos en el sitio de trabajo. La combinación de estos factores desmotivantes contribuye a la falta de eficiencia del trabajador.

Es importante resaltar que existen límites a la implementación de equipos multitarea, ya que estudios han demostrado que a partir de cierto número de tareas ejecutadas por el mismo equipo de trabajo, los incrementos en la productividad son marginales. La recomendación es que se incorporen dos o tres niveles de habilidad en cada área". (Jorge A. Gomar and Carls T. Hass. 2002)

La capacitación en más de una tarea resulta en una mayor eficiencia de la mano de obra y por consiguiente del proceso global de construcción. Una de las características de la implementación de tecnología, en este caso, la utilización de moldes tipo túnel, contribuye de manera muy importante a la implementación de equipos de trabajo multitarea, lo que adicionalmente apoya al logro de mejores resultados en el proceso global de construcción.

Más adelante se detallará en el desarrollo del estudio estas características.

2.6.2 LA METODOLOGÍA DE LOS PROCESOS.

La capacitación del personal de trabajo, por si solo, no es una garantía de mejora en la productividad y el desarrollo del proceso, y calidad del producto final. Existe un trasfondo importante que tiene que ver con la metodología del trabajo a llevar a cabo.

Desde la conceptualización, pasando por cada una de las demás etapas del proyecto, la planeación preliminar del mismo, el análisis de viabilidad, el desarrollo del plan de ataque, la definición de procesos para llevar a cabo la construcción, la procuración de los recursos necesarios para la correcta ejecución de la obra, el control de la ejecución, hasta las pruebas y puesta en marcha del producto, y la entrega y vida útil del proyecto, existen metodologías que pretenden apoyar el logro de los objetivos planteados para el caso particular.

“La metodología tradicional en la construcción en general, ha resuelto una serie de problemas, entre otros, los relacionados con los procesos y sus métodos, de manera empírica (experimental), y en muy raras ocasiones, se ha logrado documentar en libros y está organizada de una manera muy pobre en el mejor de los casos.

Objetivos conflictivos y la variabilidad de los tipos de proyectos hacen más difícil definir y conceptualizar esta”. (C.M. Tamm;Thomas K.L. Tong; Arthur W.T. Leung and Gerald W.C. Chiu. 2002)

La utilización de métodos tradicionales a lo largo del proceso productivo, generan un gran estrés en las personas involucradas en la cadena de producción de proyectos de construcción.

La experiencia indica que normalmente se llevan a cabo los trabajos a base de prueba y error, con el consecuente incremento del costo final de los proyectos, entregas fuera de programa y con una gran cantidad de fallos de calidad. Mismos que al final y una vez que son corregidos, adicionan costo, y no valor al proyecto. El encontrar cual es el mejor procedimiento para lograr prever errores, y mejorar la eficiencia en el desempeño de los proyectos, es una tarea que continuamente mantiene ocupados a los directores de proyectos y los planeadores de los mismos.

Una alternativa a la implementación de procesos de tipo industrial a la construcción, que está teniendo mucho éxito en Estados Unidos y algunos países de centro y Latinoamérica, y sería tema para una tesis es la Construcción LEAN;

“La construcción LEAN, se refiere a la aplicación de procedimientos LEAN,(eliminación del desperdicio) a la construcción. En la filosofía Lean, la variabilidad en el flujo de trabajo, en el proceso de construcción, es tratado como limitante para el desempeño del sistema. (Un objetivo es reducir la variabilidad)

La aplicación de la filosofía Lean en la construcción se ha concentrado en el resultado a través del flujo de trabajo del proceso de construcción”. (H. Randolph et al. 2002)

¿Como es que se aplica ésta filosofía a la construcción, y en especifico, hacia la construcción de vivienda en serie?

“Construcción Lean es un enfoque de administración de la producción hacia la entrega de proyectos, es una nueva forma de construcción de infraestructura capital.

Aplicado a la construcción, la metodología Lean, cambia la manera en que el trabajo es ejecutado a todo lo largo del proceso de entrega de los proyectos.

La construcción Lean se extiende desde los objetivos de un sistema de producción Lean- maximizar valor y minimizar desperdicio- hasta la aplicación de técnicas específicas y las aplica al proceso de entrega de proyectos nuevos. Como resultado se obtiene que:

- *El proyecto en si, y su proceso de entrega, son diseñados conjuntamente para aclarar y apoyar los propósitos del cliente.*
- *Iteraciones positivas son promovidas durante el proceso e iteraciones negativas son reducidas.*

-
- *El trabajo es estructurado a lo largo de todo el proceso para maximizar valor y reducir desperdicio enfocado a la entrega del proyecto.*
 - *Esfuerzo para administrar y mejorar el desempeño son encaminados a mejorar el desempeño global del proyecto, porque es más importante que reducir el costo o aumentar la velocidad de cualquier actividad.*
 - *“Control” es redefinido como una actividad de “monitoreo de resultados” a “hacer que las cosas pasen”.*
 - *El desempeño de la planeación y los sistemas de control son medidos y mejorados.*

La entrega confiable del trabajo entre especialistas del diseño, suministros y ensamblaje, asegura que se agrega valor al cliente y el desperdicio es reducido. Construcción Lean es particularmente útil en proyectos complejos y que requiere sean entregados en corto tiempo.

Construcción Lean cuestiona la creencia que deberá haber una decisión entre lograr el costo o la calidad en los proyectos. (Más adelante se profundizará en la filosofía Lean, y sus postulados)”. (<http://www.leanconstruction.org>)

Lo que esto nos quiere decir, es que existen hoy día alternativas viables a los procesos tradicionales de construcción, aplicables en México, y que se pueden aplicar en nuestro medio, para lograr mejoras sustanciales tanto durante el proceso, como en la entrega del producto final.

El estudio estará enfocado en detectar los puntos de mejora, a lo largo de la cadena de producción de un proyecto de vivienda en serie, y como, utilizando métodos aplicados en la industria manufacturera a los procesos de construcción, y el uso de moldes tipo túnel, se pueden lograr estas mejoras.

Adicionalmente, la elección del sistema de molde a base de túnel, será una herramienta que aportará mejoras tanto técnicas al producto y la calidad de ejecución final, como al proceso de producción en si mismo. La eliminación de varios materiales y partidas de trabajo por la utilización del molde, apoya grandemente la reducción de desperdicio, ya que el encofrado es muy preciso y las cantidades de materiales a utilizar en esta etapa del proceso son entregadas, igualmente en cantidades muy precisas.

2.7. LIGANDO LA PRODUCCIÓN DE LA VIVIENDA A LA ENTREGA DEL PRODUCTO AL CLIENTE FINAL.

Como se mencionó anteriormente en el estudio, un factor muy importante para el éxito financiero de los proyectos de vivienda en serie, es el poder ligar la producción a la demanda/entrega del producto al cliente final.

¿Por qué nos referimos de esta manera a la entrega del producto?

Al estar financiados éste tipo de proyectos por medio de fondos de fomento gubernamentales como INFONAVIT, FOVI o FOVISTE, con la participación de los nuevos organismos de financiamiento conocidos como SOFOLES, la demanda de vivienda esta realmente ligada a la cantidad de créditos disponibles para la adquisición de las mismas. No son pocas las ocasiones en que promotores de vivienda se quedan con un importante inventario de producto, debido a la falta de liga que existe entre el área de producción y el área de promoción, y adicionalmente se ven afectados por la escasez de créditos, o la ya mencionada ineficiencia en su gestión por parte de las instituciones de fomento de los mismos.

Este factor no deja de ser uno que no necesariamente esta ligado al proceso de construcción precisamente. Sin embargo, en el caso de la construcción de vivienda en serie, se ha visto que cuando se logra ligar un proceso eficaz de producción con la promoción, el riesgo de quedar con inventarios se reduce significativamente, y por otro lado, el viejo dicho de que “quien es primero en tiempo es primero en derecho”, aplica perfectamente, ya que no es raro que créditos asignados a una promoción, son perdidos por no haber cumplido con los tiempos de entrega de las viviendas.

Los tiempos de gestión entre el aseguramiento de reserva territorial, la procuración de toda la etapa de permisología, la elaboración de los proyectos necesarios para la estimación de costos para finalmente poder llevar a cabo la construcción, puede tomar desde seis meses hasta un año o más.

Ahí es donde resulta vital para el éxito financiero del proyecto, la velocidad y eficiencia en la construcción, porque es precisamente entre la aprobación de las licencias de construcción y la entrega de la vivienda, donde se gana o pierde dinero en este tipo de proyectos, por el

impacto que puede representar el no poder liberar los créditos, con el consiguiente pago de intereses fuera de los tiempos que se pudieron haber estimado.

2.8 DEFINIENDO LAS METAS.

Se demostrará a lo largo del estudio y en las conclusiones de éste, como una gestión del proceso de construcción eficaz y eficiente, con un producto final de calidad, juega un papel preponderante en el resultado del proyecto y el negocio.

Se detallará cómo es posible lograr un proceso de construcción con calidad de este tipo de viviendas, y cómo se puede lograr, con la implementación de métodos avanzados de procesos y moldes tipo túnel, el obtener un producto terminado en 24 días, desde el inicio de las cimentaciones, hasta la terminación total de cada vivienda.

El lograr esto nos permite diseñar una estrategia puntual y eficiente para la liberación de los créditos adquiridos, posteriormente a la obtención de las licencias de construcción. Así mismo permitirá a las empresas desarrolladores de vivienda en serie recuperar mucho más rápidamente su inversión, adicionalmente a los beneficios a mediano y largo plazo que implican la mejora en la cadena de generación de valor de proceso global, y las posibilidades de competir con ventajas en este mercado, que ya se mencionó anteriormente, es fieramente competido.

2.9 OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.

El capítulo dedicado al marco teórico, nos sirve para identificar los tópicos encontrados en documentos especializados, que refuerzan nuestra propuesta.

La gran mayoría de los documentos analizados contemplan desde diferentes puntos de vista, la temática tratada, o hacen análisis de temas relacionados que centran el caso de estudio.

La revisión bibliográfica contempló principalmente la recopilación de decenas de artículos publicados en Internet, en “Journals”, o revistas especializadas y libros técnicos.

La información revisada nos ha dado un importante cúmulo de datos, que una vez analizados, reafirman el criterio a seguir para el desarrollo de la tesis. El planteamiento central se basará en encontrar los puntos de comparación entre la construcción de vivienda en serie, siguiendo el sistema tradicional, y la construcción con moldes tipo túnel Outinord, y aplicando criterios e procesos industriales.

La problemática estará enfocada básicamente a los procesos de construcción que determinan el tiempo de desarrollo de la construcción de vivienda. Y como se demostrará que existe una dependencia para mejorar, entre el tiempo de ejecución de la vivienda con el sistema tradicional de construcción, y aquel con el uso de la tecnología descrita

La revisión de los factores de integración para lograr una construcción eficiente, y el campo de aplicación que es la vivienda en serie, determinan la oportunidad que representa esta tipología, para aplicar procesos industriales y tecnología avanzada. La gran necesidad de proveer la demanda de vivienda económica y digna, es un campo ideal para encontrar oportunidades de mejora que se traduzcan en la posibilidad de ofertar un producto de mayor valor agregado.

En resumen, el presente capítulo estará concentrado en proveer la guía para las siguientes etapas de la tesis, y servir como marco de referencia de las metas buscadas.

CAPÍTULO III

EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, LA METODOLOGÍA.

3.1 INTRODUCCIÓN.

La industrialización del proceso constructivo, como ya se describió anteriormente, representa una de las más interesantes oportunidades de mejora en el campo de la construcción. Sin embargo, este tema ha sido atendido de manera estructurada por muy pocas de las constructoras de vivienda en serie en México.

El presente capítulo contempla la fase de medición de las variables dependiente e independiente relativas al proceso de construcción tradicional, y el sistema industrializado de la producción de vivienda en serie. Se realizará por un lado la investigación de campo, donde las actividades principales serán la observación directa y documentación de los procesos involucrados, llevando registro por medio de fotografías y documentos escritos, donde se reportaran los eventos detectados que son determinantes para el estudio.

Por otro lado, las entrevistas y levantamiento de cuestionarios se llevarán a cabo en dos etapas. Primeramente se diseñará la encuesta base, misma que será probada en un grupo pequeño de estudio. A partir de las respuestas y comentarios de los encuestados con este documento base, se revisará y rediseñará la encuesta para contar con un documento definitivo, que será la herramienta principal del presente estudio.

Una vez que se recopile la información de campo y de las encuestas, se ordenará la información para posterior análisis y conclusiones. Se pretende realizar este trabajo en un periodo de tiempo de 30 días.

3.2 OBJETIVOS DE LA OBSERVACIÓN DE CAMPO Y LA ENCUESTA.

La realización de las encuestas es una parte importante del desarrollo de la tesis. Estas encuestas tienen como objetivo el detectar la realidad y experiencia vivida de los encuestados, en relación a una temática muy específica que desea conocer el investigador, por lo que el correcto diseño de este documento determina el éxito o fracaso de la investigación.

Las herramientas para realizar la medición, basadas en la observación de campo, y la realización de encuestas, ha sido seleccionada debido a que es la manera mas eficaz para

recabar información de varias fuentes, de una manera rápida, y con un grado de confiabilidad bastante alto. La observación de campo nos permitirá obtener datos de primera mano, los cuales posteriormente serán confrontados con la información recabada en las encuestas. De esta manera se podrá verificar la ocurrencia de datos de interés, y así poder llegar a conclusiones que permitan validar o desechar las hipótesis planteadas.

El objetivo específico de la investigación de campo y las encuestas, se centrarán en responder las preguntas previamente planteadas en el capítulo uno:

1. La utilización de moldes tipo túnel en la construcción de vivienda en serie tiene la capacidad de forzar la industrialización del proceso de edificación, de manera que reduzca el tiempo de ejecución? *(Mas adelante se define y aclara el tema acerca de los moldes tipo túnel, su aplicación y procedencia)*
2. ¿Una correcta planeación y la utilización de moldes tipo túnel aplicados a los procesos de construcción permiten industrializar el proceso, y reducir el tiempo de ejecución?
3. ¿Qué efectos positivos adicionales tiene la utilización de moldes tipo túnel en el ahorro de tiempo en el proceso de construcción?
4. ¿La implementación del proceso de construcción por estaciones de trabajo, reduce los tiempos del proceso de obra?
5. ¿La estandarización (customización) de las partidas de trabajo al utilizar moldes tipo túnel, apoya la reducción de los tiempos de proceso de obra
6. ¿Cuál es el efecto directo de la utilización de moldes tipo túnel en la simplificación del proceso de construcción y la reducción de mano de obra artesanal, y como consecuencia de esto en la reducción del tiempo de ejecución?
7. ¿Que efectos positivos se pueden presentar en el tiempo de ejecución, ante la posibilidad de evitar errores en el proceso de obra, considerando la utilización de moldes tipo túnel?

3.3 EL DISEÑO DE LA ENCUESTA.

Para una efectiva utilización del tiempo, es importante tener bien definido que información necesitamos recavar, y cual es la mejor manera de hacerse de ella, dado que no existen documentos que se puedan revisar, donde se exprese concretamente las variables que existen entre la construcción con cimbra tipo túnel Outinord© y el sistema de construcción tradicional.

La investigación iniciará desarrollando una check-list de control, que debe considerar cuando menos los siguientes puntos:

1. Registro de las actividades principales en el proceso de la estructura de la vivienda tipo.
2. Registro de las precedencias entre las actividades.
3. Registro de los problemas que se presentan y sus causas.
4. Registro de los recursos utilizados en forma general.
5. Registro de los paros presentados y sus causas.
6. Registro de las fallas de calidad en cada etapa del proceso y sus causas
7. Registro de los tiempos de desarrollo de cada proceso.

A partir de este esquema general se pretende filtrar la información, y llegar a un listado de actividades clave, que determinen la ocurrencia de cada una de las variables analizadas.

De ahí, se desarrollará un cuestionario que defina en términos de “Totalmente”, “Medianamente”, “poco”, “nada” y “sin opinión”, la importancia, de cada uno de los factores que determinen el comportamiento de las variables que se pretenden confirmar.

Se desarrollará entonces una encuesta preliminar, misma que será entregada a varios sujetos de estudio, quienes con sus respuestas, nos permitirán afinar la encuesta definitiva.

3.4 LA ENCUESTA.

Inicialmente es necesario, como se menciona anteriormente, identificar las actividades involucradas en los procesos de producción de la vivienda en serie, a partir de la etapa de cimentación y hasta el forjado de la superestructura de la vivienda. Se decidió tomar el proceso para el caso de estudio a partir de esta etapa, dejando de lado para futuras líneas de investigación, las actividades preliminares y posteriores a ésta etapa del proceso, por cuestiones de limitación de tiempo. Es necesario que las otras etapas sean tomadas en cuenta desde la conceptualización de los proyectos, involucrando tanto actividades de diseño de arquitectura como de ingeniería, actividades administrativas y legales, así como aquellas de planeación y definición de estrategias de proceso y costos, para lograr eventualmente una filosofía integral de producción industrial de la vivienda en serie.

Ésta delimitación del campo de estudio no es arbitraria. Es en la construcción de la superestructura, en donde se encuentran las mayores oportunidades de industrialización del proceso que se traducen en reducciones de tiempos y costos, y mejoras de la calidad tanto en el proceso, como en el producto final. *El 85% de las fallas de calidad se encuentran en el proceso.* (Deming).

A continuación se presenta la encuesta base.

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA

- La presente es una encuesta para valorar aquellos factores que pueden afectar el desempeño de la producción de vivienda en serie, específicamente con relación a la velocidad de producción.
- Se les pide que coloquen una “equis” (x) en la celda que les parezca que mas represente su opinión o experiencia relativa al caso. (Como se ve en el ejemplo abajo presentado)

	Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
La vivienda en México; ¿es un proceso industrial?	X				

-
- El término “proceso”, se entiende como una serie organizada y ordenada de actividades encaminadas a lograr un objetivo específico, durante un plazo de tiempo determinado.
 - El término "tradicional" se aplica a las prácticas de construcción, bajo los esquemas de trabajo de mano de obra intensiva, utilización de muchos materiales y partidas de trabajo a coordinar y controlar.
 - El término "industrial" se aplica a las prácticas heredadas de la industria manufacturera, donde se tienen líneas de producción, especialización de áreas de trabajo, estandarización, y uso de tecnología y procesos encaminados a la eliminación de desperdicio.
 - La cimbra tipo túnel (Outinord©), es la tecnología que se utilizará en el estudio de la tesis, como una herramienta que ha demostrado ser efectiva en la producción de edificaciones de grandes volúmenes. Ésta será comparada contra los sistemas de construcción tradicional, para demostrar las hipótesis planteadas en la tesis.
 - La cimbra de túnel fue desarrollada con mucho éxito en Francia por la compañía Outinord©, que es la marca comercial que en el caso de estudio se utiliza en la construcción de vivienda en serie, y sirve de marco comparativo vs. el sistema tradicional. Se le denomina túnel, ya que la estructura de cimbra se compone tanto de una superficie de contacto para muros como para losas, lo que permite colar en un solo evento la estructura de losa y muros simultáneamente. Esto reduce significativamente el tiempo de construcción de la superestructura de la construcción en cuestión. Es utilizada ampliamente tanto para la edificación de estructuras horizontales como verticales en varias partes del mundo. Fue introducida en México en el año de 1999.

LA ENCUESTA.

LA VELOCIDAD DE CONSTRUCCIÓN EN LA VIVIENDA EN SERIE.

No.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
1	La vivienda en México; ¿es un proceso industrial?					
2	¿Existen nichos de oportunidad para mejorar la construcción tradicional?					
3	¿Aplicando tecnología y prácticas industriales se logra mayor velocidad?					
4	¿Mano de obra poco calificada genera pérdidas de tiempo?					
5	¿El proceso artesanal de construcción genera pérdidas de calidad?					
6	¿El proceso artesanal genera pérdidas de dinero?					
7	¿El uso de cimbra túnel, reduce errores?					
8	¿El uso de cimbra túnel, reduce el tiempo?					
9	¿El uso de cimbra túnel, mejora la calidad?					
10	¿La construcción tradicional, se adapta rápidamente a cambios de demanda?					
11	¿La construcción industrial, se adapta rápidamente a cambios de demanda?					
12	¿La construcción tradicional, elimina tareas que no agregan valor?					
13	¿La construcción industrial, elimina tareas que no agregan valor?					
14	¿La construcción tradicional, minimiza pérdidas?					
15	¿La construcción industrial, minimiza pérdidas?					
16	¿La construcción tradicional, estandariza tareas en línea de producción?					
17	¿La construcción industrial, estandariza tareas en línea de producción?					

Tabla No. 1, Muestra las preguntas llevadas a cabo en la encuesta.

No.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
18	¿La construcción tradicional, reduce mano de obra y tiempo?					
19	¿La construcción industrial, reduce mano de obra y tiempo?					
20	¿La construcción tradicional, sistematiza proceso y reduce tiempo?					
21	¿La construcción industrial, sistematiza proceso y reduce tiempo?					
22	¿La construcción tradicional, reduce esfuerzo físico y tiempo?					
23	¿La construcción industrial, reduce esfuerzo físico y tiempo?					
24	¿La construcción tradicional, perfecciona partidas de trabajo y reduce tiempo?					
25	¿La construcción industrial, perfecciona partidas de trabajo y reduce tiempo?					
26	¿La construcción tradicional, mejora el ciclo y reduce tiempo?					
27	¿La construcción industrial, mejora el ciclo y reduce tiempo?					
28	¿La construcción tradicional, reduce desperdicio y tiempo?					
29	¿La construcción industrial, reduce desperdicio y tiempo?					
30	¿La construcción industrial, mejora la productividad en el mediano y largo plazo?					
31	¿Es recomendable reducir los tiempos de construcción usando tecnología, en busca de economía?					
32	¿La mano de obra, es factor importante para reducir el tiempo?					
33	¿Los retrabajos son factor para reducir el tiempo?					
33	¿Los retrabajos son factor para reducir el tiempo?					
34	¿Capacitar la mano de obra, tiene efecto en la reducción del tiempo?					
35	¿Conformar especialistas, disminuye errores y tiempo?					

Tabla No. 1, Muestra las preguntas llevadas a cabo en la encuesta. (Continúa)

No.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
36	¿Capacitar la mano de obra en uso de tecnología, favorece el sentido de integración y compromiso?					
	Totales					

Tabla No. 1, Muestra las preguntas llevadas a cabo en la encuesta. (Continúa)

3.5 EL UNIVERSO INVESTIGADO.

Se tomó como base para realizar la encuesta, un grupo de 10 constructoras de pequeñas a grandes, donde se entrevistó a los responsables de los procesos de construcción, quienes incluso en algunos casos, son los propietarios de las constructoras, con el objetivo de normar un criterio, acerca de la experiencia de cada entrevistado en el caso de estudio. Se tomó éstas 10 empresas por tener acceso a ellas de manera más ágil y directa.

La base de estudio, adicionalmente, pretende que las opiniones se centren en la etapa de proceso de construcción de la superestructura, para que los resultados reflejen más fielmente el objetivo de la tesis.

Las constructoras entrevistadas van desde la construcción de unas cuantas unidades al año (20 a 30), hasta las más grandes que construyen más de 1000 viviendas al año.

Los entrevistados contaron con una experiencia en el ramo desde los dos años hasta más de 20 años en el ramo.

Este perfil del entrevistado, arroja una serie de datos y comentarios interesantes, que posteriormente se analizan.

Las constructoras entrevistadas llevan a cabo sus obras tanto en la zona metropolitana y conurbada de la ciudad de Guadalajara, como en la Ciudad de Aguascalientes.

Por otro lado, se llevó a cabo una investigación de campo en esa misma zona, donde se documentó el proceso físico, por medios fotográficos y recabando un listado de las partidas de trabajo que se involucran en el proceso de la superestructura, para poder comparar ambos sistemas de trabajo, por un lado el tradicional y el ejecutado con medios tecnológicos.

3.6 ANÁLISIS DE DATOS

En la tabla No. 2 se describen las respuestas obtenidas de las encuestas aplicadas. Cada opinión representa el valor de uno.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA “LA VELOCIDAD DE CONSTRUCCIÓN EN LA VIVIENDA EN SERIE.”

No.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
1	La vivienda en México; ¿es un proceso industrial?	1	1	7	1	
2	¿Existen nichos de oportunidad para mejorar la construcción tradicional?	8	2			
3	¿Aplicando tecnología y prácticas industriales se logra mayor velocidad?	8	1	1		
4	¿Mano de obra poco calificada genera perdidas de tiempo?	8	2			
5	¿El proceso artesanal de construcción genera perdidas de calidad?	9	1			
6	¿El proceso artesanal genera perdidas de dinero?	9	1			
7	¿El uso de cimbra túnel, reduce errores?	2	8			
8	¿El uso de cimbra túnel, reduce el tiempo?	5	5			
9	¿El uso de cimbra túnel, mejora la calidad?	2	7	1		
10	¿La construcción tradicional, se adapta rápidamente a cambios de demanda?		5	5		
11	¿La construcción industrial, se adapta rápidamente a cambios de demanda?	4	3	3		
12	¿La construcción tradicional, elimina tareas que no agregan valor?	2		6	2	
13	¿La construcción industrial, elimina tareas que no agregan valor?	3	4	3		
14	¿La construcción tradicional, minimiza pérdidas?		2	5	3	
15	¿La construcción industrial, minimiza pérdidas?	5	5			
16	¿La construcción tradicional, estandariza tareas en línea de producción?		3	5	2	
17	¿La construcción industrial, estandariza tareas en línea de producción?	10				

Tabla No.2. Respuestas de la encuesta.

NO.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Medianamente	Poco	Nada	Sin opinión
18	¿La construcción tradicional, reduce mano de obra y tiempo?		4	3	3	
19	¿La construcción industrial, reduce mano de obra y tiempo?	10				
20	¿La construcción tradicional, sistematiza proceso y reduce tiempo?		4	3	3	
21	¿La construcción industrial, sistematiza proceso y reduce tiempo?	9	1			
22	¿La construcción tradicional, reduce esfuerzo físico y tiempo?		1	5	4	
23	¿La construcción industrial, reduce esfuerzo físico y tiempo?	8	2			
24	¿La construcción tradicional, perfecciona partidas de trabajo y reduce tiempo?		1	7	2	
25	¿La construcción industrial, perfecciona partidas de trabajo y reduce tiempo?	7	3			
26	¿La construcción tradicional, mejora el ciclo y reduce tiempo?		3	5	2	
27	¿La construcción industrial, mejora el ciclo y reduce tiempo?	9	1			
28	¿La construcción tradicional, reduce desperdicio y tiempo?			8	2	
29	¿La construcción industrial, reduce desperdicio y tiempo?	6	3	1		
30	¿La construcción industrial, mejora la productividad en el mediano y largo plazo?	10				
31	¿Es recomendable reducir los tiempos de construcción usando tecnología, en busca de economía?	8	2			
32	¿La mano de obra, es factor importante para reducir el tiempo?	6	4			
33	¿Los retrabajos son factor para reducir el tiempo?	7	3			
33	¿Los retrabajos son factor para reducir el tiempo?	7	3			
34	¿Capacitar la mano de obra, tiene efecto en la reducción del tiempo?	9	1			
35	¿Conformar especialistas, disminuye errores y tiempo?	9	1			

Tabla No.2. Respuestas de la encuesta. (Continúa)

NO.	PREGUNTA	RESPUESTAS				
		Totalmente	Mediana-mente	Poco	Nada	Sin opinión
36	¿Capacitar la mano de obra en uso de tecnología, favorece el sentido de integración y compromiso?	8	2			
	Totales	182	86	68	24	

Tabla No.2. Respuestas de la encuesta. (Continúa)

El análisis que se desprende de las entrevistas realizadas, es que los encuestados opinan que sí es viable incrementar la velocidad de la construcción de la vivienda en serie, pasando de un sistema tradicional, a otro, utilizando tecnología, y procesos avanzados de construcción.

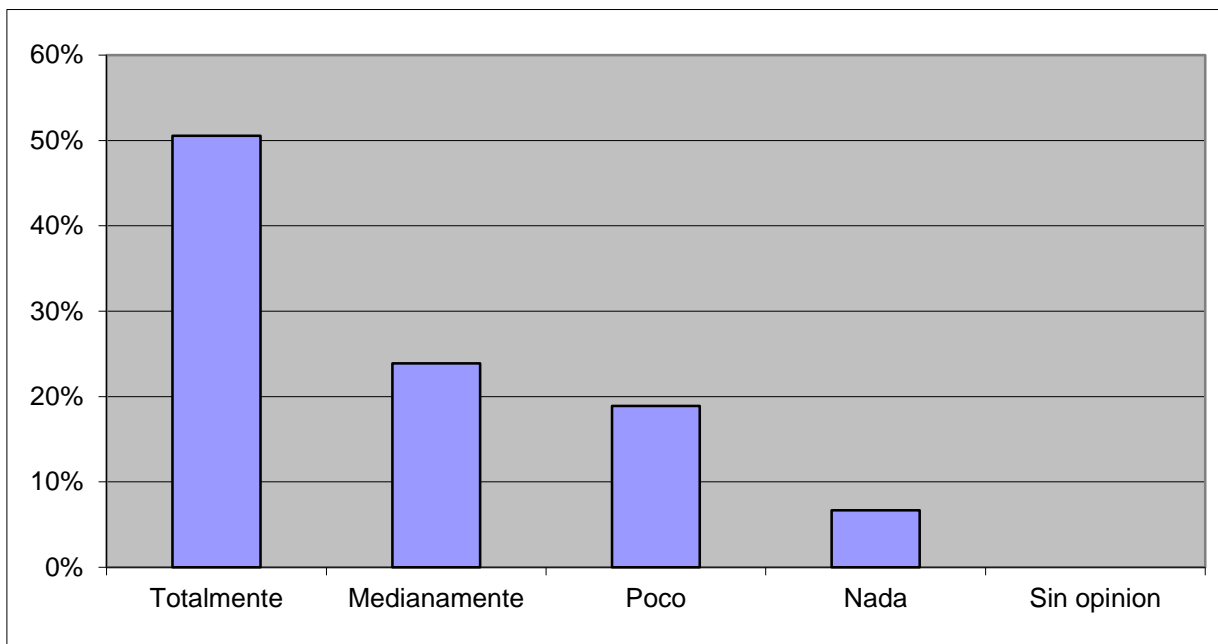


Figura No. 1. La viabilidad de incrementar la velocidad de la construcción tradicional de vivienda en serie, con el uso de tecnología y procesos avanzados de construcción.

La figura No. 1, muestra el resultado global de la opinión de los encuestados, acerca de las ventajas de la construcción con un sistema industrializado, en contraposición con un sistema de tipo tradicional. La tendencia marca una clara posición positiva de los encuestados, a favor del sistema industrial.

La presentación de las figuras se llevó a cabo de manera que reflejen las preguntas más enfocadas a cada uno de los sistemas de construcción, realizadas en la encuesta. El sistema tradicional por un lado, y el industrial por el otro. Por esta razón la numeración referida a la encuesta no está en forma consecutiva.

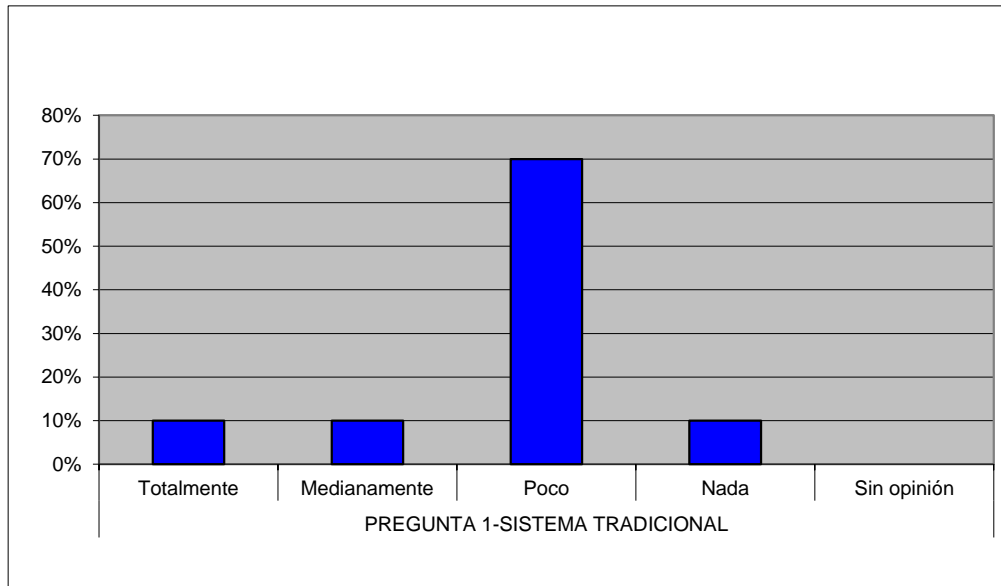


Figura No. 2. La vivienda en México, ¿es un proceso industrial?

La opinión general de los encuestados es que el proceso de construcción actualmente no muestra las características de un proceso de producción industrial

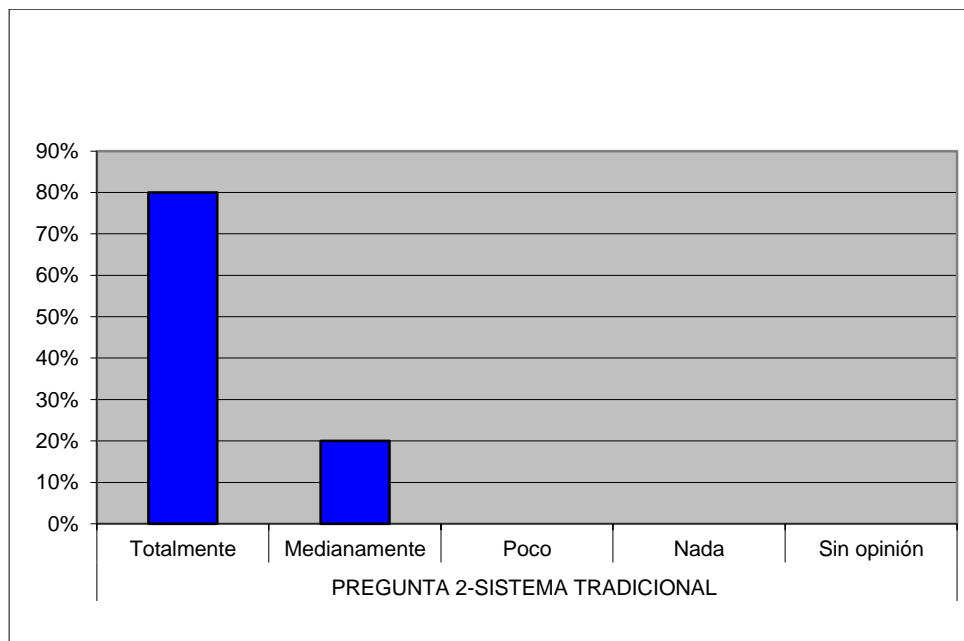


Figura No. 2. ¿Existen nichos de oportunidad para mejorar la construcción tradicional?

Se aprecia en el resultado que la opinión es que si existen nichos de mejora importantes en el proceso de construcción de la vivienda en serie en México.

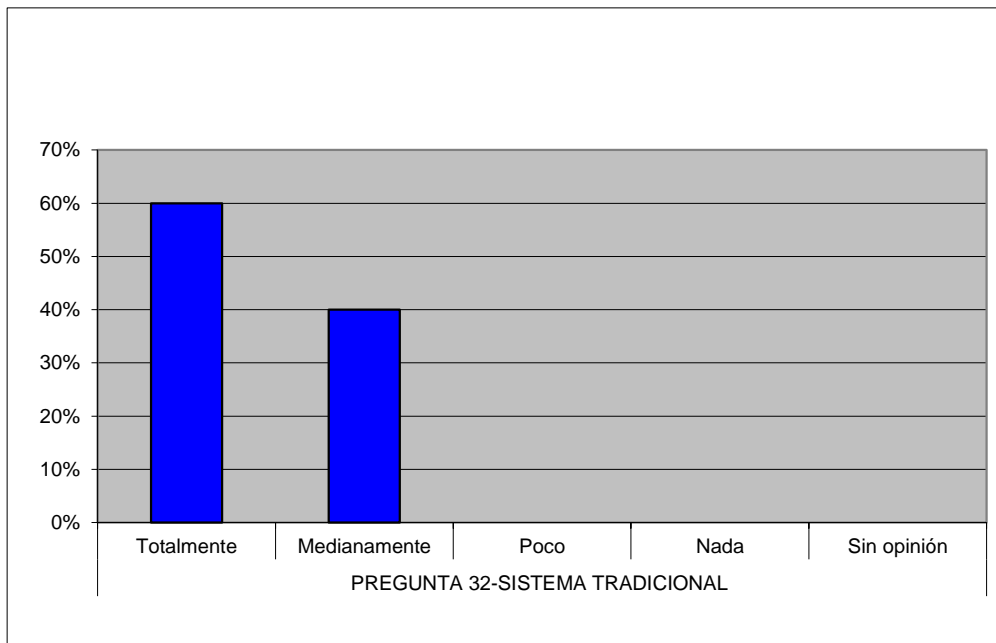


Figura No. 2. ¿La mano de obra, es factor importante para reducir el tiempo?

La mano de obra en el proceso de construcción tradicional, en opinión de los encuestados, representa el 60% en forma cierta y 40% parcialmente, de las posibles mejoras en tiempo de proceso.

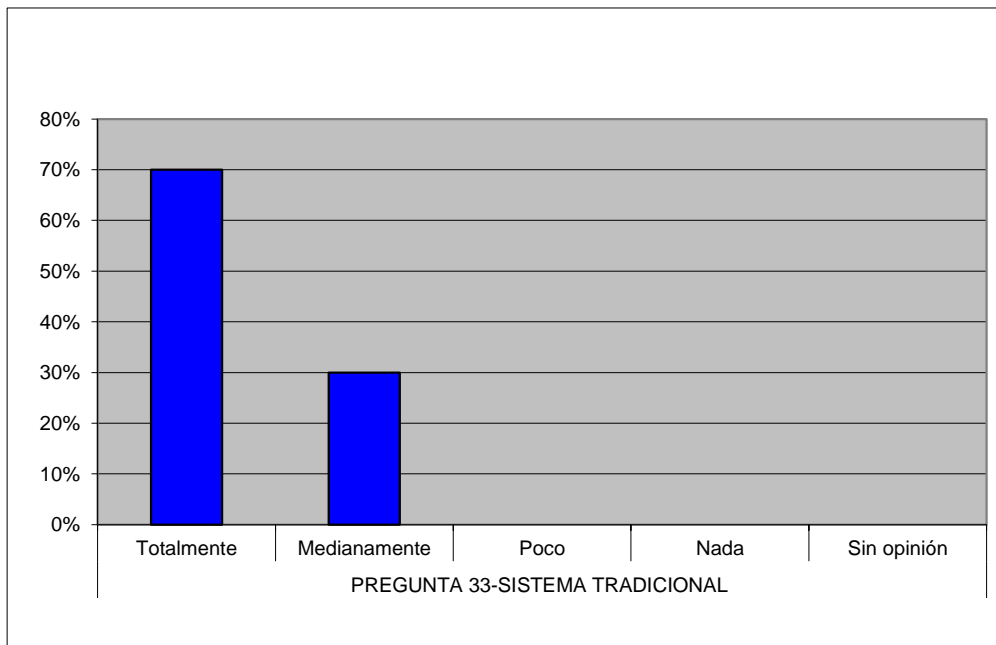


Figura No. 2. ¿Los retrabajos son factor para reducir el tiempo?

Figura No. 5. El factor de retrabajos, derivados de errores de la mano de obra, incrementa al 70%, las opiniones de posibilidades de reducir el tiempo, en el sistema tradicional de construcción, en forma total. Y un 30% cree que es medianamente posible lograrlo.

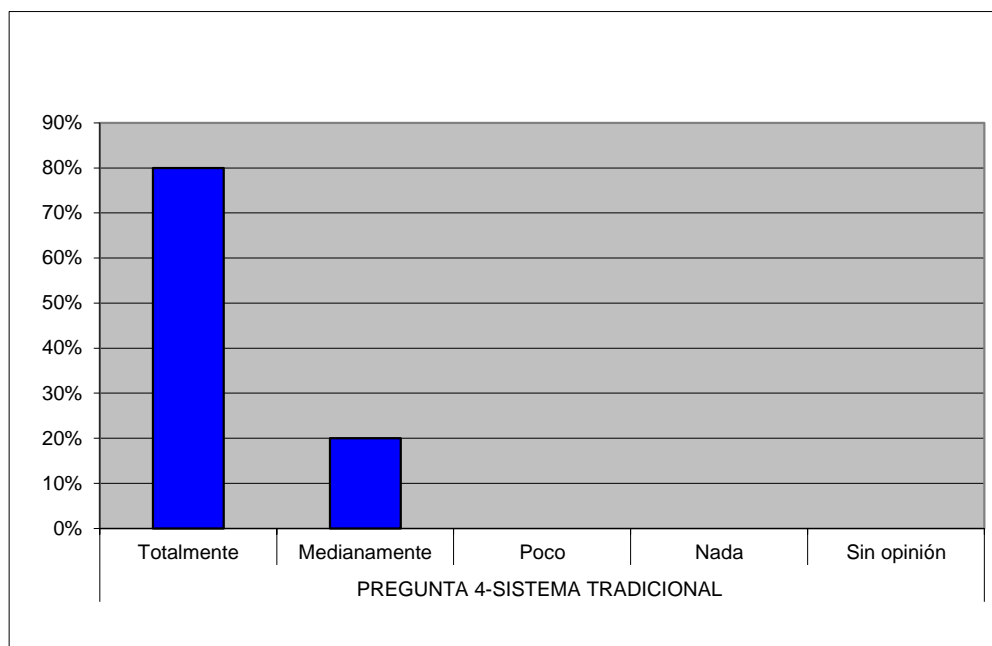


Figura No. 6. ¿Mano de obra poco calificada genera pérdidas de tiempo?

La mano de obra poco calificada aumenta aun mas, a un 80%, las opiniones acerca de los factores que influyen en la pérdida de tiempo en el proceso de construcción, y por ende, se identifican posibles puntos de mejora en el tiempo de proceso.

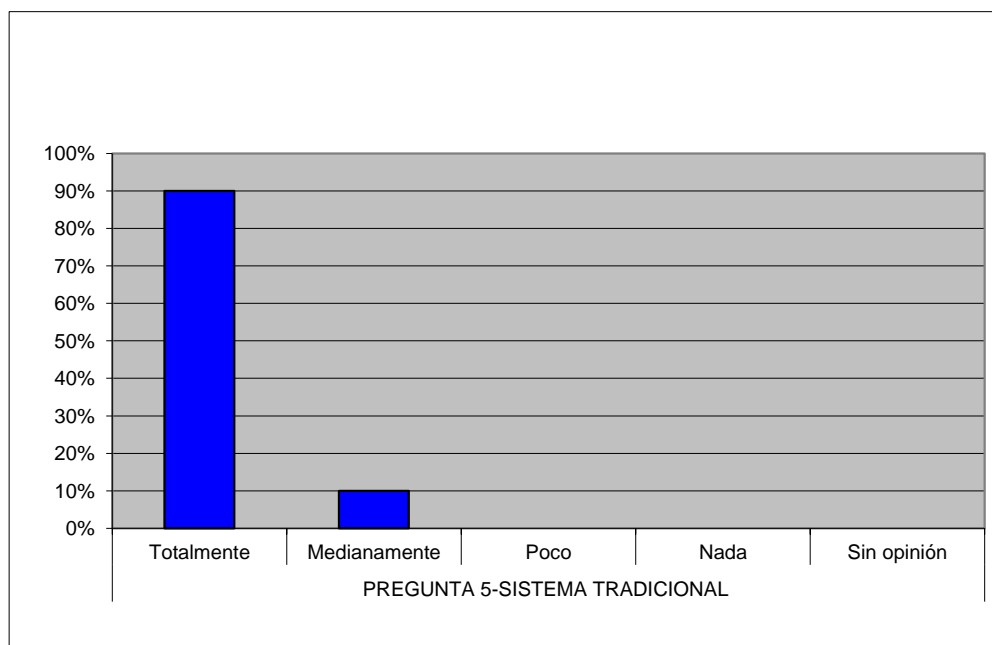


Figura No. 7. ¿El proceso artesanal de construcción genera pérdidas de calidad?

Otro factor importante en la posibilidad de mejorar el tiempo de proceso es la calidad. La respuesta de los encuestados aumenta a un 90%, como oportunidades de mejora en el tiempo de proceso.

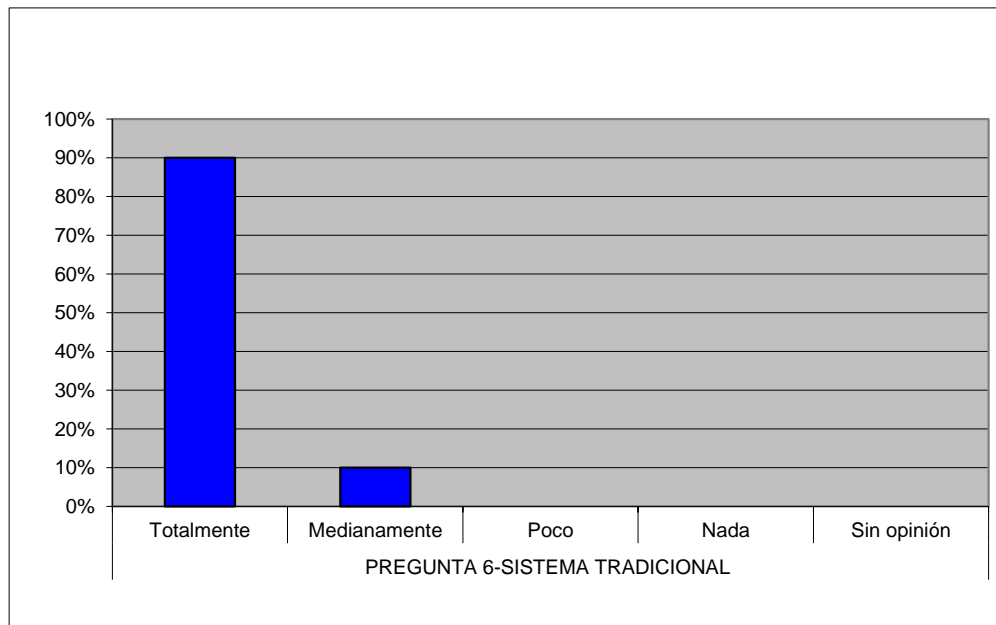


Figura No. 8. ¿El proceso artesanal genera pérdidas de dinero?

La opinión en esta figura, muestra que aunque la pregunta va orientada al aspecto económico, el proceso tradicional de construcción inclina a las respuestas a un 90%, como factor determinante de generación de pérdidas.

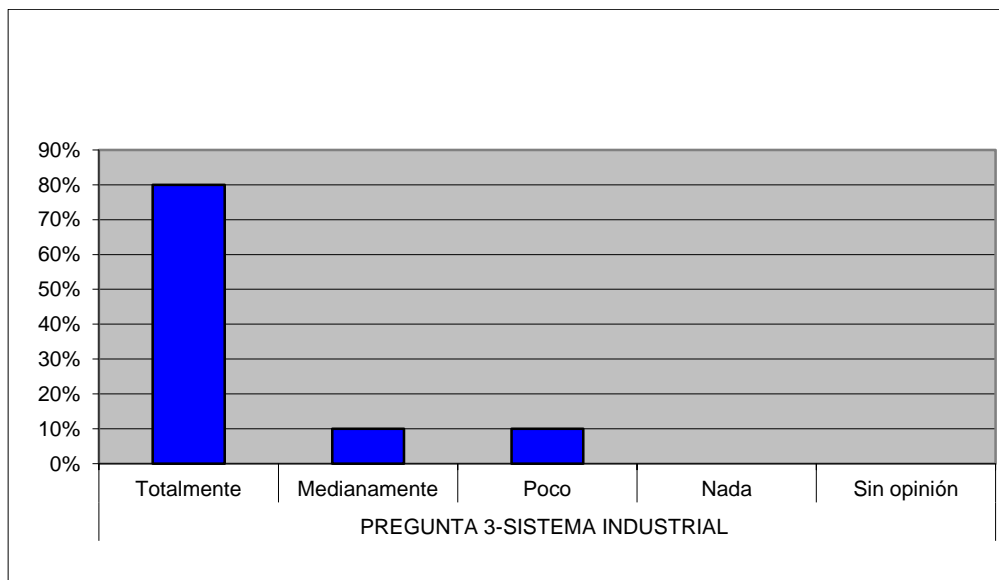


Figura No. 9. ¿Aplicando tecnología y prácticas industriales se logra mayor velocidad?

Contrario al proceso de construcción tradicional, la figura No. 9 muestra la opinión de los encuestados muy tendiente a favorecer que el uso de tecnología en la construcción, efectivamente mejora el tiempo de proceso.

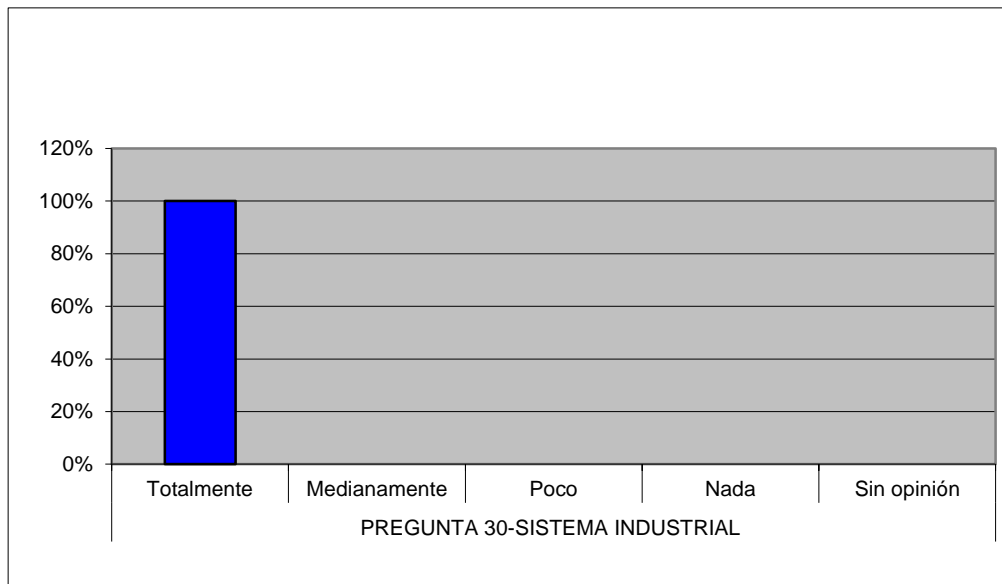


Figura No. 10. ¿La construcción industrial mejora la productividad en el mediano y largo plazo?
 En este caso, las respuestas fueron absolutas. La opinión total de los encuestados favorece el uso de procesos industriales como un factor de mejora de los procesos.

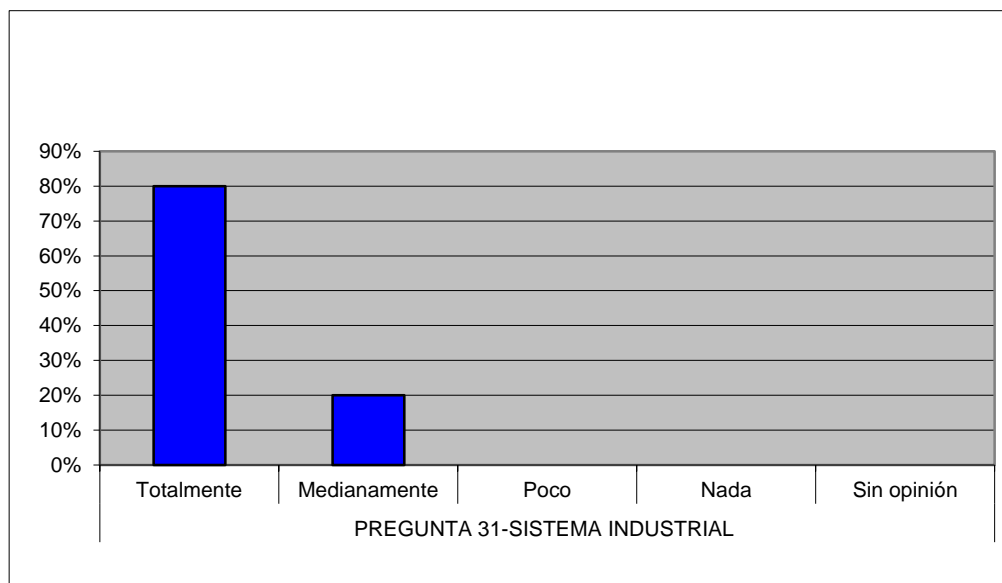


Figura No. 11. ¿Es recomendable reducir los tiempos de construcción usando tecnología en busca de economía?
 La opinión mayoritaria, favorece la reducción de tiempos de construcción, como un factor de ahorro en el costo de producción. Sin embargo, es importante reconocer que no solo el uso de tecnología es determinante para la reducción de los tiempos de construcción. Existen otros factores que se verán mas adelante en las conclusiones, que impiden que se logre mayor velocidad en el proceso global, aun un con el uso de tecnología.

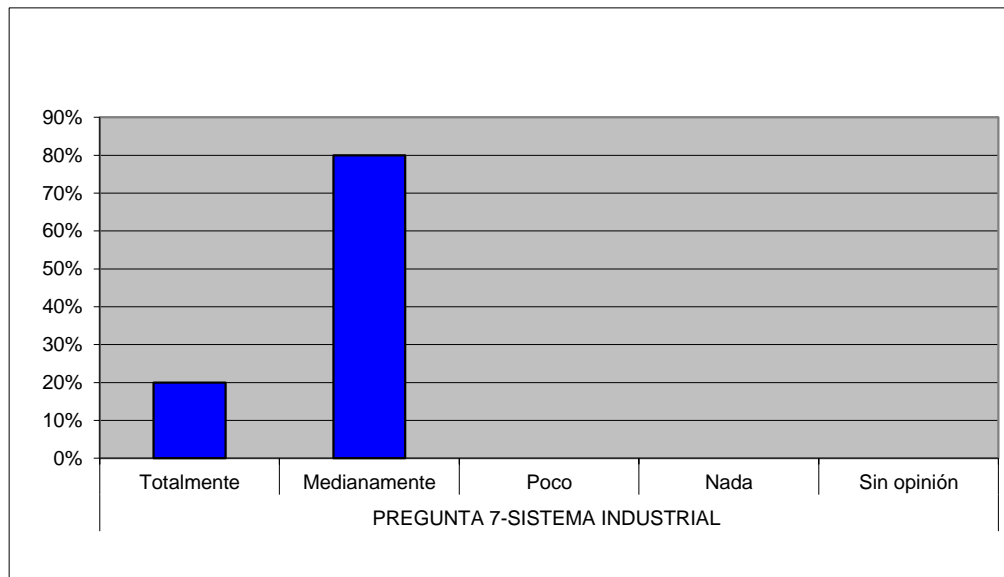


Figura No. 12. ¿El uso de cimbra túnel reduce errores?

Las respuestas de esta pregunta enfocada específicamente al uso de la tecnología de cimbra tipo túnel, es importantemente favorecida, más como un factor “medianamente” responsable de la disminución de errores en el proceso de construcción. No como un factor determinante. Creemos que esto se debe en su mayoría al desconocimiento práctico en el uso del sistema. Los encuestados que utilizan este tipo de tecnología, si creen que es determinante el uso de cimbra tipo túnel para lograr reducir errores de proceso.

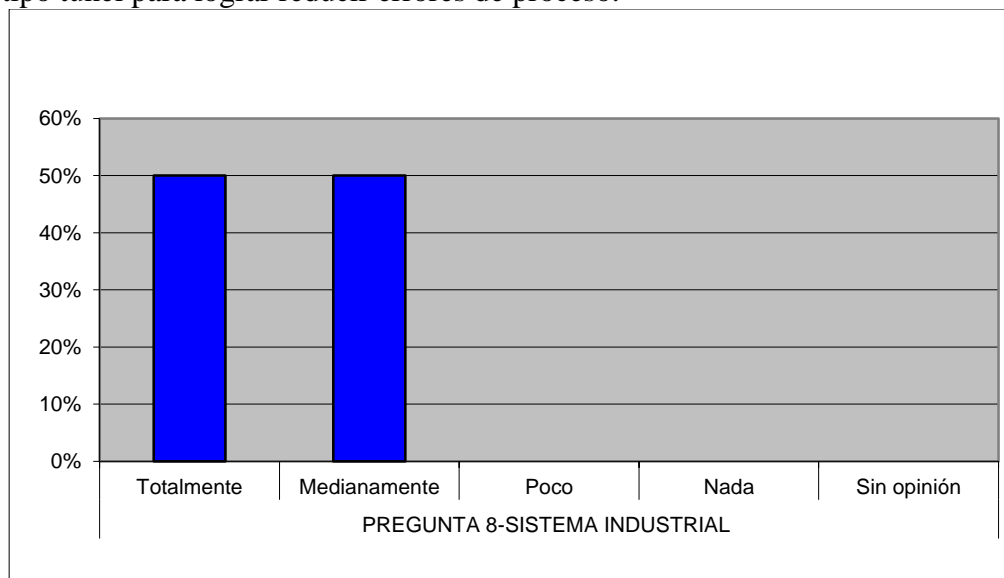


Figura No. 13. ¿El uso de cimbra túnel reduce el tiempo?

La opinión acerca de la capacidad de la tecnología, de reducir el tiempo es mayormente favorable, aunque no como un factor totalmente determinante. Las opiniones se dividen al 50% entre las variables mas positivas de las alternativas. Nuestra opinión es que nuevamente este resultado se debe al poco conocimiento del sistema tipo túnel.

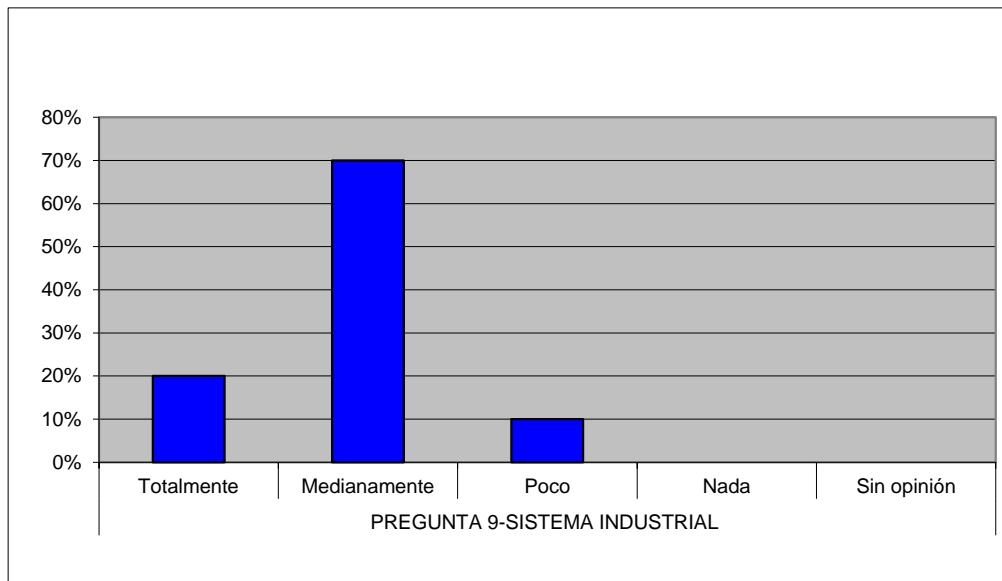


Figura No. 14. ¿El uso de cimbra túnel mejora la calidad?

La opinión acerca de la capacidad de la tecnología, de mejorar la calidad es favorable, sin embargo esta opinión está en la base “medianamente”, como factor más notable. Creemos que esto se debe a que por un lado, se desconoce el uso del sistema en la práctica, y por otro lado, un sistema constructivo para que opere como tal, como sistema, no se basa en la simple sustitución de unos elementos por otros mas tecnificados, implica un compromiso global de mejora e industrialización de todo el proceso, para ver físicamente los resultados.

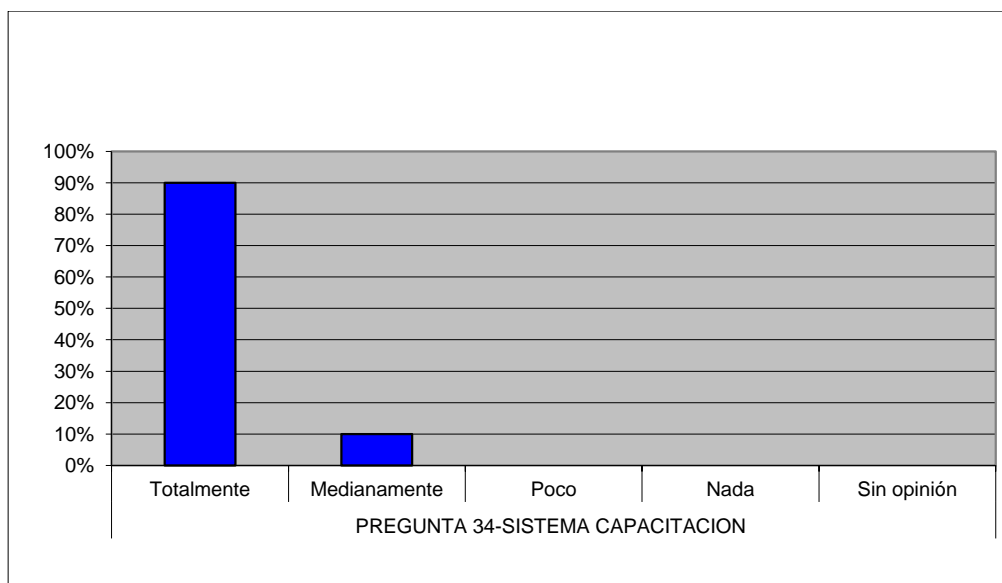


Figura No. 15. ¿Capacitar la mano de obra tiene efecto en la reducción del tiempo?

La gráfica muestra la opinión fuertemente tendiente a que el tiempo se puede reducir no solo con la implementación de procesos industriales y tecnología, sino también con la capacitación del personal, que en si es uno de los procesos naturales de la industrialización de un proceso.

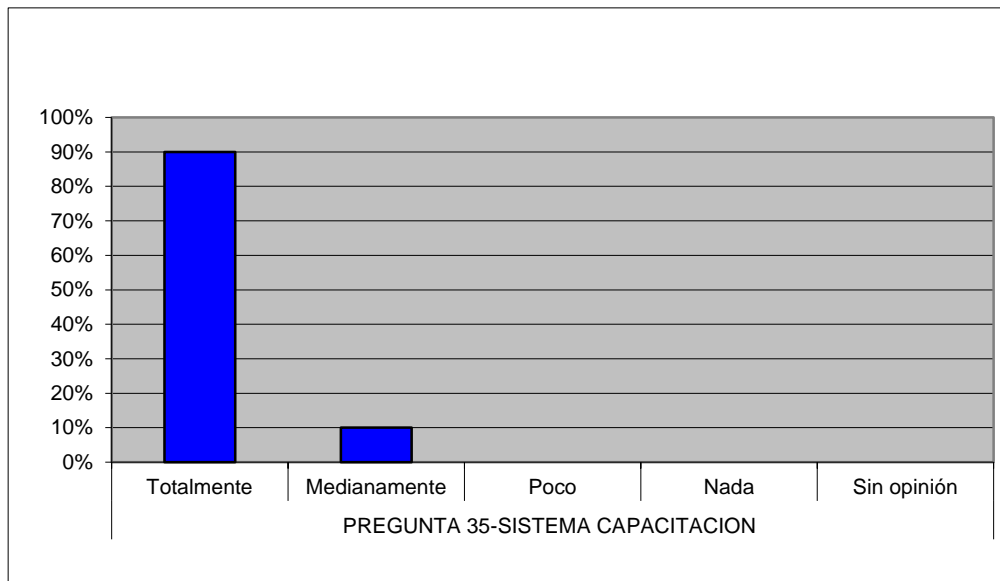


Figura No. 16. ¿Conformar especialistas disminuye errores y tiempo?
 La gráfica muestra las respuestas de un proceso de capacitación, que es la formación de especialistas y como este factor influye en el 90% de las opiniones a favor.

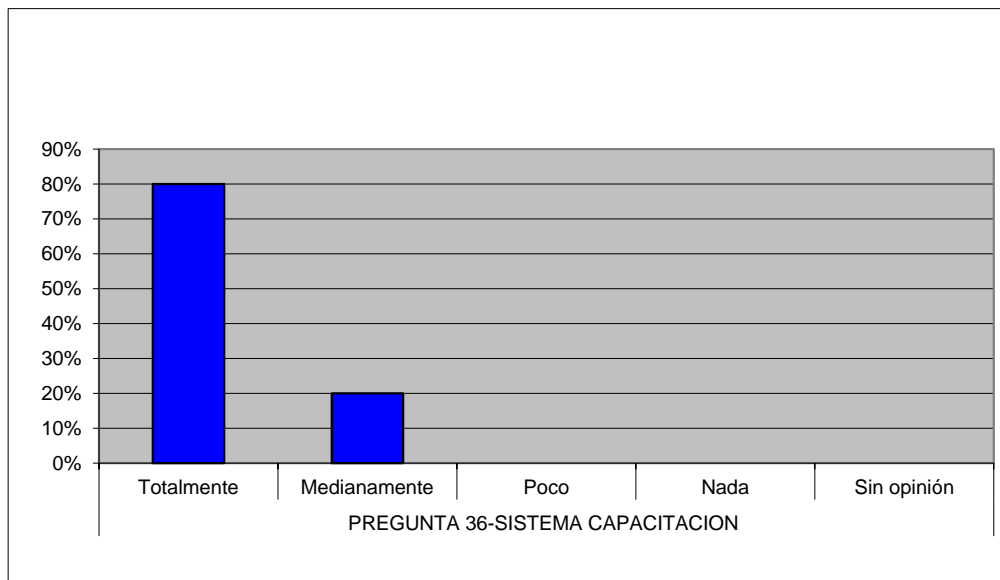


Figura No. 17. ¿Capacitar la mano de obra en uso de tecnología favorece el sentido de integración y compromiso?

La gráfica muestra nuevamente el favor de las opiniones en este sentido. Las siguientes figuras, ilustran la correlación que se encontró entre algunas de las preguntas de la encuesta. Esta correlación muestra más claramente la interdependencia existente entre las variables planteadas en las hipótesis, entre ambos sistemas de construcción.

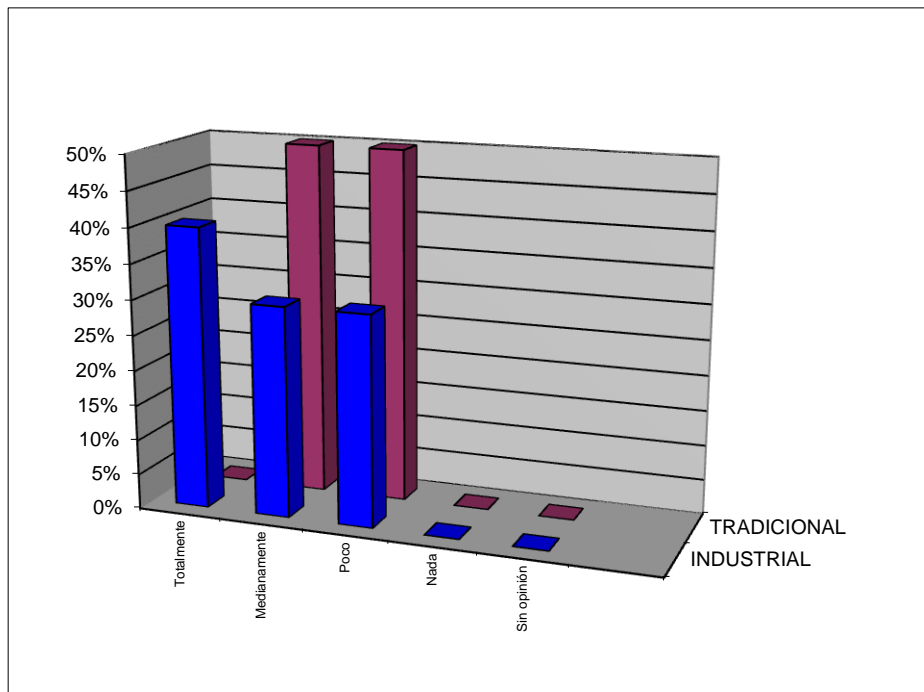


Figura No. 18. Preguntas 10 y 11 ¿La construcción se adapta rápidamente a cambios de demanda?
 Esta figura muestra la interdependencia que se plantea en la tesis, donde la construcción industrial supera a la tradicional con 40% de las respuestas ubicadas en “totalmente”, en la capacidad de agregar valor al producto.

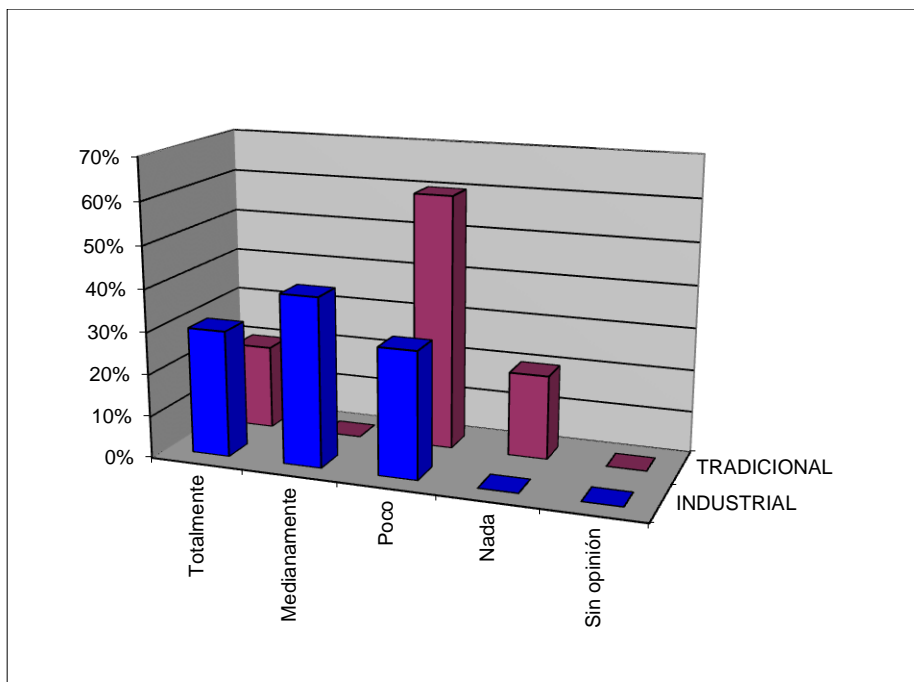


Figura No. 19. Preguntas 12 y 13 ¿Qué proceso de construcción mejor elimina tareas que no agregan valor?
 La figura muestra las opiniones de los encuestados, donde la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de agregar valor al producto.

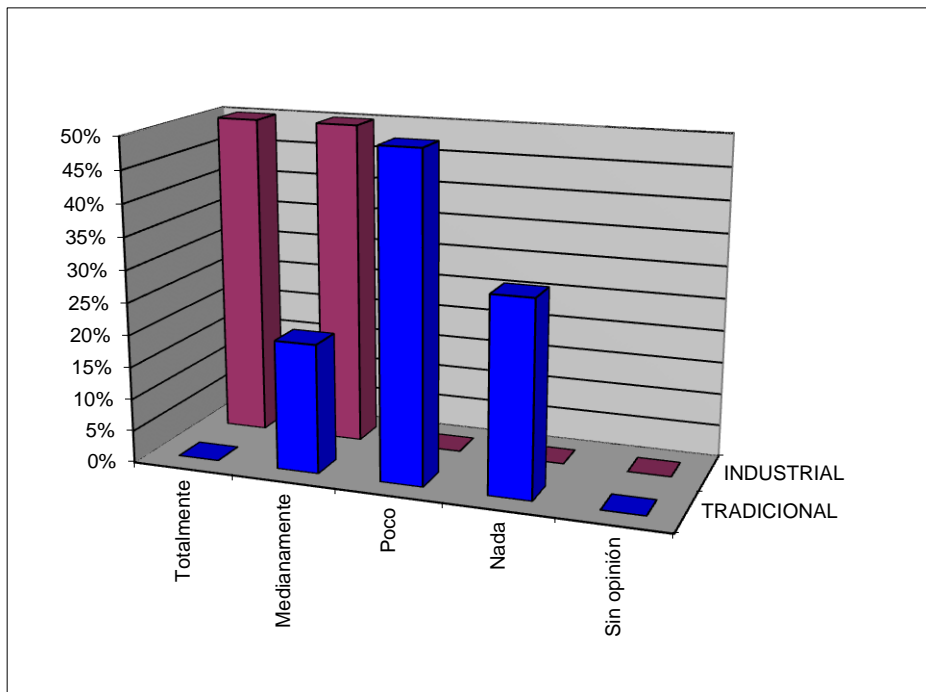
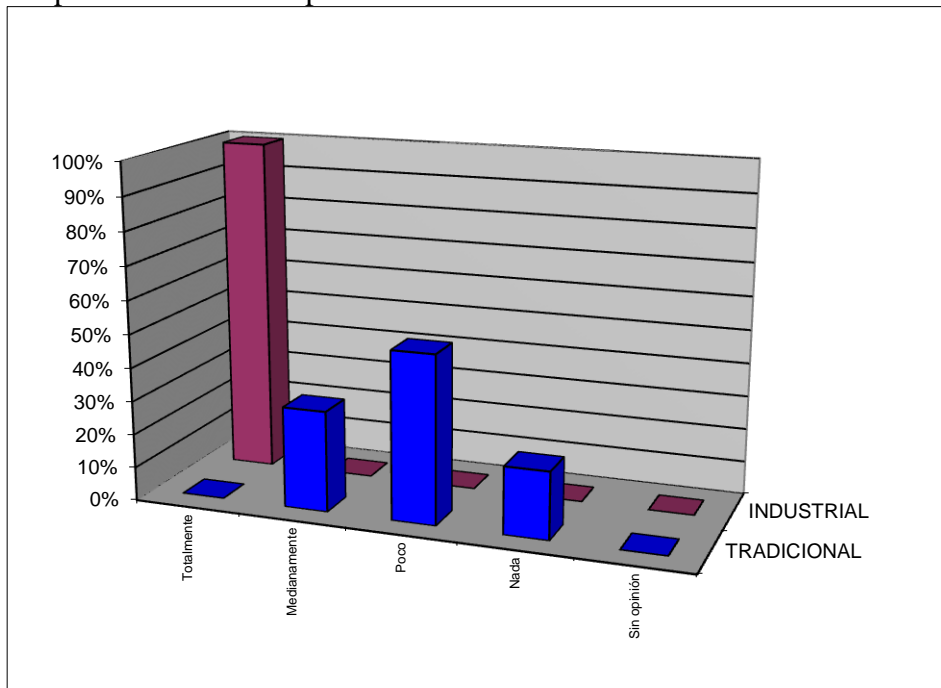


Figura No. 20. Preguntas 14 y 15 ¿La construcción industrial y tradicional minimiza pérdidas?
 La figura muestra como la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de minimizar las pérdidas durante el proceso de construcción.



Gráfica No. 21. Preguntas 16 y 17 ¿La construcción industrial o tradicional estandariza tareas en la línea de producción?
 La construcción industrial supera a la tradicional, en la posibilidad de estandarizar el proceso de construcción como una línea de producción.

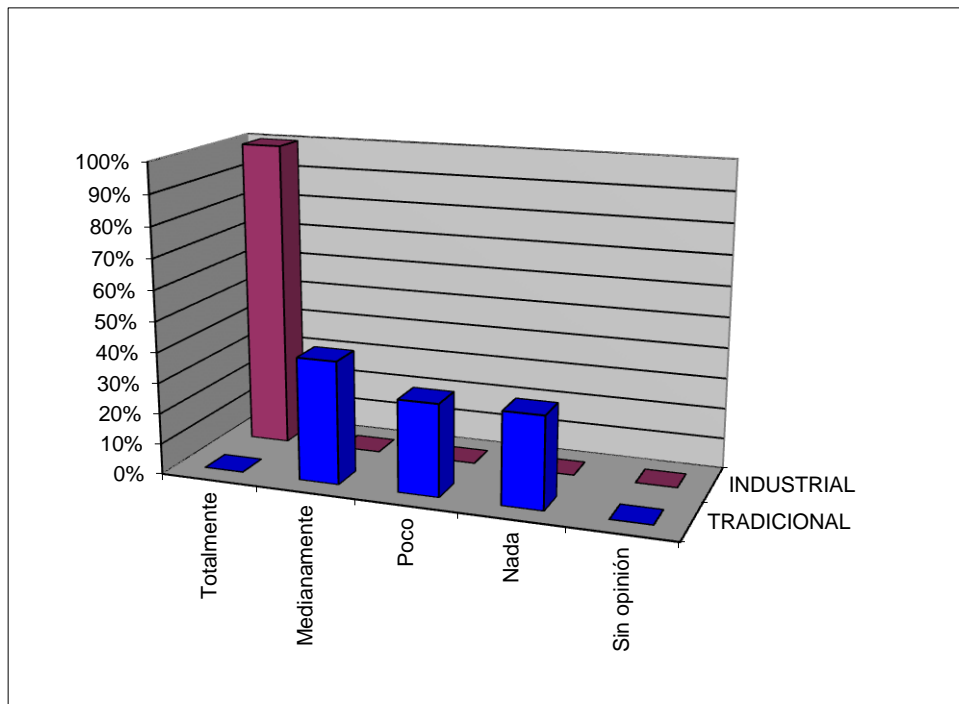


Figura No. 22. Preguntas 18 y 19 ¿La construcción industrial o tradicional reduce mano de obra? Muestra la interdependencia que se plantea en la tesis, donde la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de reducir la mano de obra durante el proceso y el tiempo.

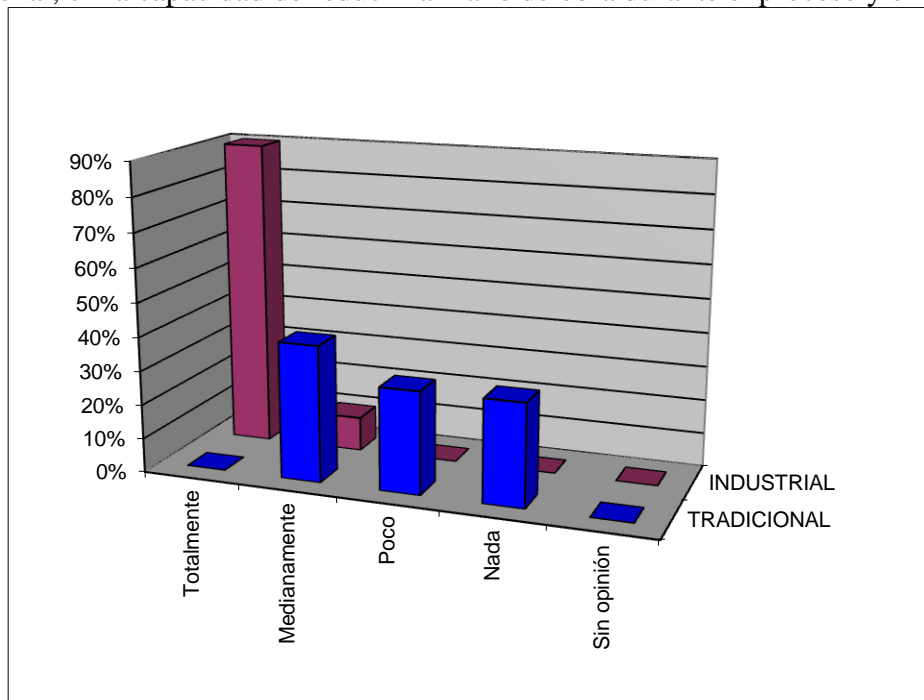


Figura No. 23. Preguntas 20 y 21 ¿La construcción industrial o tradicional sistematiza procesos y reduce tiempos? Muestra como la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de sistematizar el proceso y reducir el tiempo del proceso de construcción.

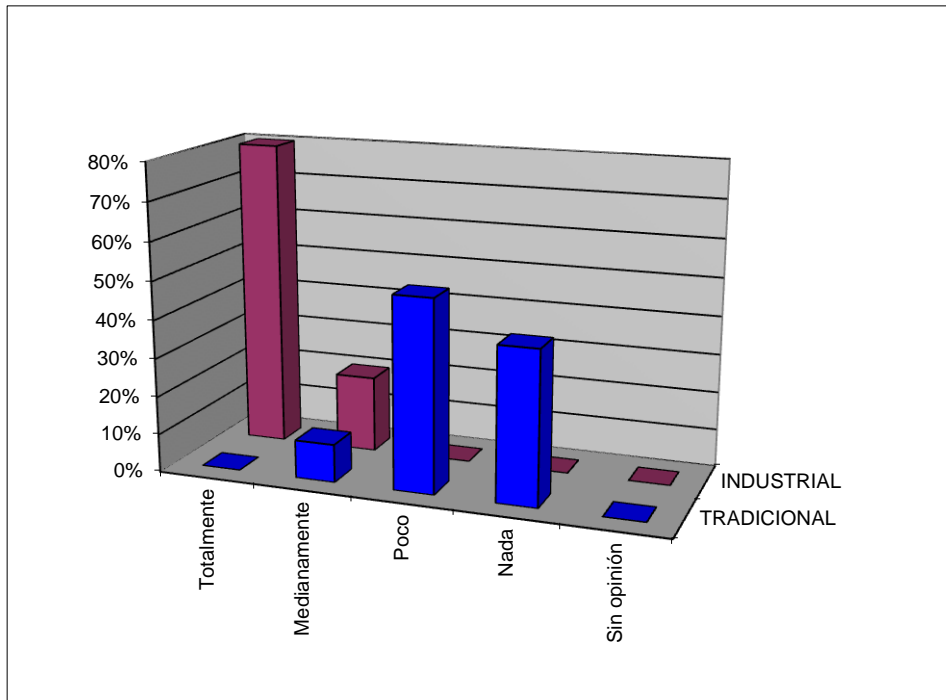


Figura No. 24. Preguntas 22 y 23 ¿La construcción industrial o tradicional reduce esfuerzo físico y tiempo? Muestra la interdependencia, donde la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de reducir el esfuerzo físico y el tiempo de construcción.

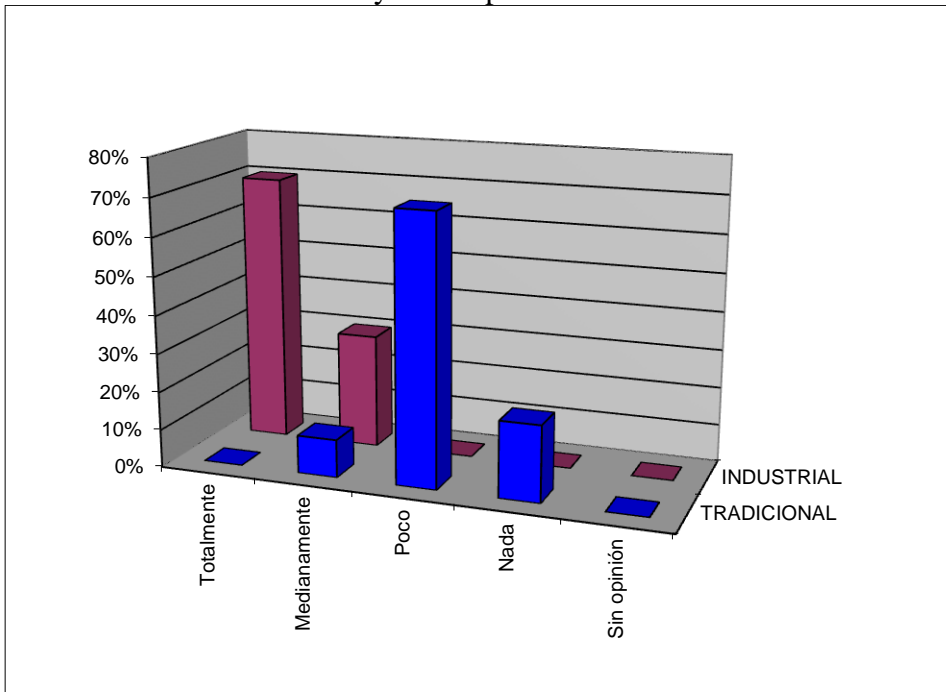


Figura No. 25. Preguntas 25 y 25 ¿La construcción industrial o tradicional perfecciona partidas de trabajo y reduce tiempo? Muestra la interdependencia, donde la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de perfeccionar la realización de las partidas de trabajo y reduce mas el tiempo.

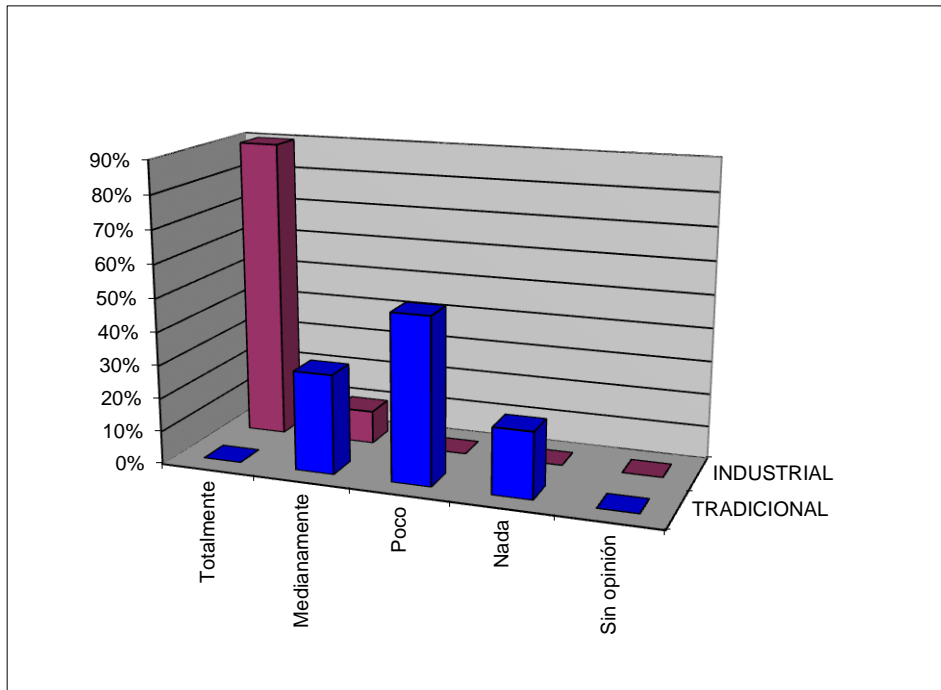


Figura No. 26. Preguntas 26 y 27 ¿La construcción industrial o tradicional mejora el ciclo y reduce tiempo? La construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de mejorar el ciclo de las partidas de trabajo y reduce mas el tiempo.

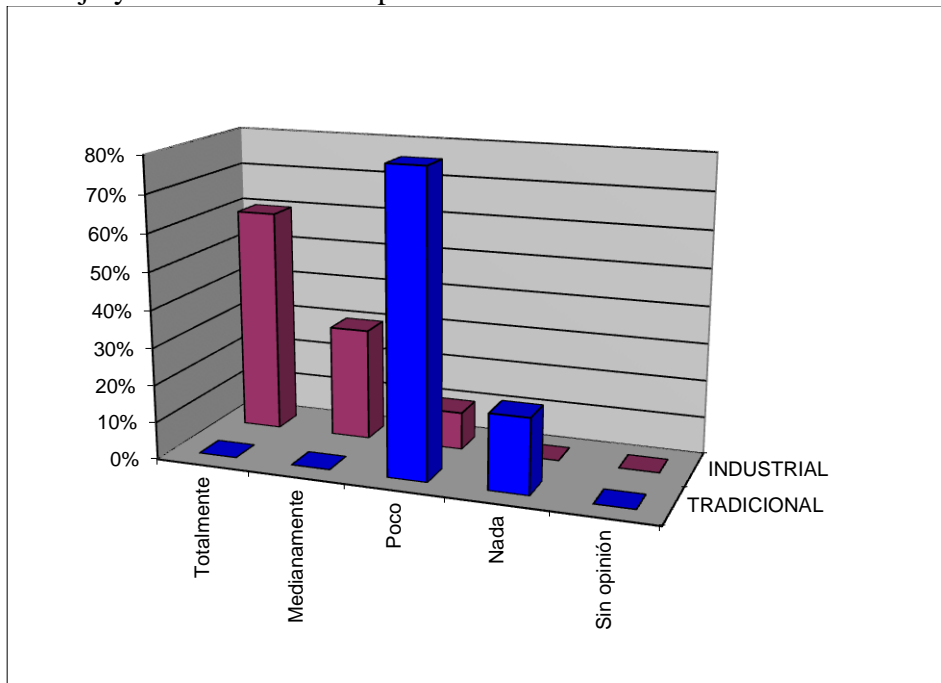


Figura No. 27. Preguntas 28 y 29 ¿La construcción industrial o tradicional reduce desperdicio y tiempo? La figura muestra la interdependencia que se plantea en la tesis, donde la construcción industrial supera a la tradicional, en la capacidad de reducir el desperdicio de las partidas de trabajo y reduce mas el tiempo.

3.7 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN DE CAMPO.

Se llevó a cabo en el año de 2001, un análisis comparativo de los tipos de cimbra más viables para la construcción de vivienda en serie, como parte de las responsabilidades como gerente de proyectos de la empresa GIG Desarrolladores Inmobiliarios S.A. de C.V.

El objetivo era encontrar cual era la opción más conveniente, tanto desde el punto de vista técnico y de calidad, como del costo-beneficio. El resultado fue bastante interesante ya que del análisis se desprendieron tanto ventajas como desventajas, de cada uno de los sistemas, La tabla No. 1 en el anexo B, muestra el resultado.

La conclusión a que se llegó entonces, por parte de la compañía, fue que la mejor alternativa costo-beneficio, así como por las características de proceso y calidad final, serían los moldes tipo túnel Outinord©. Se llegó a esta conclusión debido a que la mejor calidad final la logra el túnel Outinord©, y el costo final por m² de superficie de contacto contra el costo esperado final por vivienda, quedaba dentro de los objetivos de costo de los proyectos a ejecutar.

A raíz de este análisis, la empresa decide adquirir 4 túneles, y partir de la prueba y puesta en marcha de esos equipos, con las 22 casas que se ejecutaron en esa época como prueba, en el fraccionamiento Jardín Real, la empresa decide iniciar en Tijuana, la construcción de 3000 viviendas con esta tecnología.

La experiencia adquirida durante esos años, tanto con el uso de las cimbras tipo túnel, como el de la construcción con sistemas tradicionales, fueron en buena parte, la motivación para elegir éste sistema constructivo, como marco de referencia contra el sistema tradicional, en el desarrollo de la tesis, y para demostrar las posibilidades de mejora que existen en éste último.

Se agregó la tabla comparativa No. 1 del anexo B, como referencia del estudio y soporte del porqué se decidió elegir dicho sistema para la tesis.

En la visita de campo que se llevó a cabo a los proyectos de “La Noria”, en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco y “Los Pinos”, en Aguascalientes, Ags., se analizó el proceso, tanto con el sistema tradicional como del sistema industrial con cimbra tipo túnel, donde se documentaron

los tiempos de ejecución con un sistema y otro. Por obvio de tiempo y por el alcance de la tesis, se comentó anteriormente que se dejaría para futuras líneas de estudio, otras variables, como son el costo, la parte laboral, y la calidad vista desde la perspectiva tanto del producto final como del desempeño.

En la tabla No. 2, del anexo C, se puede apreciar el calendario diario de actividades y días de ejecución, de la construcción de la vivienda con el sistema tipo túnel, que se desarrolla en 25 días de principio a fin.

La figura No. 28, que muestra las 25 estaciones (días), de proceso del sistema con cimbra tipo túnel, y las actividades diarias que totalizan 83. (Ver tabla 2, anexo C)

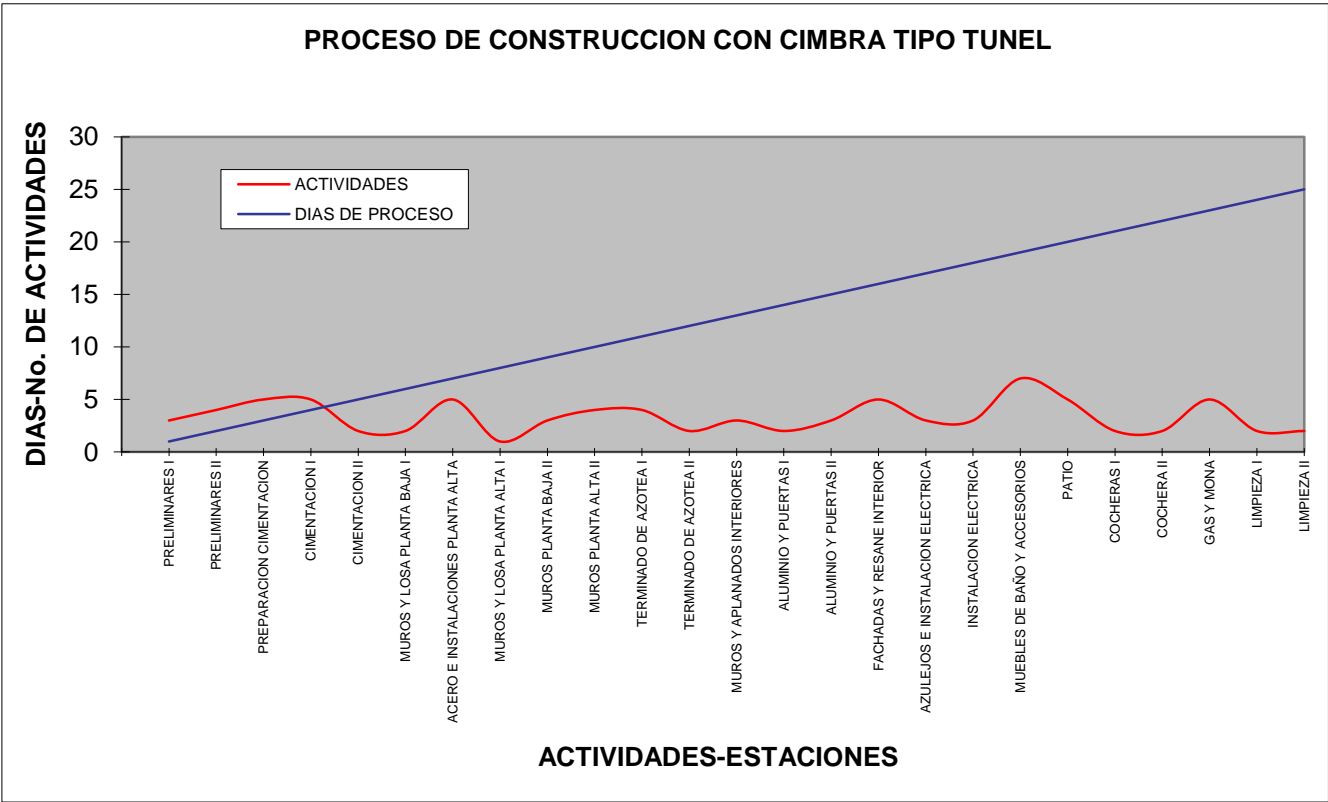


Figura No. 28. Análisis de las actividades diarias y los días que toma ejecutar la vivienda con el sistema de cimbra tipo túnel. Se analizan también cada actividad en la estación diaria, donde se llevan a cabo 83 actividades.

En la tabla No. 3, del anexo D, se puede ver el calendario diario del sistema tradicional, igualmente de una vivienda, de características similares, que toma 43 días para su terminación, y se ejecuta con 136 actividades. En el anexo A, se pueden ver algunas fotografías del proceso diario.

La figura No. 29, muestra las 43 estaciones (días), de proceso del sistema tradicional, y las actividades diarias que totalizan 136. (Ver tabla 3, anexo d)

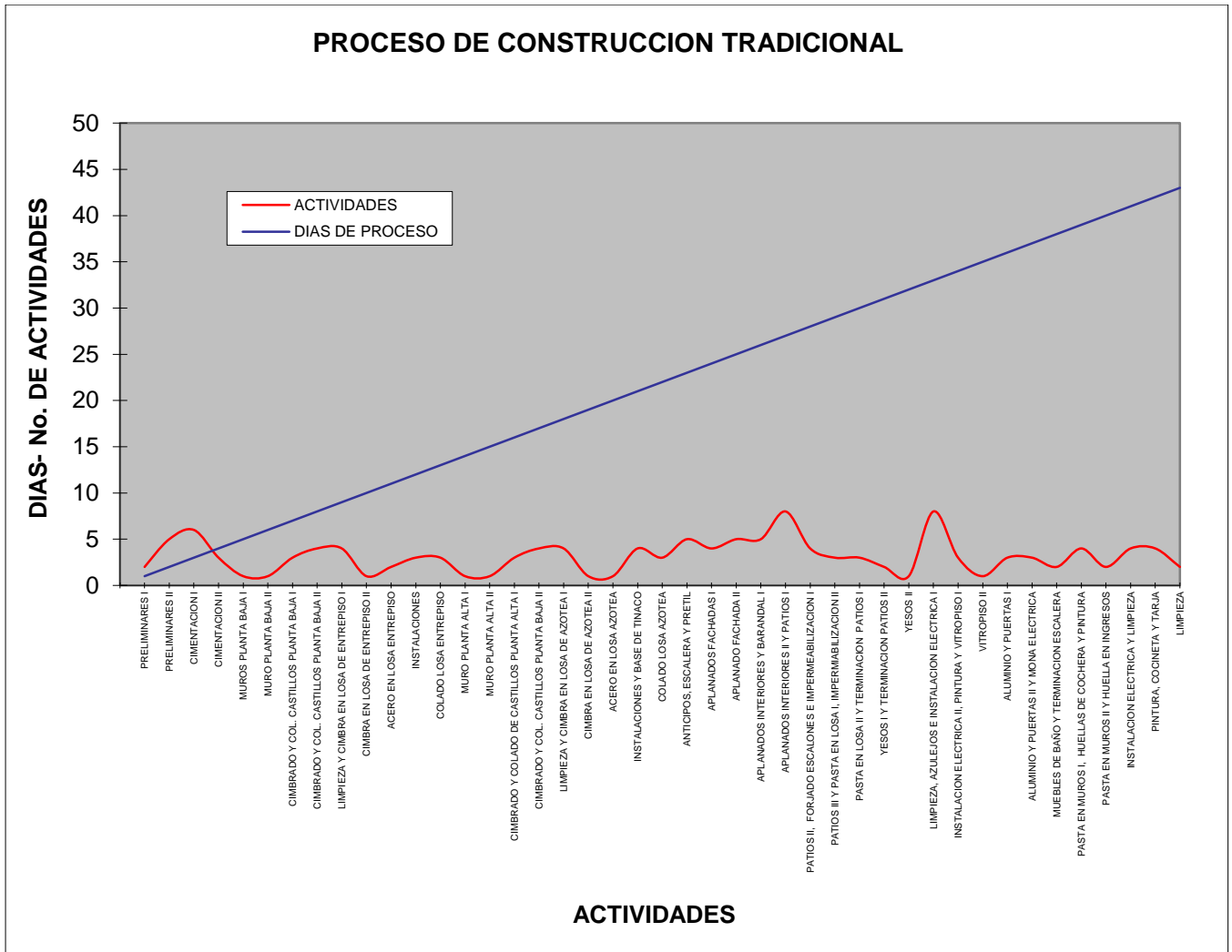


Figura No. 29. Análisis de las actividades diarias y los días que toma ejecutar la vivienda con el sistema tradicional. Se analizan también cada actividad en la estación diaria, donde se llevan a cabo 136 actividades.

En las figuras No. 28 y 29, se puede ver la reducción de tiempo que se logra entre el proceso de construcción tradicional, de 43 días, contra el sistema utilizando la cimbra tipo túnel, de 25 días. Esto se deriva no solo de la posibilidad de construir más rápidamente, sino que efectivamente se eliminan varias partidas de trabajo, de 136 a 83, y por ende materiales, lo que hace un proceso más simplificado y fácil de controlar.

Algunas de las situaciones que se observaron y que por falta de tiempo no es posible documentar más a fondo, y que de cualquier manera, serían un alcance ampliado del presente estudio, es que no necesariamente los factores de retraso o aceleración del proceso de obra están directamente ligados al proceso mismo de construcción. Estos factores se comentan más adelante.

3.8 OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.

Para el desarrollo de la encuesta se consultaron algunos libros referentes al diseño de encuestas, diseño de experimentos, y libros de probabilidad y estadística (Estadística para Investigadores, BOX, HUNTER, HUNTER, Reverte, S.A. 2002/ Statistics Demystified, STAN GIBILISCO, McGraw-Hill, 2004/ Probability Demystified, ALLAN G. BLUMANN, McGraw-Hill, 2005.). En ellos se encontró que es muy importante que al diseñar una encuesta, o realizar una investigación, la objetividad sea la guía, así como la veracidad y confiabilidad de los datos. Es muy fácil llegar a resultados equivocados, cuando la encuesta se ve contaminada con subjetividad o cuando se enfoca en el universo equivocado.

Para el diseño de la encuesta se tomó como base un documento inicial de prueba, mismo que fue enviado a varios candidatos (en este caso se envió a ocho de ellos) para afinar las preguntas y lograr una mayor efectividad de la encuesta final, una vez que se llevara a cabo.

Al contar con la encuesta final, se entrevistó personalmente a varios de los encuestados. Estas entrevistas arrojaron comentarios interesantes que se plantean más adelante, en el análisis de los resultados.

Se aprecia una marcada tendencia en las figuras presentadas, que las respuestas de los encuestados coinciden con los planteamientos de las hipótesis planteadas por el investigador.

Esta tendencia confirma preliminarmente las hipótesis, y dan pauta para que se generen estudios más profundos acerca del mismo tema, y plantea la generación de otras líneas de investigación, en busca de aportar metodologías encaminadas a la mejora del sistema tradicional de construcción.

En las conclusiones y recomendaciones de la tesis se llegará más a fondo acerca del resultado de la investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

4.1 RESULTADOS CUANTITATIVOS Y ESTADISTICOS.

La interpretación de los resultados de la encuesta en forma global revelaron los siguientes datos. De la muestra encuestada, más del 70% de las respuestas consideran que es muy viable que la velocidad del proceso de construcción se vea acelerado con la implementación de procesos industriales y tecnología, aplicada a la construcción.

La figura 1, nuevamente, muestra el resultado global de la encuesta en términos del porcentaje contra el total evaluado.

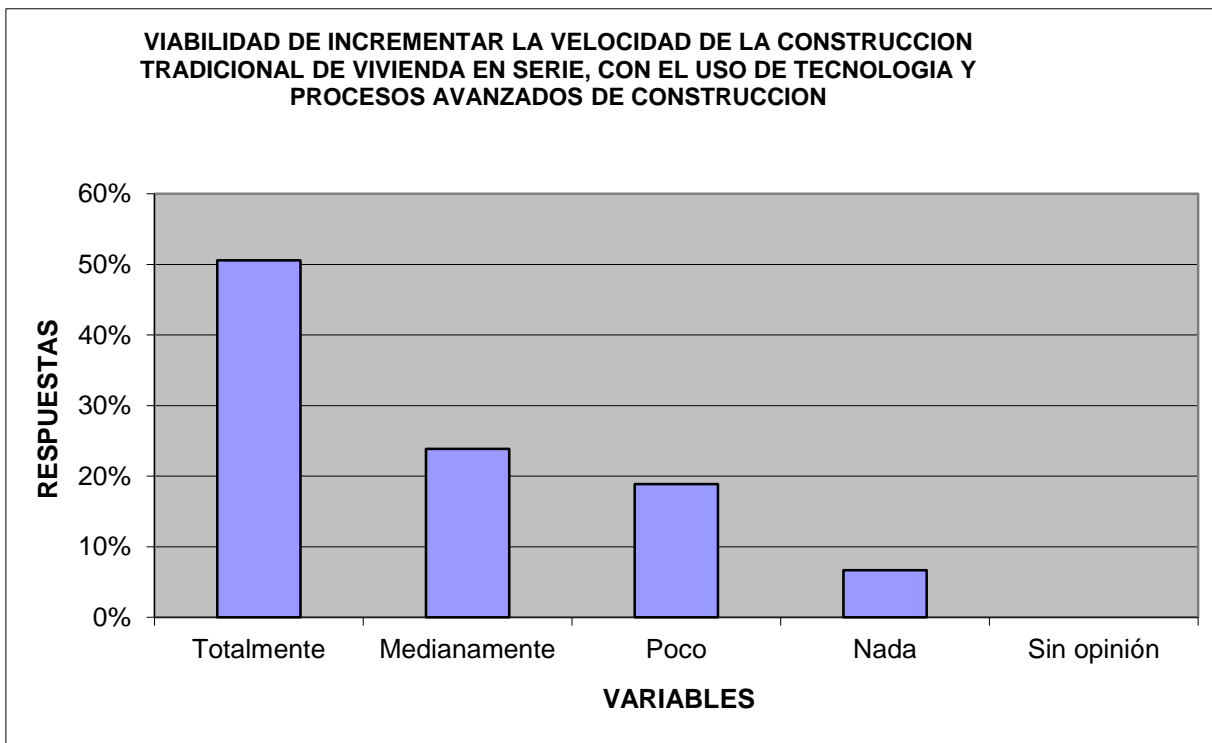


Figura No. 1. Total de las respuestas obtenidas de las encuestas aplicadas, en forma porcentual.

4.2 CÓMO SE RELACIONAN LAS VARIABLES.

A raíz de los resultados obtenidos de las encuestas y la investigación de campo, se desprende que efectivamente existe una relación de correspondencia entre las variables del estudio. La construcción tradicional y la construcción con sistemas avanzados de producción como la adición de tecnología efectivamente responden las propuestas planteadas en las hipótesis. Sin embargo, uno de los datos interesantes, es que en realidad, la velocidad del proceso constructivo tanto en un caso como en otro, depende muy poco en si, para el plan de trabajo global de un desarrollo de vivienda. Otros factores como son los siguientes:

1. La titulación de los créditos de vivienda.
2. La recepción de los fraccionamientos por parte de las autoridades.
3. La falta de recursos que se puedan aplicar a campo, derivados de los dos factores anteriores.
4. La coordinación de los equipos de ventas con los de producción.

Estos factores son en su mayoría los que determinan el paso al que se debe construir un desarrollo.

Existe por otro lado algunas empresas desarrolladoras de vivienda, que han logrado armar equipos muy eficientes e interdisciplinarios, que trabajan coordinadamente, para lograr los objetivos finales de plan de negocio, Es aquí donde la construcción en tiempo, y en forma mas controlada, efectivamente juega un papel determinante.

4.3 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Recordando las hipótesis planteadas para el estudio establecimos lo siguiente:

Hipótesis 1.

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, reduce hasta en un 55% el tiempo global de ejecución de obra en la construcción de vivienda masiva, en comparación con sistemas tradicionales de construcción.

Como puede verse en las tablas 2 del anexo C, y 3 del anexo D, comparativas del proceso de construcción, las estaciones establecidas para el sistema tradicional de 43 días, y el sistema industrial de 25, equivalen a una reducción del tiempo de un 41.86%. Esto se calcula obteniendo la diferencia de tiempo entre 43 y 25 días, que es 18 días. 18 días es equivalente a un ahorro en días de 41.86%

Hipótesis 2.

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, simplifica el proceso de ejecución de la construcción reduciendo significativamente el número de elementos y partidas de trabajo que deben ser controladas, cuantificadas y almacenadas en un 50%, en comparación con sistemas tradicionales de construcción.

Del mismo análisis se desprende la comprobación de esta segunda hipótesis. Tomando en cuenta que cada “estación” equivale a una partida de trabajo diaria, o varias partidas, como se ve en las tablas 2 del anexo C, y 3 del anexo D, el porcentaje de disminución en el tiempo es equivalente a los procesos-día llevados a cabo, y por consiguiente de los materiales-elementos, utilizados dentro del mismo. Esto genera una disminución de 136 actividades a 83, generando una diferencia de 53 actividades menos. El mismo análisis porcentual se aplica dando como resultado un porcentaje de 38.97% de disminución de los elementos involucrados, lo que simplifica enormemente el proceso, y por consiguiente el control del mismo. El porcentaje resulta de calcular la cantidad de partidas involucradas en el sistema tradicional, contra las resultantes del sistema industrial.

Hipótesis 3.

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, simplifica el proceso de ejecución de la construcción reduciendo significativamente el número de errores y fallos de calidad en un 50%, en comparación con sistemas tradicionales de construcción, dato estimado en base a los tiempos reales de ejecución y volumen de retrabajos ejecutados.

De las respuestas de las encuestas aplicadas a los responsables de construcción de varias empresas constructoras, el 51% estuvo de acuerdo en que es totalmente viable que la utilización de la tecnología y procesos industriales, favorecen la reducción de errores y fallos de calidad. Otro 24% concluyó que es medianamente viable. Esto se concluye como resumen global de la encuesta. Las figuras 12 y 16, definen más detalladamente estos puntos. Lo que nos indica que la hipótesis planteada es correcta. (Ver figuras Nos. 1, 12 y 16)

Hipótesis 4.

- La aplicación de moldes tipo túnel y procesos industriales, permite construir la vivienda de interés social en serie, con superficies entre 58.00m² y 92.00m², en un máximo de 24 días, comparado con las 11 semanas promedio de la industria vista en los procesos de construcción tradicional.

En este caso específico, la comprobación de la hipótesis se llevó a cabo con la verificación de campo de ambos sistemas constructivos. Por un lado en el desarrollo de Los Pinos se utiliza el sistema tradicional, y se vio el desarrollo del mismo durante la ejecución de los 43 días de trabajo. Por el otro lado, en la construcción de las viviendas en el desarrollo de “La Noria”, en Tlajomulco, Jal. se utiliza la cimbra tipo túnel, que ejecuta la vivienda en 25 días.

Hipótesis 5.

- Las causas de retraso en la construcción de vivienda con moldes tipo túnel son menores que en la construcción de vivienda con sistemas tradicionales.

En este caso, y dado que la experiencia en el uso de moldes tipo túnel, está limitado a las empresas de construcción de medianas a grandes, y de estas solo dos de las empresas estudiadas cuentan con dichos equipos, los comentarios fueron variados y muy interesantes.

La conclusión de varios gerentes de construcción y personal de obra es que efectivamente el uso de mejores procesos constructivos y el uso de tecnología constructiva, reduce tiempos

de obra l reducir partidas de trabajo y la posibilidad de errores y por consiguiente, la necesidad de retrabajos que suman tiempo a la terminación de las obras.

Las variables que más afectan en términos de la velocidad de construcción, son las mencionadas anteriormente, lo que en consecuencia provoca que los recursos económicos no lleguen en tiempo a los promotores, para que estos a su vez, puedan hacer llegar los suministros a campo. Sin embargo, y tomando en cuenta que el estudio se enfoca solamente en los factores directamente relacionados con la velocidad del proceso, si coincide con el autor del estudio, en que es más factible lograr mayor velocidad de construcción dentro de un sistema industrializado que en uno tradicional. Esto mismo se soporta con las respuestas recavadas de las encuestas.

4.4 OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.

La etapa del análisis de los resultados resultó ser una tarea lenta y de mucho trabajo de razonamiento. La información recavada, aunque clara y concisa, solo establece la realidad de los hechos estudiados. El interpretar los mismos de forma congruente y correcta, de manera que sean de utilidad para comprobar los postulados de las hipótesis, y que al final sirvan de base para propuestas prácticas del estudio, resultó una tarea intensa.

Dado el limitado alcance de la tesis derivado del corto tiempo para su realización, dejan muchos aspectos en el tintero, de manera que será necesario continuar con el estudio, en lo futuro.

El análisis del planteamiento base, acerca de la velocidad en la construcción de la vivienda en serie, deja claro que no es en si determinado, o más bien, determinante, el factor tiempo, en todos los casos.

Por ejemplo, se detectó que de las empresas entrevistadas, aquellas que tienen una estructura limitada de personal, o recursos limitados, no pueden acceder fácilmente a tecnología que les permita ser más productivos o eficientes, por lo que se tienen que avocar a

encontrar las formas de incentivar al personal de obra a que hagan un mejor trabajo y con menor cantidad de errores, lo que al final se traduce en tiempos mas cortos de producción, al prevenir retrabajos. Así mismo, la búsqueda de la velocidad estará más bien centrada en lograr mayor eficiencia dentro del mismo proceso tradicional de construcción, buscando estandarizar los procesos más críticos como es la construcción de la superestructura.

Por otro lado las empresa grandes, con mayores recursos, si están destinando recursos a la adquisición de tecnología de construcción industrial, y dedicando recursos humanos y materiales a la búsqueda de acortar los tiempos de proceso, mejorar la calidad, y por ende los errores, que cuestan tiempo y dinero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.

5.1 INTRODUCCIÓN.

El último capítulo de la tesis, se enfoca a explicar en forma resumida el desarrollo global del trabajo, y exponer las conclusiones finales del estudio, y las experiencias y aprendizaje adquirido.

Se nos presenta un sentimiento encontrado, ya que por un lado se ha llegado a la conclusión de una etapa de trabajo y esfuerzo importante, y por otro lado, quedan muchas preguntas por resolver, mismas que se fueron presentando a lo largo del trabajo de tesis.

Se dejarán claras las propuestas planteadas, y una vez expuestos los resultados y el análisis realizado en los capítulos anteriores, se expresaran algunas opiniones personales acerca del caso, que respetuosamente dejamos a los lectores para su juicio

5.2 LA UTILIZACIÓN DE MOLDES TIPO TÚNEL Y METODOLOGÍA DE PROCESOS DE TIPO INDUSTRIAL, COMO HERRAMIENTA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA EN SERIE.

5.2.1 RESUMEN.

Como propósito principal de la tesis, planteado en las hipótesis, se buscó demostrar la relación de dependencia existente entre las variables; Construcción con sistemas tradicionales y Construcción con sistemas industriales, y cómo la implementación de la segunda propuesta, mejoraba la velocidad del proceso comparado contra la primera.

Se tomó específicamente una tecnología de cimbra tipo túnel para el caso de estudio, donde se planteó que con el uso de ésta tecnología es posible lograr una reducción hasta de un 50% del tiempo de ejecución, así como de los materiales y partidas de trabajo involucrados, de manera que el resultado es en un proceso mucho mas fácil de controlar, y que reduce la posibilidad de cometer errores en el proceso, lo que implica finalmente alargar el tiempo de trabajo, derivado de los retrabajos necesarios para lograr que el producto conforme con las especificaciones de calidad del proyecto.

Se encontró que efectivamente las hipótesis planteadas se dieron en forma positiva, y en cierto grado fueron superados los parámetros predefinidos, tanto como resultado de la opinión de los encuestados, como de la revisión de campo que se efectuó en dos desarrollos de vivienda comparables, El primero en la población de Tlajomulco, Jal. y la otra en la ciudad de Aguascalientes, Ags.

Se llevó a cabo primeramente una extensa investigación bibliográfica, la que dio mayor soporte a las hipótesis planteadas, al encontrar que existen varios casos donde se ha planteado en otras partes del mundo, la necesidad de industrializar la construcción, al estar a la fecha en grave desventaja, en relación con las demás industrias manufactureras. Esto ha llevado gradualmente a que la industria de la construcción pierda competitividad, y que los costos sean cada vez más altos, para lograr la entrega al usuario final, y los tiempos de proceso de construcción tampoco se han reducido. Sin hablar del tema del desempeño, o de la calidad, que como se mencionó varias veces en la tesis, es otra línea de estudio.

Los problemas básicos encontrados, fueron más bien relacionados con la falta de tiempo que las personas seleccionadas como candidatos para las encuestas, podían dedicar a la atención de esta. Un obstáculo no muy aparente, más fue posible detectarlo también, es el temor a compartir información relacionada con sus empresas.

La metodología utilizada fue la planteada por los asesores de tesis y el director de la misma, donde se partió del diseño de un plan de trabajo que identificó los principales objetivos de la tesis y de ahí se procedió a la investigación bibliográfica para soportar las hipótesis planteadas. Una vez que se reforzaron los postulados con la investigación, se definió claramente las hipótesis de soporte de la investigación, y se prosiguió con el trabajo de definición de las herramientas para lograr demostrar éstas.

Se seleccionó el camino de la elaboración de una encuesta basada principalmente en los planteamientos definidos en el alcance y las hipótesis de la tesis, y adicionalmente se llevó a cabo una investigación de campo, donde el principal reto fue lograr acoplar las demandas de tiempo del trabajo profesional, con aquel de las personas que nos facilitarían acceso a las obras y la información pertinente al estudio.

Una vez que se recolectó toda la información y se analizó, se siguió un criterio donde se identificó la correspondencia entre las respuestas de la encuesta, y el análisis

de campo, y se logró identificar que en lo general, mas del 50% de los encuestados soportaron con un criterio a favor, la importancia que representa la aplicación de procesos de tipo industrial y el uso de tecnología para lograr incrementar el rendimiento, y por ende la velocidad de la construcción de la vivienda en serie, para que esta ecuación apoye en el logro del objetivo final de los desarrollos de vivienda, que es lograr un retorno atractivo y pronto, del capital invertido por los inversionistas.

5.2.2 OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.

La parte más importante que el investigador se lleva de la elaboración de la presente tesis, no ha sido solamente el demostrar las hipótesis planteadas, sino que adicionalmente, nos ha generado una visión diferente acerca del entorno profesional en que nos desempeñamos. Las nuevas habilidades desarrolladas no solo con la elaboración de la tesis, en cuanto a la investigación orientada, y la capacidad de analizar y sintetizar una gran cantidad de datos de manera que expliquen una teoría dada, sino a lo largo de los dos años de la maestría, marcan un parte aguas en el futuro del desempeño profesional del que escribe. Cambia en lo general para mejorar, ya que la serie de herramientas obtenidas y conocimientos adquiridos, se han convertido en una ventaja competitiva importante en el presente y a futuro.

La elaboración de la tesis en concreto arroja una luz acerca del quehacer de muchos profesionales que como el investigador, sienten permanentemente la inquietud de plantear preguntas y encontrar las respuestas del porqué de las cosas y de cómo lograr hacerlas de una mejor manera, que represente no solo un beneficio personal, sino un avance para la comunidad, en la búsqueda de una mejor calidad de vida.

5.2.3 RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que se desprenden del estudio llevado a cabo sonaran un poco limitadas ya que el alcance de la tesis, de forma de poder llevarla a cabo en un plazo corto, también fue limitado.

Estas recomendaciones van mas enfocadas a que las empresas constructoras emprendan la búsqueda de las debilidades y fortalezas de cada empresa en la tipología de construcción que se desempeña, ya que sería imposible establecer una regla que se aplique para todas y cada una de ellas.

Una vez que se definan las escalas de acción en que se desempeñan las empresas, es importante asignar un equipo de trabajo que efectivamente dedique tiempo y recursos para el desarrollo de su propio plan de acción para, primeramente conocer la capacidad con que se cuenta para poder llevar su proceso de construcción de un método tradicional, de mano de obra intensiva, a gradualmente trascender a un sistema de construcción, lo más cercano a prácticas y procesos industriales.

México siendo un país en desarrollo, y con perennes problemas de tipo político-económico, determinará un factor importante a observar, para medir el tamaño del riesgo que implicaría el involucrar la empresa en un proceso de industrialización. Sin embargo, esta situación no deberá ser limitante, ya que existen empresas hoy en día en México, que están llevando a cabo programas de adquisición de tecnología, y de rediseño de sus procesos de construcción, para lograr construir bajo el esquema de líneas de producción.

La velocidad en la construcción creo que es definitivamente un factor que debe ser considerado muy en cuenta, ya que en muchos casos puede determinar la disminución o crecimiento del rendimiento de la empresa constructora.

5.2.4 OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

La velocidad no es la única variable a considerar. Y como se planteo al principio, en el alcance de la tesis, existen otras líneas de investigación muy importantes como son las siguientes:

- *El desempeño de la mano de obra, y del proceso en general.*
- *La calidad durante el proceso de la construcción.*
- *El control de usos de los recursos, para lograr reducir el desperdicio e incrementar la productividad.*
- *El tema ético, relacionado con la utilización de tecnología, y desplazamiento de la mano de obra poco calificada.*
- *La calidad total, como un tema que se debe incorporar dentro del proceso global de un proyecto de construcción.*
- *Lograr mayor eficiencia, a través de la introducción de nuevos conceptos de diseño de construcción y filosofías de trabajo como la teoría de soportes y Construcción LEAN.*

ANEXO A.

IMÁGENES DE ALGUNAS ETAPAS DEL PROCESO DE CONSTRUCCION CON CIMBRA TIPO TUNEL.

Foto No. 1. Construcción con el sistema Outinord©, con grúa estática.



Fotos No. 2 y 3. Casas en proceso con el sistema Outinord©.



Fotos No. 4 y 5. Casas terminadas con el sistema Outinord©.



ANEXO B. TABLA DE CARACTERISTICAS DE TIPOS DE CIMBRA.

Tabla No. 1. (Fuente, Gerencia de diseño GIG, Arq. Carlos Magaña Dd.)

COMPARATIVA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS A BASE DE CONCRETO (US DLL S. 10.45)

COMPR	SISTEMA DE CIMBRAS	OUTINORD	OUTINORD	EFCO LITE	PANEL EFCO	PERI	SYMONDS	CIMBRAMEX	WESTERN FORMS
	DESCRIPCION GENERAL	TUNEL METALICO - CIMBRAMEX MUROS SECUNDARIOS + TABLADROCA	TUNEL METALICO - CIMBRAMEX MUROS SECUNDARIOS + TABLADROCA	PANELES METALICOS INTEGRADOS EN MUROS - MANUALES EN LOSAS	PANELES METALICOS MANUALES	PANELES MANUALES - RECUBRIMIENTO DE MADERA	PANELES MANUALES - RECUBRIMIENTO DE MADERA	PANELES MANUALES - RECUBRIMIENTO DE MADERA	PANELES DE ALUMINIO MANUALES
	NUMERO DE USOS GARANTIZADOS	1,000	1,000	700	500	200	200	400	1,000
	COSTO DE ADQUISICION INCLUIVA FINANCIAMIENTO	688,605 EN DOLARES \$ SEMESTRALIDADES	688,605 EN DOLARES \$ SEMESTRALIDADES	281,328 VIA ARRENDADORA	130,816 VIA ARRENDADORA	164,687 VIA ARRENDADORA	141,363 VIA ARRENDADORA	71,292 VIA ARRENDADORA	164,785 VIA ARRENDADORA
	USO DE CIMBRA	689	689	402	262	823	707	178	165
	MANO DE OBRA	1,933	1,933	1,900	3,000	3,000	1,867	3,000	3,000
	GRUA	3,623	3,623	2,198	0	0	0	0	0
	COMPLEMENTOS (MUROS, CIMENTACION, PRETL)	4,391	4,790	231	231	231	231	231	231
	INTEGRADO DE CIMBRAS	10,635	11,034	4,731	3,493	4,054	2,804	3,409	3,396
	COSTO CASA DUPLEX	132,299	132,698	119,126	117,185	123,055	120,062	0	0
	USOS ESTIMADOS POR MES	22	22	22	22	22	22	22	22
	EQUIVALENCIA A RENTA MENSUAL	15,149	15,149	8,842	5,756	18,113	15,550	3,921	3,625
	COSTO/M ² CIMBRA DE CONTACTO	26,53	27,53	9,84	7,26	10,11	7,00	8,51	8,47
	COSTO/M ² CONSTRUIDO	1,133	1,137	1,020	1,004	1,054	1,028	0	0
	PERSONAL MANEJO DE CIMBRAS	12	12	14	20	20	12	20	20
	PERSONAL MUROS SECUNDARIOS	4	4	0	0	0	0	0	0
	PERSONAL GRUA	2	2	2	0	0	0	0	0
	TOTAL PERSONAL SISTEMA DE CIMBRA	18	18	16	20	20	12	20	20
	CALIDAD DE TERMINADOS	Totalmente fino.	Totalmente fino.	Totalmente fino.	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	CALIDAD DE MUROS	Excelente no uniforme	Excelente no uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme
	CALIDAD DE LOSAS	Excelente uniforme	Excelente uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme	Muy buena uniforme
	VENTAJAS COMPETITIVAS EN COSTO	Aplicación directa de acabados, menos trabajos de alineamiento y desplome.	Aplicación directa de acabados, menos trabajos de alineamiento y desplome.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.	Concreto de menor resistencia en muros, más económico.
	VENTAJAS COMPETITIVAS EN CALIDAD	Obligación del ciclo diario.	Obligación del ciclo diario.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.	Si no se logra el ciclo diario, el costo de la grúa es una penalización.
	VENTAJAS COMPETITIVAS EN TIEMPO	Conexión muros secundarios toman días adicionales.	Conexión muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.	Conexión losa-muros secundarios toman días adicionales.
	DESVENTAJAS EN COSTO	2 Meses	2 Meses	30 a 45 días	30 a 45 días	30 a 45 días	30 a 45 días	30 a 45 días	30 a 45 días
	DESVENTAJAS EN CALIDAD	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días
	TIEMPO DE ENTREGA	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días
	TIEMPO DE RESPUESTA A ACCESORIOS	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días
	TIEMPO DE CONSTRUCCION POR DUPLEX	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días	17 días
	CICLO DE CIMBRA	1 Etapa colado muros y losas + 1 etapa muros complementarios	1 Etapa colado muros y losas + 1 etapa muros complementarios	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas
	DESERVACIONES	1 Etapa colado muros y losas + 1 etapa muros complementarios	1 Etapa colado muros y losas + 1 etapa muros complementarios	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas	2 Etapas colado muros y losas

La tabla No.1, del anexo B, indica las características de calidad de terminación de cada sistema, así como el monto de la inversión, tanto en equipos como en grúas, y la cantidad de personal requerido para la operación de cada uno de ellos. Este análisis sirvió para entender el alcance real de la inversión y el proceso de construcción, y las especificaciones de terminados de cada equipo. De esta manera fue posible tomar una decisión adecuada para adquirir equipos de cimbra y así lograr mayor eficiencia en el proceso de construcción, y reducir los costos globales de producción de vivienda.

ANEXO C.

PROCESO DIARIO DE CONSTRUCCIÓN CON SISTEMA DE CIMBRA TIPO TÚNEL.
TLAJOMULCO, JAL.

ESTACIONES DE TRABAJO SISTEMA CIMBRA TIPO TUNEL																											
OBRA: LA NORIA																											
CASA TIPO OMEGA																											
NUM	ESTACION	ACTIV.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	PRELIMINARES I	3	■																								
	TRAZO		■																								
	50% ANTICIPO DE ALUMINIO Y PUERTAS		■																								
	EXCAVACION PARA DRENAJE		■																								
2	PRELIMINARES II	4		■																							
	EXCAVACION DE ZAPATA Y DENTELLON			■																							
	INSTALACION SANITARIA			■																							
	REGISTRO PATIO			■																							
	REGISTRO DE INGRESO			■																							
3	PREPARACION CIMENTACION	5			■																						
	RELLENO Y COMPACTACION				■																						
	ACARREO EN CARRETILLA				■																						
	CARGA Y ACARREO FUERA DE LA OBRA				■																						
	RENVELACION DE PLATAFORMAS				■																						
	COLOCACION DE PLASTICO				■																						
4	CIMENTACION I	5				■																					
	ACERO					■																					
	SILLETAS					■																					
	CIMBRA EN CIMENTACION					■																					
	JUNTA CONSTRUCTIVA					■																					
	INSTALACION HIDRAULICA					■																					
5	CIMENTACION II	2					■																				
	CONCRETO EN LOSA						■																				
	M.O. CIMBRA, ARMADO Y COLADO						■																				
6	MURO PLANTA BAJA I	2						■																			
	ACERO EN MURO							■																			
	INSTALACION ELECTRICA							■																			
7	MUROS PLANTA BAJA II	5							■																		
	CIMBRA EN MUROS								■																		
	SILLETAS								■																		
	CERRAMIENTO								■																		
	CONCRETO EN MUROS								■																		
	BOMBEO								■																		
8	LOSA DE AZOTEA I	1								■																	
	CIMBRA EN LOSA 50%									■																	
9	LOSA DE AZOTEA II	3									■																
	LIMPIEZA GRUESA I										■																
	CIMBRA EN LOSA 50%										■																
	ACERO										■																
10	LOSA DE AZOTEA III	4										■															
	CONCRETO											■															
	CADENA											■															
	GARGOLA PREFABRICADA											■															
	COLADO											■															
11	TERMINADO DE AZOTEA I	4											■														
	PRETEL												■														
	MURO DE PÑA												■														
	HORMIGON I												■														
	CHAFLAN												■														
12	TERMINADO DE AZOTEA II	2												■													
	HORMIGON II													■													
	AFINE DE HORMIGON													■													
13	MUROS Y APLANADOS INTERIORES	3													■												
	MURO P.B.														■												
	APLANADO DE BAÑO														■												
	APLANADO DE MUROS														■												

Tabla No. 2. Muestra las estaciones de trabajo diario, de una vivienda construida con moldes tipo túnel.

(Fuente, Dirección de construcción, Grupo tu Casa, Ing. Carlos Calderón).

ANEXO C.

PROCESO DIARIO DE CONSTRUCCIÓN CON SISTEMA DE CIMBRA TIPO TÚNEL.

TLAJOMULCO, JAL. (Continuación)

ESTACIONES DE TRABAJO SISTEMA CIMBRA TIPO TUNEL																											
OBRA: LA NORIA																											
CASA TIPO OMEGA																											
NUM	ESTACION	ACTIV.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14	ALUMINIO Y PUERTAS I	2																									
	VENTANERIA DE ALUMINIO																										
	PUERTA TUBULAR EN PATIO																										
15	ALUMINIO Y PUERTAS II	3																									
	MARCOS DE PUERTAS																										
	PUERTAS INTERIOR																										
	PUERTA DE INGRESO																										
16	FACHADAS Y RESANE INTERIOR	5																									
	ACOSTILLADO Y RESANE INTERIOR																										
	PASTA EN FACHADA PPAL.																										
	PASTA EN FACHADA POSTERIOR																										
	GALVATEJA																										
	BOQUILLAS																										
17	AZULEJOS E INSTALACION ELECTRICA	3																									
	AZULEJO EN MUROS																										
	ANTIDERRAPANTE																										
	IMPERMIABILIZACION I																										
18	INSTALACION ELECTRICA	3																									
	CABLEADO																										
	IMPERMIABILIZACION II																										
	PINTURA EN BAÑO																										
19	MUEBLES DE BAÑO Y ACCESORIOS	7																									
	INODORO																										
	LAVABO																										
	CALENTADOR																										
	TARJA PORCELANIZADA																										
	REGADERA																										
	ACCESORIOS DE BAÑO																										
	INSTALACION ELECTRICA (ACCESORIOS)																										
20	PATIO	5																									
	PISO DE CONCRETO																										
	CAJA ARENERA																										
	LIMPIEZA GRUESA 50%																										
	ACARREO EN CARRETILLA																										
	CARGA Y ACARREO FUERA DE OBRA																										
21	COCHERAS I	2																									
	LAVADERO																										
	RECORTE DE PLATAFORMA																										
22	COCHERA II	2																									
	CUADRO DE MEDICION AGUA																										
	PISO DE CONCRETO																										
23	GAS Y MONA	5																									
	INSTALACION DE GAS																										
	PINTURA VINILICA INTERIOR																										
	PINTURA VINILICA EN EXTERIOR																										
	PINTURA EN NUMEROS OFICIALES																										
	MONA ELECTRICA																										
24	LIMPIEZA I	2																									
	ARBOL FICUS																										
	LIMPIEZA FINAL																										
25	LIMPIEZA II	2																									
	LIMPIEZA FINAL																										
	PARTIDAS	83																									

Tabla No. 2. Muestra las estaciones de trabajo diario, de una vivienda construida con moldes tipo túnel.

(Fuente, Dirección de construcción, Grupo tu Casa, Ing. Carlos Calderón).

ANEXO D.

PROCESO DIARIO DE CONSTRUCCIÓN CON SISTEMA TRADICIONAL AGUASCALISTES, AGS.

		ESTACIONES DE TRABAJO SISTEMA TRADICIONAL																																																					
OBRA: LOS PINOS																																																							
NUM	ESTACION	ACTIV.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44									
1	PRELIMINARES I TRAZO EXCAVACION PARA DRENAJE	2	█																																																				
2	PRELIMINARES II EXCAVACION DENTELON INSTALACION SANITARIA COLOCACION DE REGISTROS ACARREO EN CARPETILLA RELLENO Y COMPACTACION	5	█	█																																																			
3	CIMENTACION I COLOCACION DE PLASTICO ACERO ACERO EN CASTILLOS JUNTA CONSTRUCTIVA INSTALACION HIDRAULICA INSTALACION ELECTRICA	6	█	█	█																																																		
4	CIMENTACION II CIMBRA, ARMADO Y COLADO DE LOSA CONCRETO EN LOSA CURADO	3	█	█	█																																																		
5	MUROS PLANTA BAJA I MUROS PLANTA BAJA 50%	1																																																					
6	MURO PLANTA BAJA II MUROS PLANTA BAJA 50%	1																																																					
7	CIMBRADO Y COL. CASTILLOS PLANTA BAJA I COLADO DE CASTILLOS 50% COLOCACION DE JAMBAS 50% COLADO DE CERRAMIENTOS 50%	3																																																					
8	CIMBRADO Y COL. CASTILLOS PLANTA BAJA II COLADO DE CASTILLOS 50% COLOCACION DE JAMBAS 50% JUNTA CONSTRUCTIVA COLADO DE CERRAMIENTOS 50%	4																																																					
9	LIMPIEZA Y CIMBRA EN LOSA DE ENTREPISO I LIMPIEZA GRUESA ACARREO EN CARPETILLA CARGA Y ACARREO FUERA DE OBRA CIMBRA EN LOSA 50%	4																																																					
10	CIMBRA EN LOSA DE ENTREPISO II CIMBRA EN LOSA 50%	1																																																					
11	ACERO EN LOSA ENTREPISO ACERO EN LOSA ACERO EN CASTILLOS P.A.	2																																																					
12	INSTALACIONES INSTALACION ELECTRICA INSTALACION HIDRAULICA INSTALACION SANITARIA	3																																																					
13	COLADO LOSA ENTREPISO JUNTA CONSTRUCTIVA CONCRETO PARA LOSA CURADO	3																																																					
14	MURO PLANTA ALTA I MURO PLANTA ALTA 50%	1																																																					
15	MURO PLANTA ALTA II MURO PLANTA ALTA 50%	1																																																					
16	CIMBRADO Y COLADO DE CASTILLOS PLANTA ALTA I COLADO DE CASTILLOS 50% COLOCACION DE JAMBAS 50% COLADO DE CERRAMIENTOS 50%	3																																																					
17	CIMBRADO Y COL. CASTILLOS PLANTA BAJA II COLADO DE CASTILLOS 50% COLOCACION DE JAMBAS 50% JUNTA CONSTRUCTIVA COLADO DE CERRAMIENTOS 50%	4																																																					
18	LIMPIEZA Y CIMBRA EN LOSA DE AZOTEA I LIMPIEZA GRUESA ACARREO EN CARPETILLA CARGA Y ACARREO FUERA DE OBRA CIMBRA EN LOSA 50%	4																																																					
21	INSTALACIONES Y BASE DE TINACO INSTALACION ELECTRICA INSTALACION HIDRAULICA INSTALACION SANITARIA BASE DE TINACO	4																																																					
22	COLADO LOSA AZOTEA CONCRETO JUNTA CONSTRUCTIVA CURADO	3																																																					
23	ANTICIPOS, ESCALERA Y PRETIL ANTICIPO 50%; ALUMINIO ANTICIPO 50%; PUERTAS ARRANQUE DE ESCALERA PRETIL ZAVALETA	5																																																					
24	APLANADOS FACHADAS I DETALLE DE PRETIL MOLDURAS	4																																																					

Tabla No. 3. Muestra las estaciones de trabajo diario, de una vivienda construida con el sistema tradicional.

(Fuente, Dirección de construcción, Grupo tu Casa, Ing. Carlos Calderón).

ANEXO D.

PROCESO DIARIO DE CONSTRUCCIÓN CON SISTEMA TRADICIONAL AGUASCALISTES, AGS. (Continuación)

ESTACIONES DE TRABAJO SISTEMA TRADICIONAL																																																											
NUM.	ESTACION	ACTIV.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44													
OBRA: LOS PINOS																																																											
25	APLANADO FACHADA II APLANADO FACHADA PRINCIPAL 50% APLANADO FACHADA POSTERIOR 50% HORMIGON EN ENTREPISO Y CACHUCHA SARDINEL EN REGADERA COLADO RAMPA ESCALERA	5																																																									
26	APLANADOS INTERIORES Y BARANDAL I APLANADO MEDIO BAÑO 50% APLANADO BAÑO PLANTA ALTA 50% COLOCACION DE MALLA EN MURO DE REFUERZO APLANADO MURO DE REFUERZO 50% COLOCACION BARANDAL	5																																																									
27	APLANADOS INTERIORES II Y PATIOS I APLANADO MEDIO BAÑO 50% APLANADO BAÑO PLANTA ALTA 50% APLANADO MURO DE REFUERZO 50% EXCAVACION EN PATIO SUELO CEMENTO EN PATIO COLOCACION DE TINACO INSTALACION HIDRAULICA COLOCACION DE DOMO	8																																																									
28	PATIOS II, FORJADO ESCALONES E IMPERMEABILIZACION DOLA DESPLANTE EN PATIO MUIROS FORJADO DE ESCALONES IMPERMEABILIZACION DE AZOTEA I (50%)	4																																																									
29	PATIOS III Y PASTA EN LOSA I, IMPERMEABILIZACION II COLADO DE CASTILLOS PATIO IMPERMEABILIZACION DE AZOTEA II (50%) HERMOSEADO EN LOSA.	3																																																									
30	PASTA EN LOSA II Y TERMINACION PATIOS I PASTA EN LOSA PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA CAJA ARENERA EN PATIO PISO DE CEMENTO EN PATIO	3																																																									
31	YESOS I Y TERMINACION PATIOS II YESO EN MUROS PLANTA ALTA COLOCACION DE LAVADERO	2																																																									
32	YESOS II YESO EN MUROS PLANTA BAJA	1																																																									
33	LIMPIEZA, AZULEJOS E INSTALACION ELECTRICA I LIMPIEZA GRUESA ACARREO EN CARPETILLA CARGA Y ACARREO FUERA DE OBRA BASE PARA COCINA INSTALACION DE GAS AZULEJO EN BAÑO TERMINACION DE BASE DE TINACO CABLEADO ELECTRICO 15%	8																																																									
34	INSTALACION ELECTRICA II, PINTURA Y VITROPISO I CABLEADO ELECTRICO 15% FONDEO VITROPISO PLANTA ALTA	3																																																									
35	VITROPISO II VITROPISO PLANTA BAJA	1																																																									
36	ALUMINIO Y PUERTAS I COLOCACION DE ALUMINIO 50% DOCO COLOCACION DE PUERTAS 50%	3																																																									
37	ALUMINIO Y PUERTAS II Y MONA ELECTRICA COLOCACION DE VENTANERIA 50% COLOCACION DE PUERTAS 50% MONA ELECTRICA	3																																																									
38	MUEBLES DE BAÑO Y TERMINACION ESCALERA COLOCACION DE MUEBLES CANTERA EN ESCALERAS	2																																																									
39	PASTA EN MUROS I, HUELLAS DE COCHERA Y PINTURA PASTA EN MUROS 50% ACCESORIOS DE EMPOTRAR ADOQUIN EN COCHERAS PRIMERA MANO DE PINTURA	4																																																									
40	PASTA EN MUROS II Y HUELLA EN INGRESOS PASTA EN MUROS 50% ADOQUIN EN INGRESO	2																																																									
41	INSTALACION ELECTRICA Y LIMPIEZA COLOCACION DE ACCESORIOS ELECTRICOS LIMPIEZA GRUESA ACARREO EN CARPETILLA CARGA Y ACARREO FUERA DE OBRA	4																																																									
42	PINTURA, COCINETA Y TARJA PINTURA SEGUNDA MANO COLOCACION DE TEJIA TARJA COLOCACION DE COCINETA	4																																																									
43	LIMPIEZA COLOCACION DE NUMEROS OFICIALES LIMPIEZA PARA ENTREGA DE VIVIENDA	2																																																									
TOTAL DE PARTIDAS		136																																																									

Tabla No. 3. Muestra las estaciones de trabajo diario, de una vivienda construida con el sistema tradicional.

(Fuente, Dirección de construcción, Grupo tu Casa, Ing. Carlos Calderón).

GLOSARIO.

- The Lean Construction Institute (LCI) / (Instituto de la Construcción LEAN)
Fundado en Agosto de 1997, es ahora una corporación no lucrativa. Hacen investigación para desarrollar conocimiento relacionado con administración de la producción en desarrollo de proyectos, en diseño, ingeniería y construcción de proyectos de inversión capital.
- Customizar se aplica de la palabra en inglés “customize”, que en este caso se refiere no a una estandarización sino a lograr “adaptar” de manera completa y en base a estándares, un proceso dado, en este caso, adaptar el resultado a las necesidades del proceso y del cliente final. (Del Inglés, Customize [ˈkʌstəmaɪz] verbo transitivo construir según especificaciones del comprador.)
- INFONAVIT Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores,
- FOVI Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda
- FOVISTE Fondo de la Vivienda del ISSSTE.
- ISSSTE Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.
- Sofol, Sociedad Financiera de Objeto Limitado. Institución financiera con todas las atribuciones crediticias, sin los servicios de atención en piso al cliente como chequeras, cajeros, o pago de servicios.
- Constructabilidad, del Inglés “Constructability”, la característica de un diseño de construcción de ser fácilmente ejecutable, y cumpliendo con las prácticas y normas aceptadas por los estándares, normas y reglamentos de la materia.
- PROSAVI, Programa especial de crédito y subsidios a la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA.

- Allan G. Blumann, (2005), “Probability Demystified”, McGraw-Hill.
- Arditi, David, M.ASCE ; Ahmed Elhassan ; and Y. Cengiz Toklu. (2002)“ Constructability Analysis in the Design Firm” *Journal of construction engineering and management*, March/April. pp. 117.
- Box, Hunter, Hunter, (2002) “Statistics Demystified”, Reverte, s.a.
- Darshi De Saram and Syed M. Ahmed, Member, (2001) ASCE, Journal, Construction Coordination Activities: “What is Important and What Consumes Time”, *Journal of management in engineering*, Vol. 17, No. 4, October, pp. 1.
- Diekmann et al. CII (CII-RR191-11),“Application of Lean Manufacturing Principles to Construction”, Univ. Of Colorado at Boulder, Extracto revisado por el Instituto Internacional de Construcción, Executive summary, pp.1.
- Gomar, Jorge A.; Carls T. Hass ; and David P. Morton. (2002), “Assignment and Allocation Optimization of Partially Multiskilled Workforce”. *Journal of construction engineering and management*, March / April. pp. 103.104.107.108.
- Habraken N.J. et al. (1979), “El diseño de soportes”, Colección Arquitectura/Perspectivas, GG. pp. 18-19
- Hoedemaker, G.M. et al, (1999), “Limits to concurrency”, *Decision Sci.*, 30(1), pp. 1-17.
- Holt, G.D. Proverbs, D., and Love, P.E.D. (2000). “Survey findings on UK Construction procurement; Is it achieving lower costs, or value?”. *Asia Pac. Building Construct. Manage.*, J. 5, pp.13-20.
- Leñero Vicente, (1992), INFONAVIT, “Apuntes para la historia de la vivienda obrera en Mexico”, pp.19-31.
- Love, Peter E.D. (2002), “Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects”, *Journal of construction engineering and management*, Vol. 128, No. 1, February 1, pp. 18.
- Love, P.E.D., and Li,H., Overcoming the problem associated with quality certification, *Constr.Manage.Econom.* 18(4), 479-490.
- Love, P.E.D. Gunasekaran, A., and Li,H. (1998a). “Concurrent engineering: A strategy for procuring construction projects.” *Int.J.Proj.Manage.*, 16(6), pp. 375-383.
- Nissen, Henrik, (1972), “Construcción industrializada y diseño modular”, Versión española, El seminario de prefabricación, Blume ediciones, Madrid. pp.2
- Randolph, H. et al. (2002), “Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle”. *Journal of construction engineering and management / March / April.* pp. 144-145.
- Sharif, A., and Morledge, R. (1997). “The insensitivity of the procurement process in the UK construction industry to the problems of the occasional buyers from the industry.” Proc., CIB W-92 Procurement Symposium, Procurement-A Key to Innovation, Univ. of Montreal, Montreal, Canada. pp. 693-703.
- Stan Gibilisco, (2004) , “Statistics Demystified”, McGraw-Hill.
- Tamm , C.M. ; Thomas K.L. Tong; Arthur W. T. Leung ; and Gerald W.C. Chiu. (2002), “Site Layout Planning using Nonstructural Fuzzy Decision Support System”. *Journal of construction engineering and management*, May / June. pp.220.

-
- Thomas, H. Randolph (2002), M.ASCE, Peurifoy Lecture, “Construction Practices in Developing Countries”, *Journal of construction engineering and management* , Vol. 128, No. 1, February 1 , (ASCE , American Society of Civil Engineers) pp. 1.