



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

ING. CIVIL - GESTIÓN ADMINISTRATIVA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A:

**ING. SERGIO ERNESTO INZUNZA MONZÓN**

TUTOR:

**DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO**

Ciudad de México, DF, Octubre de 2009



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: ING. ERNESTO RENE MENDOZA SÁNCHEZ

Secretario: M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

Vocal: DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

1er Suplente: ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES

2do Suplente: ING. LUIS ZARATE ROCHA

Lugar donde se realizó la tesis:

CIUDAD DE MEXICO, DF.

**DIRECTOR DE TESIS:**

DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

---

**FIRMA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de presentar mis estudios de posgrado en la mejor universidad de Latinoamérica.

Un agradecimiento a CONACYT por su apoyo y ayuda logrando así la culminación de mis estudios de posgrado.

A mis maestros que con los conocimientos y experiencias transmitidas, nos enseñaron y motivaron a marcar la diferencia en la Industria de la Construcción.

A mis amigos y compañeros de grupo que gracias a su apoyo y amistad logramos pasar por esta etapa de estudios.

A mis amigos Isaí, Alberto, Erick, Zaldívar, Ludwig por siempre ser ellos los que están ahí para hacer que este proceso de estudio sea más agradable.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Sergio y Martina por ser un gran apoyo en todas las decisiones que llego a tomar, por ayudarme y ser grandes amigos, gracias

A mis hermanos Claudia, Rene, Lara y Alberto por todas esas horas de preocupación y ayuda que me brindaron en las noches de desvelo.

A lluvia por ser mi amiga, mi compañera y la persona que estuvo siempre al pie del cañón aguantando más que nadie todo este tiempo, brindándome todo su cariño y siempre alentándome para no caer.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	V
a) Objetivos	VI
b) Hipótesis	VI
c) Descripción de las partes	VII
d) Metodología utilizada	VII
e) Utilidad y comentarios de la tesis	VII
<b>CAPÍTULO I LA INDUSTRIALIZACIÓN Y SU PASADO</b>	
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 LA INDUSTRIALIZACIÓN Y SU HISTORIA	2
1.2.1 Reseña histórica del desarrollo internacional de la prefabricación e industrialización.	2
1.2.2 Tres etapas de la prefabricación en Europa	3
1.2.2.1 Período 1950-1970: masividad, euforia y negocio	4
1.2.2.2 Período 1970-1985: crisis y perplejidad.	5
1.2.2.3 Desde 1985: demoliciones provocadas y otros usos de la prefabricación. La industrialización sutil.	6
1.3 CAUSAS DEL FRACASO DE LOS INTENTOS DE INDUSTRIALIZAR EN EL PASADO	7
1.4 ANTECEDENTES SOBRE LA INVESTIGACION.	7
1.4.1 Introducción.	7
1.4.2 Vigueta y Bovedilla	8
1.4.3 Sistema Covintec	9
1.4.4 Sistema Cimbramex	11
1.4.5 Sistema Celda Cret	12
1.4.6 Sistema Spancrete	13
1.5 INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN	15
1.6 CONCLUSIONES CAPITULARES.	17

## **CAPITULO No. 2 ASPECTOS IMPORTANTES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN.**

2.1 INTRODUCCIÓN	18
1.1.1. Naturaleza de la industrialización	19
2.2 INDUSTRIALIZACIÓN ASPECTO SOCIAL	20
2.3 INDUSTRIALIZACIÓN ASPECTO TÉCNICO	24
2.3.1 Industrialización de la construcción: conceptos y alternativas	24
2.3.2 Industrialización: alternativas	25
2.3.3 El sistema constructivo	27
2.3.4 El proyecto de industrialización	29
2.3.4.1. El proyecto de industrialización: teoría	30
2.3.4.2. El proyecto de industrialización: la práctica	31
2.4 INDUSTRIALIZACIÓN: ECONOMÍA Y TIEMPO	32
2.4.1 El costo de ejecución o de producción	32
2.4.2 El tiempo de obra	34
2.4.3 El tiempo de ejecución	35
2.5 INDUSTRIALIZACIÓN: EN LA CALIDAD	38
2.6 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	40
2.6.1 Necesidad de la modernización de la industria de la construcción	40
2.6.2 Definición de innovación tecnológica en la construcción	41
2.6.3 Innovación tecnológica relacionada a una reducción de costos y tiempo de construcción	41
2.6.4 Innovación tecnológica relacionada a una mejora en la calidad	42
2.7 CONCLUSIONES CAPITULARES	44

## **CAPITULO No. 3 INDUSTRIALIZACIÓN Y SU PRESENTE**

3.1. INTRODUCCIÓN	46
3.2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN PRESENTE	48
3.3. ECONOMÍA Y TIEMPO EN LA INDUSTRIALIZACIÓN PRESENTE	53
3.3.1. Producción de vivienda en proyectos concentrados	53
3.3.2. Producción de vivienda individual	54

3.4. INDUSTRIALIZACIÓN: CONSTRUCCIÓN DE CALIDAD	55
3.5. INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN	59
3.6. CONCLUSIONES CAPITULARES	63

**CONCLUSIONES FINALES** **64**

**BIBLIOGRAFIA**

1. Libros	68
2. Tesis	68
3. Revistas	69
4. Internet	69

**ANEXO**

ANEXO H-1	70
ANEXO H-2	75
ANEXO H-3	80

## **INTRODUCCIÓN**

Como es sabido, la eficiencia de trabajo físico del hombre en comparación con una máquina, es bajísima. El hombre funciona mejor con la mente que con los músculos. Esto significa que la mano de obra intensiva como es el caso de la construcción tradicional, no tiene sentido desde el punto de vista económico ni empresarial.

Es evidente que los sistemas tradicionales no permitirán resolver el problema de la actual escasez de vivienda en México. Sólo la adopción de sistemas industrializados de la construcción, que elevan de manera definitiva los niveles de productividad, permitirá construir en un lapso relativamente reducido, con una calidad y costo convenientes, el número de viviendas que requiere ya de manera urgente la sociedad.

Nuestros métodos de construcción deben industrializarse pese a que existe oposición al uso de sistemas industrializados, poco a poco se empieza a hablar de ello incluso las empresas de construcción basan sus procesos de producción en estas técnicas.

La industrialización, que avanza hoy en todos los campos de la ingeniería, hubiera alcanzado desde hace tiempo las empresas constructoras de no existir obstáculos como problemas políticos, falta de normativa y el interés de los empresarios por la búsqueda de nuevas tecnologías. La industrialización de los métodos de construcción es clave en nuestros días para que los desarrolladores de vivienda obtengan mayores ganancias además de los usuarios finales al adquirir una vivienda de calidad.

Nuestro problema no es el de racionalizar los actuales métodos sino de revolucionar todo el proceso de la industria en la edificación. La naturaleza del proceso constructivo no cambiará mientras vayamos empleando los mismos materiales de construcción porque requieren trabajo manual.

La presente investigación pretende desarrollar un tema poco estudiado en México aún cuando el uso de elementos prefabricados es un hecho que va en aumento en las construcciones se busca resaltar algunas características que tienen los sistemas industrializados de construcción de vivienda en serie o masiva.

La investigación se desarrolla en tres capítulos, se presentan comparaciones entre los procesos tradicionales e industrializados obtenidos de empresas desarrolladoras de viviendas, cabe señalar que existe poca información sobre el tema para la realización de la actual investigación.

## **A) Objetivos**

### **Principal:**

Generar una mayor información sobre el tema de la industrialización, sus usos, ventajas y como puede ayudar a los constructores de viviendas como al ramo de la construcción en general.

Mostrar la importancia que tiene esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería aplicando métodos constructivos que ayudarán a una mejor utilización de los materiales, mayor producción, con estándares de calidad óptimos para la venta y uso de edificaciones.

### **Específicos:**

- ✓ Mostrar la importancia y necesidad de la investigación y el desarrollo en técnicas, métodos y sistemas aplicables a la construcción.
- ✓ Demostrar lo que la industrialización puede hacer en los procesos de construcción de viviendas.
- ✓ Mostraremos el significado de industrializar una vivienda.
- ✓ Resaltaremos la importancia del control de calidad.

## **B) Hipótesis**

¿Los sistemas industrializados en la construcción pueden llevar a las inmobiliarias a una mejor administración de los trabajos en obra (mano de obra, reducción de desperdicios en materiales y mayor calidad en los productos finales)? Mientras más industrializados sean estos procesos, los resultados en cuanto a producción, calidad y economía serán cada vez mayores.

Intentar probar la necesidad e importancia que tienen hoy en día, los departamentos de investigación y desarrollo dentro de la empresa y como pueden ayudar al crecimiento y fortalecimiento de la empresa en el sector, cuando una empresa invierte en innovación tecnológica (investigación y desarrollo), se obtiene más ventaja sobre sus competidores en el mercado de la vivienda.

Con la aplicación de sistemas industrializados en la construcción de viviendas, es posible la reducción de los tiempos de ejecución; entre más industrializados sean estos sistemas, la producción es mayor en un tiempo menor, en comparación con los métodos tradicionales.

En el sistema constructivo tradicional intervienen varios procesos durante la construcción como resultado de éste se demerita la calidad. Con la implementación de los sistemas industrializados, ¿la calidad de las construcciones se puede aumentar a un nivel óptimo, aceptable de acuerdo a las especificaciones de proyecto?

Parece ser que un sistema de construcción industrializado de vivienda es más económico que un sistema de construcción tradicional.

### ***C) Descripción de las partes***

La presente investigación está constituida con una etapa de introducción, una etapa donde se desarrolla el tema estudiado, seguida de unas conclusiones y la última etapa de referencias consultadas y anexos.

La etapa de desarrollo está constituida de tres capítulos, en donde el primer capítulo se describe la historia de la industrialización y prefabricación, cómo fue una herramienta muy utilizada después de la segunda guerra mundial y cómo ha ido evolucionando hasta las formas que hoy se conoce y se utilizan, se presenta también algunos estudios anteriores al nuestro.

El segundo capítulo se hace una recopilación de datos, información, algunas tablas de empresas desarrolladoras donde se pretende demostrar que en la etapa de proyectos es en donde comenzaremos con nuestro proceso de industrializar la vivienda, al diseñar nuestra vivienda para ajustarla en el diseño arquitectónico y estructural, a nuestras necesidades de materiales prefabricados, cimbras y diseño óptimo de nuestra vivienda.

En el tercer capítulo es donde se analiza la información citada en los capítulo pasados, se realizan algunas conclusiones y se muestra un poco de lo que es la industrialización en la actualidad, qué procesos realizan las empresas inmobiliarias para el desarrollo y selección de los sistemas constructivos a utilizar.

En esta etapa de desarrollo se estudia además de la industrialización, la calidad en las construcciones industrializadas, así también como la importancia que tiene la investigación, la innovación dentro de las empresas constructoras.

En la última parte se anotan las conclusiones donde se hace mención sobre la aprobación o negación de las hipótesis planteadas, seguida de la sección de bibliografías y anexos.

### ***D) Metodología utilizada***

Nuestro primer paso fue seleccionar entre el campo de la ingeniería civil un tema que tratara de aportar algo al ramo de la construcción, la decisión de tomar el tema de la industrialización en la construcción de viviendas en serie, en primer lugar por el auge que ha tomado la construcción de vivienda en serie tanto en el estado de Sinaloa como en todo el país, y otro factor es la evolución que ha tenido la construcción en el empleo de sistemas industrializados.

Con el tema seleccionado, se eligió la metodología de trabajo que es el proceso de una investigación cualitativa comenzando con el planteamiento del problema de estudio, generación de las hipótesis y objetivos del estudio, realizando un primer estudio superficial para conocer sobre el tema seleccionado.

Se procedió a la realización del índice provisional de la investigación; Con este índice se dio comienzo con la recolección de información creando una serie de fichas en donde de acuerdo con nuestro índice se fue seleccionando y separando la información, con este proceso se creó nuestro marco de referencia de la investigación.

Cuando se tenga la suficiente información se procede con el análisis de la información seleccionada desechando la información que se considere no será de utilidad. Con toda esta información reunida se procederá con el análisis final de toda la información para elaborar la redacción del documento o tesis que tendrá un carácter cualitativo.

Teniendo el documento final, se procederá a las revisiones para su posterior presentación y debate. Con la redacción del documento final se busca presentar los argumentos y conclusiones en donde se procederá a la comprobación y/o la negación de cualquier hipótesis que no se haya podido comprobar

### ***E) Utilidad y comentarios de la tesis***

La tesis a realizar se enfoca sobre un lado académico mostrando un tema que en los últimos años ha ido evolucionando y ha generado muchos cambios con la implementación de tecnología, de la cual no se tiene mucho conocimiento en la región.

Realizar una investigación que muestre la tendencia de la industrialización de la construcción, cómo beneficia no sólo a los constructores de vivienda sino a los usuarios de las viviendas al obtener un producto de calidad.

Crear un conocimiento sobre la importancia de la investigación, el desarrollo y la calidad en las obras para crear una conciencia entre los constructores sobre la importancia de estas dos actividades teniendo un escrito donde se pueda consultar y servir de referencia a otras investigaciones del mismo tipo.

Junto a todo esto, la investigación de un tema interesante que ha llamado la atención en los últimos años, conocer sus alcances y donde se puede utilizar estas técnicas para un mejor desarrollo de las empresas.

La industrialización no es un tema exclusivo de la vivienda, en la actualidad toda la industria de la construcción ha empezado a utilizar estos sistemas, en viviendas, edificios, fachadas, materiales o vías de comunicación por citar algunos casos.

## **CAPÍTULO No. 1 LA INDUSTRIALIZACIÓN Y SU PASADO**

### **1.1 GENERALIDADES**

La prosperidad de la sociedad moderna, con un aumento permanente del consumo y la necesidad que existe de un lugar donde vivir, depende básicamente de la eficacia de la industria de la construcción, eficacia que se está mejorando constantemente gracias a todo tipo de racionalidad, mecanización, normalización, análisis, control de producción, etc.

En general, la industria de la construcción ha empleado estas medidas desde hace muchos años y el debate sobre la aplicación de principios y procedimientos industriales en la edificación se ha prolongado durante tanto tiempo que en la actualidad existe un acuerdo general sobre la necesidad de este desarrollo.

Se requiere un creciente grado de industrialización para proporcionar a la sociedad una cantidad cada vez mayor de todas las diferentes clases de edificaciones que necesita. Sin embargo, los recursos con que se cuenta son limitados, hace falta capital y mano de obra, por lo que se debe aprender en hacer mejor uso de los recursos, en otras palabras, se debe aumentar la producción a base de mejorar la productividad.

Cada proyecto constructivo comienza con una necesidad y un cliente. Cuando la necesidad ha sido determinada, es misión del cliente formular un programa constructivo que responderá a esa necesidad. Hay muchas categorías de cliente y no todos son capaces de hacer frente a la difícil tarea de formular un claro programa constructivo. Es en esto donde el cliente necesita sus asesores profesionales: arquitectos e ingenieros consultores. El programa constructivo toma forma gradualmente pero son de vital importancia para todo el proyecto. Es en este estado cuando han de tomarse las decisiones en cuanto a tipo de edificación, distribución de áreas, diseño estructural, materiales y métodos constructivos.

Esta fase de diseño es decisiva para el éxito del proyecto como tal proyecto modular, los proyectistas y el cliente deben aspirar constantemente a fomentar el empleo de componentes estandarizados en el proyecto.

En la actualidad no todos los componentes constructivos son accesibles como productos de catálogo, pero la gama está aumentando con rapidez. Si un proyecto exige el empleo de componentes que no se puedan obtener en el mercado, quizá haya que desarrollar nuevos componentes modulares. Esto ha sucedido en algunos casos pero naturalmente, solo los grandes proyectos pueden asumir el costo de tal trabajo de desarrollo. Por esta razón, encontramos generalmente el más alto grado de desarrollo modular en grandes proyectos colectivos.

## **1.2 LA INDUSTRIALIZACIÓN Y SU HISTORIA.**

### **1.2.1 Reseña histórica del desarrollo internacional de la prefabricación e industrialización.**

El concepto de prefabricación en la construcción no es nuevo. Ya en 1624, los ingleses llevaron una casa de madera conformada por paneles para el uso de su flota de pesca. Esta casa fue desarmada, transportada y vuelta a armar muchas veces. Los suizos introdujeron en los E.E.U.U. el concepto de troncos precortados para la construcción de cabañas. La fiebre del oro en California en 1849, que generó una gran cantidad de asentamientos en un período corto de tiempo, creó un gran mercado para este tipo de productos. La unión americana, durante la guerra civil en este país, también hizo uso de muchas edificaciones prefabricadas. A comienzos de este siglo los E.E.U.U. se podían comprar cosas por correo. En 1908, Thomas Edison propuso, aunque nunca la implementó, una casa completamente construida de hormigón, de dos o tres pisos. Un señor llamado Walter Gropius propuso en 1910 un sistema industrializado para la construcción de viviendas.<sup>1</sup>

Es interesante resaltar que en ese mismo tiempo, Roger Corbetta, un constructor radicado en Nueva York, concibió la idea de construir una casa con paneles de concreto. En 1917, este sistema estructural se comercializaba con gran éxito y puede decirse que fue la base para el inicio formal de la industrialización de la vivienda y la construcción en general.

Por otra parte, la prefabricación e industrialización fueron fuertemente impulsadas como respuesta ante la urgente necesidad de construir un gran número de viviendas, luego de las guerras mundiales en Europa. En el siglo XX, el proceso de reconstrucción de Europa de post-guerra en los años 40, debió reponer en breve plazo la gran cantidad de viviendas destruidas. Ello, sumado al angustioso escás de mano de obra, dio iniciativa a la construcción masiva de viviendas a través de sistemas industrializados. Sus resultados aparecieron rápidamente en países como Francia (Banlieu de París), Alemania (los nuevos barrios de Berlín) y también en aquellos de Europa del Este en los que se generalizó la aplicación de la prefabricación pesada de carácter cerrado, con base a paneles de concreto armado.

Francia es uno de los países que ha llevado el liderazgo en el campo de la prefabricación e industrialización por mucho tiempo, especialmente en el sector de la edificación. Algunos años después de terminar la segunda guerra mundial, el ministro francés de reconstrucción y urbanismo unió la necesidad de construir 250 mil viviendas por año en Francia, con la necesidad de industrializar.

Es así que el gobierno Francés asumió un rol de importancia en el desarrollo de la industrialización, mediante una serie de concursos proyectos-construcción (conocidos en inglés como design-building), en los cuales se favorecían los métodos en los que se utilizaron de varios miles de viviendas con métodos constructivos industrializados.

---

<sup>1</sup> CFR. Virgilio A. Ghio Gastillo, Guía Para La Innovación Tecnológica En La Construcción, Ed. Universidad Católica, Chile. 1997, pág. 166

En muchos casos se lograron reducciones en el precio del orden del 20% respecto de los métodos tradicionales. A raíz de una serie de proyectos franceses entre los que se incluyó el sector industrializado, con promociones de 12,000 a 15,000 viviendas por año, en lotes superiores a 800 alojamientos; y la operación "millón y lopofa" con un volumen total de 50,000 viviendas repartidas en 610 operaciones, se obtuvo una serie de enseñanzas, algunas de las cuales se resumen a continuación (Chemillier 1980)<sup>2</sup>:

- Necesidad y utilidad del empleo del diseño modular.
- Empleo de elementos tipificados, favoreciendo la producción en serie.
- Empleo de presupuesto y de proyectos tipo, detallados, homologados o seleccionados por concurso proyecto-construcción y muy elaborados antes de su realización.
- Mecanización más desarrollada en la obra y empleo de materiales muy elaborados.
- Desarrollo de la construcción por montaje de elementos fabricados industrialmente y adquiridos en el comercio.
- Fomento del empleo de procedimiento que economizan mano de obra, sobre todo, mano de obra calificada.

### ***1.2.2 Tres etapas de la prefabricación en Europa.***

Es clara la influencia que han tenido las reflexiones teóricas y los procesos de construcción masiva con sistemas industrializados de Europa a nivel internacional y obviamente en América Latina. La transferencia de estos conocimientos y formas de hacer se ha valido de dos vehículos fundamentales: la difusión de la tecnología libre y gratuita (seminarios, revistas, conferencias, congresos, catálogos, etcétera) y la compra de tecnología con origen en el continente europeo. Por ellos parece de interés obtener algunas enseñanzas, de los éxitos y fracasos de la práctica europea, en la que podíamos distinguir dos escuelas, la de los llamados países del este (área socialista) y los del oeste (actualmente, unión europea).

Hoy, cuando se habla y se escribe de los países de la Unión Europea sobre la construcción de viviendas con grandes paneles prefabricados de concreto, es para criticarla. Pasó el momento dulce de la prefabricación masiva, los sistemas cerrados están a la baja, la crítica, sin duda merecida, se realiza con ligereza y olvidando el contexto, generalmente adverso, en el que se empleo la prefabricación masiva de viviendas. Era un mercado de demanda en el que lo cuantitativo ganaba sobre lo cualitativo. Este es un punto de coincidencia salvando grandes diferencias de los contextos con la situación latinoamericana.

Hace ya bastantes años se decía que la prefabricación ha sido casi siempre el *modus operandi* del que se ha hecho uso cuando concurrían condicionantes excepcionalmente graves.

Plazos de ejecución muy estrechos, uso masivo de tecnologías embrionarias no asimiladas, proyectos de arquitectura que de la noche a la mañana pensaban estar realizadas en tradicional a ejecutarse en prefabricado; urbanismo de espaldas al hombre; reglamentaciones y normativas obsoletas en las que no se contemplaba, la posibilidad de que se edificaran tres mil o más viviendas de 18 meses; escasos de presupuesto y beneficios generosos, coyuntura europea en la

---

<sup>2</sup> Virgilio A. Ghio Gastillo, Guía Para La Innovación Tecnológica En La Construcción, Ed. Universidad Católica, Chile. 1997, pág. 167

que lo cuantitativo primaba sobre lo cualitativo. Todos estos condicionantes formaron el terrible contexto en el que se hizo uso desmedido y poco afortunado de estas soluciones tecnológicas. Hoy parece que lo esencial se olvida y surge lo superficial: LA PREFABRICACIÓN COMO CULPABLE. Una vez más se pone en el banquillo de los acusados a la herramienta, ciertamente peligrosa por su potencial y se deja sin analizar la culpabilidad de su manejo, de su uso.

La prefabricación es una de las formas de manifestarse el proceso de industrialización de la construcción, pero no es la única, la prefabricación pesada con base en grandes paneles de concreto conformando sistemas cerrados de viviendas no es, en modo alguno, toda la industrialización de la construcción, aunque es cierto que el gran panel de concreto fue de hecho logotipo de la reconstrucción europea tras la segunda guerra mundial.

En forma flexible en el tiempo, distinguiremos tres periodos en la evolución de la prefabricación de viviendas a base de grandes elementos en Europa.

### *1.2.2.1 Período 1950-1970: masividad, euforia y negocio.*

Los sistemas cerrados con base en grandes paneles de concreto fueron dominantes en la llamada Europa del este y cuantitativamente muy importantes en los países de la unión europea. En estas décadas los sistemas impusieron de forma implacable (en pro de la economía y la urgencia y de espaldas a la arquitectura) sus leyes de actuación<sup>3</sup>.

- A. Necesidad de un mínimo de varios miles de viviendas agrupadas para intervenir con sistemas.
- B. Proyectos muy rígidos, con escasas variaciones formales al objeto de reducir al mínimo el número de elementos distintos.
- C. Bloques de tipología lineal de la mayor longitud posible, con el pretexto de evitar el cambio de vías de las grúas de montaje.
- D. Luces mínimas para cumplir con los gálibos de transporte condicionado por las losas de forjado del tamaño de habitación.
- E. Escasa incluso nula flexibilidad de redistribución en planta, por la ejecución de tabiques no portantes a base de paneles macizos de hormigón con la idea de producir en el taller de prefabricación el mayor número de elementos posibles.

En general, la industrialización fue para el proyectista un tema de economía de construcción y el sistema un gran corsé incompatible con la arquitectura.

Intentar modificar las rutinas de este sistema equivalía, según los técnicos responsables de la época, a anular sus posibilidades competitivas.

En este contexto cobra fiabilidad la respuesta que en la década de los 60's, el conocido productor de vivienda prefabricada con base en grandes paneles, a las recriminaciones de L. Kroll sobre puentes térmicos, eflorescencias, repetitividad o falta de aislamiento acústico: "vendo demasiado, no tengo tiempo para mejorar".

---

<sup>3</sup> Julián Salas Serrano, La Industrialización Posible De La Vivienda Latinoamericana, Ed. ESCADA, México DF. 2000, pág. 35

Pese a estos y otros condicionantes importantes, cuando los arquitectos actuaron desde el dominio técnico de los sistemas, los resultados mejoraron.

### *1.2.2.2 Período 1970-1985: crisis y perplejidad.*

La prefabricación con base en sistemas cerrados de vivienda trató de salir del profundo atolladero en que se encontraba buscando flexibilidad, elasticidad y variación en su producción. El esfuerzo y algunos éxitos apuntaron en la dirección de hacer posible producción industrial y diversidad de productos.

La crisis sectorial se agudizó, eran tiempos en los que en los países de la Unión Europea los temas de vivienda pasaban de un mercado de demanda a otro de oferta, en el que lo cualitativo empezaba a ser definitorio. Algunos sistemas de grandes paneles se defendieron dando calidad, variedad y respondiendo a pequeñas demandas (100 viviendas agrupadas comenzaron a ser un pedido digno de ser estudiado); otros buscaron el camino de la exportación y muchas empresas desaparecieron en la crisis.

En 1975 se habló de la prefabricación con base en sistemas cerrados de grandes paneles como de la primera generación de tecnologías de industrialización. Los sistemas cerrados empiezan a ser mal vistos; se sientan las bases de la llamada “industrialización abierta”, aparece la construcción a base de componentes compatibles, se habla, aunque no se ve corroborada por la práctica, del inicio de una nueva generación de tecnologías de construcción. Solo se aportan trabajos teóricos y realizaciones de pequeña escala.

¿Cuáles fueron las causas de esta profunda crisis?, muchas y distintas, según los países. De forma general, pensando globalmente en los estados que hoy conforman la Unión Europea, parece oportuno señalar algunas de las más importantes, por si fuera de interés para una reflexión desde Latinoamérica sobre el tema:

- 1) El inicio de la crisis energética (1970-1973), traducida en crisis económica, hizo que los distintos gobiernos actuaran sobre los presupuestos bajando el número de viviendas construidas de tasas de orden de ocho viviendas por mil habitantes.
- 2) La proporción de vivienda unifamiliares, casas aisladas, llegó a ser en algunos países hasta un 50% del total (Holanda, Francia, Reino Unido) adaptándose mal los sistemas existentes a estas tipologías de obra dispersa.
- 3) El tamaño medio de las obras decreció de forma sensible. Las realizaciones de más de 1,000 viviendas prácticamente desaparecieron y en algunos casos se prohibieron.
- 4) La crisis del petróleo impulsó la aparición de normativas nacionales muy rigurosas con respecto al aislamiento térmico, dejando fuera de norma a no pocos sistemas de la llamada escuela francesa de grandes paneles.

- 5) El derrumbamiento en forma de *castillo de naipes* por una explosión de gas en la torre prefabricada de vivienda en *Ronan Point* en 1968 cerca de Londres, también influyó muy negativamente en la prefabricación del momento.

Los hechos enumerados, entre otros, ocasionaron que muchos de los sistemas existentes pese a su esfuerzo de reconversión, no pudiera adaptarse a las nuevas circunstancias. Por otra parte se comprobó que:

- 1) Las tecnologías de producción de componentes resistían bien la crisis y si bien era cierto que no suponían bajas reales de costos, se presentaba una mejor adaptación a las nuevas tendencias.
- 2) Los componentes se adecuaban favorablemente al crecimiento del mercado de viviendas unifamiliares.
- 3) La reducción drástica de obras de gran volumen penalizaba las tecnologías de hormigón e impulsaba el uso de componentes de otros materiales para no bajar rendimientos.
- 4) La elasticidad de las soluciones constructivas con base en componentes hizo posible el cumplimiento de las nuevas normas.

#### *1.2.2.3 Desde 1985: demoliciones provocadas y otros usos de la prefabricación. La industrialización sutil.*

A mediados de los 80's los países de la Unión Europea, la construcción de vivienda con base en sistemas de grandes paneles perdió protagonismo de períodos anteriores. Los elementos prefabricados incluso grandes elementos, formaron parte de las nuevas construcciones y lo siguen haciendo, no como sistema constructivo integral, sino como componentes.

Por el volumen de sus realizaciones y los aspectos formales de las mismas, merecen comentarios aparte algunos conjuntos de viviendas prefabricadas con proyectos de Ricardo Bofill en Francia, muestras inequívocas desde el punto de vista de las técnicas de prefabricación, de que éstas habían alcanzado un estado de desarrollo técnico excelente. El taller de Bofill empleó la prefabricación resultante de la redefinición de la tecnología francesa. No en balde, de la ejecución de sus proyectos se encargaron históricos de la prefabricación: los Coignet, Bouyges, Morín, con decenas de miles de viviendas realizadas en su haber. A la prefabricación Bofill le exigió nuevas y variadas formas, diversidad de texturas y colores, diferentes estereotomías, detalles complejos y la industria adulta de la prefabricación francesa le proporcionó respuestas encomiables.

En la pasada década apareció con fuerza en Europa un nuevo fenómeno, el abandono y la destrucción mediante voladura con dinamita de un buen número de viviendas prefabricadas en su mayoría, ya que esta técnica fue la forma constructiva dominante en las precedentes décadas.

Dado que este fenómeno se repitió y sigue produciéndose con relativa frecuencia, es de interés tratar de situar las cosas en sus justos términos y no cargar nuevas sobras únicamente sobre las espaldas la prefabricación.

### **1.3 CAUSAS DEL FRACASO DE LOS INTENTOS DE INDUSTRIALIZAR EN EL PASADO.**

Para que los sistemas constructivos industrializados puedan desarrollarse adecuadamente, deben darse tres condiciones de manera simultánea. Primero, debe existir una innovación tecnológica que sea técnica y económicamente factible. Además, debe existir necesariamente un mercado estable para la industrialización, que asegure la amortización de la inversión inicial y los costos fijos. Los costos fijos son más altos que en los métodos tradicionales, ya que los sistemas industrializados parten de la premisa que el personal es estable y especializado, y no es común, ni económicamente eficiente que se despidan al personal al término de cada proyecto. Por último, es necesario contar con capitales que logren invertir y financiar la inversión inicial para echar a andar la industria.

Al existir crisis económica en un país estas condiciones no se cumplen, haciendo que las empresas no estén interesadas en invertir dinero en la investigación de nuevas tecnologías, además de las normativas y reglamentos que imperan en algunos países hace difícil la implementación de estas tecnologías.

### **1.4 ANTECEDENTES SOBRE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.4.1 Introducción**

A diferencia de muchos países industrializados en Europa como Inglaterra, Francia, Alemania, Italia, Suecia y Dinamarca; México todavía no desarrolla ni aplica a gran escala sistemas de prefabricación cerrada para ayudar no solamente a dar solución a su problema de déficit habitacional, sino también como símbolo de cambio y modernidad para ayudar y combinar con la construcción tradicional la edificación de cualquier tipo de vivienda. No obstante, con los sistemas prefabricados y de prefuerzo que se han desarrollado hasta el momento en nuestro país, se han logrado obtener algunos beneficios dentro de la edificación de vivienda residencial y de interés social tanto unifamiliar como multifamiliar, es decir, se utiliza menos material que en la construcción tradicional y por ende menos mano de obra calificada, además se agiliza el ritmo de la construcción, lo cual se refleja en un ahorro de tiempo y dinero.

Es por esto que a continuación se describen de una serie de sistemas prefabricados que son utilizados en México desde la década de los 90's, la cual ha sido utilizada para la construcción de viviendas de tipo residencial e interés social tanto unifamiliar como multifamiliar en nuestro país.

### *1.4.2 Vigueta y Bovedilla*

La vigueta y bovedilla es un sistema de losa prefabricada compuesta por un elemento estructural de concreto pretensado (vigueta) y de casetones de mortero de cemento (bovedilla) o de espuma de polietileno que permite minimizar el peso propio de la estructura.

El sistema lleva un colado complementario de concreto reforzado llamada capa de compresión, con el objeto de hacer trabajar ambos elementos como una losa monolítica. El concreto que se emplea en el vaciado de estos firmes es de  $200 \text{ kg/cm}^2$  y el utilizado en la fabricación de las viguetas es de  $350 \text{ kg/cm}^2$ . El espesor total del sistema es de 18 cm de los cuales 14 corresponden a la altura de la vigueta y cuatro al espesor de la capa de compresión.

La vigueta se fabrica en camas de 100 metros de longitud en promedio y para el pretensado de las mismas se utiliza acero de presfuerzo (alambre No.7) cuyo esfuerzo a la ruptura es de  $16,500 \text{ kg/cm}^2$ .

Las viguetas llevan estribos de este mismo alambre en la que una de sus ramas se dejan sobre salida para amarrar la malla electrosoldada de la capa de compresión y garantizar de esta manera el comportamiento monolítico del sistema.

Las bovedillas de mortero de cemento se fabrican con un peralte de 14 cm. Un ancho de 20 cm y longitudes de 35, 45, 55 y 65 cm según el claro y la carga de diseño las viguetas se pueden colocar en cuatro separaciones diferentes: 50, 60, 70 y 80 cm.

Las instalaciones hidráulicas y eléctricas se tienen sobre la bovedilla antes de colocar la malla electrosoldada y de colar la capa de compresión, dejando los ramales verticales previstos en donde se levantarán los muros. Las instalaciones sanitarias se colocan en charolas formadas con losa maciza.

En claros hasta de tres metros no es necesario utilizar ningún apuntalamiento intermedio para el sistema, en claros no mayores a cinco metros se deben emplear una madrina intermedia para claros mayores se requieren dos apoyos intermedios a los tercios del claro.

Las principales ventajas de éste son su durabilidad y sus características aislantes, acústicas y térmicas. Como el concreto que se emplea en la elaboración de las viguetas es de  $350 \text{ kg/cm}^2$  y se ha comprobado que los concretos empleados en elementos presforzados con edades de más de 40 años no han sufrido deterioro, entonces se puede garantizar que su durabilidad es mucho mayor que la de concretos normales, así también, el concreto empleado en la capa de compresión de  $200 \text{ kg/cm}^2$  tiene una buena durabilidad con la excepción de que se presentan problemas especiales como reacciones en el concreto por agentes químicos.

En cuanto a las características térmicas y acústicas, los huecos de las bovedillas hacen que el aire atrapado funcione como aislante entre el calor o el frío del exterior y la temperatura ambiente del interior, reguladora en forma apreciable y proporcionando un aislamiento contra el ruido también bastante satisfactorio.

Por ser un sistema compuesto por elementos prefabricados tiene la ventaja de eliminar la cimbra ahorrando tiempo y reduciendo costos, además de que no requiere equipo de montaje, ya que el peso de la vigueta de 30 kg/ml permite que para ciertos claros cortos la puedan cargar, transportar y colocar en su posición final dos personas y para claros de mayor longitud cuatro personas.

La vigueta y bovedilla tiene una variante relativamente novedosa con el nombre de “cimbramil” el cual consiste en un conjunto de semiviguetas presforzadas y armadas que se colocan equidistantes unas de otras sustituyendo la bovedilla de mortero, cemento o de espuma de polietileno por módulos metálicos preformados recuperables, los cuales se sustentan a los patines de las semiviguetas por medio de unas grapas metálicas que permiten el proceso de cimbrado y descimbrado.

Al igual que en la vigueta y bovedilla, una vez colocados los módulos se tiende la malla electrosoldada y se procede con el colado de la capa de compresión.

Debido al empleo de semiviguetas, este procedimiento permite una mayor integración del sistema de losas a través de la armadura de malla electrosoldada que integra ambos concretos en una sección compuesta y mejora el comportamiento de la losa tanto para cargas gravitacionales como para efecto de diafragma.

Aunque el sistema de viguetas y bovedillas tiene su mayor campo de aplicación en losas de entrepiso y azotea para viviendas de tipo residencial y vivienda de interés social unifamiliar y multifamiliar, cimbramil también se ha empleado con éxito en la construcción de aulas escolares, estacionamientos, clínicas médicas, etc.

### ***1.4.3 Sistema Covintec***

El principal elemento de este sistema constructivo es el panel prefabricado “covintec”, el cual consiste en un armazón estructural tridimensional de alambre de acero calibre 14. El armazón está formado por armaduras de alma abierta de 76 mm de peralte, unidas a cada 51 mm con alambre electrosoldado. En esta estructura se integran tiras de espuma de polietileno expandido de 57 mm de espesor, las cuales forman con la malla un ensamble (sandwich) o placa de 1.22 m de ancho por 2.44 m de largo.

El panel “covintec” se puede cortar fácilmente en cualquier sentido y la unión entre los mismos se realiza reforzando las juntas con malla calibre 14 amarrando ésta contra la retícula del panel con alambre para formar muros, techos, entrepisos y otros elementos arquitectónicos.

Para poder levantar los muros formados con base en paneles “covintec” es necesario anclar en la cimentación o en la losa de entrepiso, según sea el caso, unos dispositivos de cortante, es decir, varillas de 3/8” a cada 40 cm de separación y de 40 cm de longitud para proporcionar la estabilidad necesaria al muro. Aunque no es necesario es recomendable colar castillos de 10x10 cm o de 15x15 cm en las escuadras exteriores, así como también cadenas de cerramiento en la unión de muro con losa para proporcionar mayor rigidez a la estructura. En el caso de las esquinas interiores y exteriores en que no se cuelen castillos, la unión entre los paneles se debe realizar por medio de varilla de 3/8” en forma de escuadra con longitud y separación de 40 cm como en el caso de la unión entre muro y cimentación.

Una vez anclados en su sitio, los paneles se cubren por ambas caras con una capa de mortero de cemento-arena con proporción 1:4 de 25 mm de espesor o más según sea el proyecto, obteniendo de esta forma elementos de concreto reforzado con buenas propiedades estructurales y aislantes, tanto térmicas como acústicas.

Para el montaje de la losa, el panel “covintec” debe colocarse en forma cuatrapeada como el block o tabique y se debe adicionar el acero de refuerzo necesario para cubrir claros de entrepiso y azotea que midan aproximadamente cuatro metros de longitud con varillas de 3/8” de ½” o bien de 5/8” con longitud de un cuarto del claro (L/4) en la parte superior extrema del panel para absorber el momento negativo y de tres quintos del claro (3L/5) al centro del mismo en su parte inferior para absorber el momento el momento positivo. Así mismo, se le debe colar una capa de compresión con concreto  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia y de cinco centímetros de espesor como en el caso de la vigueta y bovedilla.

Una de sus características más importantes del panel covintec son sus excelentes propiedades acústicas y térmicas. Según estudios realizados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se indican ahorros en el consumo de energía para aire acondicionado del orden del 40 % en una casa con material aislante en muros y losa en comparación con una casa de losa armada y muros de tabique.

El polietileno empleado en el panel covintec es auto extingible y cumple con las normas ASTM-E-119 con una resistencia al fuego de más de una hora.

En pruebas realizadas, el panel covintec sobrepasa las normas acústicas del estado de California para su empleo como muro exterior y hasta como barrera de sonido en carreteras. Un muro covintec con aplanados de 25 mm sobre ambas caras (11 cm de espesor) tiene una reducción de sonido de 46 decibeles.

Las ventajas más sobresalientes del sistema covintec son, además de las características anteriores mencionadas: que es más rápido en su técnica constructiva, es económico, ligero, resistente, durable y versátil en sus diferentes usos en la construcción, es decir, puede emplearse en viviendas de interés social y residencial, en fachadas y muros de edificios comerciales, turísticos y de hospitales.

#### *1.4.4 Sistema Cimbramex*

El sistema constructivo universal cimbramex está basado en cimbra integrada por paneles modulares de marco metálico y cara de contacto de madera de triplay, los cuales se une entre sí por medio de unos elementos especiales para tal motivo con el objeto de facilitar todas las operaciones de cimbrado y descimbrado de muros, losas, trabes, columnas, etc.

Los paneles están formados por perfiles metálicos en forma de “T”, y “L” y los tableros con madera contrachapada de triplay en medidas estándares de 20, 30, 45 y 60 cm de ancho por 60 cm hasta 240 cm de altura que dan de 30 en 30 cm.

Los tres elementos básicos de unión entre paneles son: el tirante, el cerrojo y la cuña; los tirantes son recuperables y sirven para proporcionar la separación entre paneles, es decir, el espesor del muro y también para resistir la presión del concreto durante el colado. Los cerrojos se emplean para unir las esquinas y fijar el panel con panel y las cuñas se utilizan para fijar los tirantes a los paneles.

Existen otros accesorios llamados esquineros interiores y exteriores, los cuales se utilizan, como su nombre lo indica, en la unión de muro con muro para resolver los ajustes necesarios de la modulación.

Aunque el sistema se ha utilizado en diversas obras, una de sus aplicaciones más importantes es la construcción de viviendas unifamiliares y multifamiliares.

A reserva de la resistencia y condiciones del terreno, la cimentación empleada en la construcción de vivienda con este sistema modular de colado monolítico es una losa corrida de concreto reforzada con malla electrosoldada y rigidizada con nervaduras perimetrales y bajo los muros de concreto reforzado.

Dependiendo del proyecto los muros pueden tener desde ocho hasta quince centímetros de espesor. Los muros son colados con concreto de  $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia y reforzados con malla electrosoldada, éstos se alinean y plomean con polines inclinados colocados en forma similar a un troquel.

Las losas de azoteas o entrepisos, si es el caso de una vivienda de dos o más niveles, el sistema se puede adaptar a cualquier dimensión mediante los elementos de ajuste o bien con un pedazo de hoja de triplay. Así mismo, se puede hacer la combinación de los muros de concreto con cualquier otro sistema de losas como es la vigueta y bovedilla, o bien, losa maciza cimbrada con el sistema tradicional.

Todas las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias quedan ahogadas en los elementos estructurales, tanto en muros como en losas, evitando con esto el ranurado.

Las principales ventajas de este sistema son: el sistema es un trabajo de ensamble más que un trabajo de cimbrado y descimbrado debido a los sencillos elementos de unión ya mencionados, es versátil, rápido, adaptable a cualquier tipo de proyecto y fácil en su aplicación y manejo, lo cual se puede comprobar en obra, ya que el tiempo de ejecución de las actividades de cimbrado, colado y descimbrado de muros para una vivienda de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> de superficie construida, requiere de un jornal de ocho horas y del trabajo de una cuadrilla de ocho personas.

### ***1.4.5 Sistema Celda Cret***

Celda cret es un sistema industrial de construcción con base en módulos precolados de concreto reforzado aligerado, los cuales se colocan y ensamblan en el sitio para formar muros y losas de entrepiso y azoteas.

El sistema está compuesto por tres productos básicos. Celda cret es un aditivo inclusor de aire para el concreto, el cual es fluidizante y endurecedor.

Con este mismo aditivo se fabrica concreto ligero para colar en el sitio muros de construcciones monolíticas como los realizados con el sistema cimbramex, losas macizas de entrepiso y azotea, o bien, las mismas juntas de unión entre los paneles de este sistema.

El tercer y último producto son los ya mencionados paneles precolados celda cret, hechos con base en este mismo concreto aligerado y reforzado con acero de alta resistencia.

Los tipos de paneles celda cret son el celda-muro y el celda-losa. Los paneles celda—muro están hechos de concreto ligero celda cret y están reforzados en ambos sentidos con anillos de acero de alta resistencia grado 6,000 de 5/32". Estos paneles se fabrican con un espesor y altura estándar de 10 y 230 cm respectivamente y con anchos de 50, 80, y 110 cm además de que también se pueden elaborar paneles especiales sobre pedido de columnas a columnas se así lo requiere el proyecto.

Los paneles celda-muro se ensamblan en el sitio para formar de muros de carga y divisorios uniéndose entre sí por medio de una grapa de acero de alta resistencia grado 6,000 de 5/32", la cual amarra los anillos horizontales de los paneles por unir y una vez que se han instalado las grapas se procede con el colado de la junta de diez centímetros que se deja entre ellos. Aunque no es necesario, se recomienda colocar en la junta de unión entre los paneles de losa de cimentación y muro, y entre losa de entrepiso y muro, una varilla en forma de escuadra para proporcionar mayor rigidez a la estructura.

Cuando son viviendas de dos niveles, los paneles celda-muro del segundo piso pueden colocarse alineados con los del primer nivel, o bien en forma cuatropeda como el block o el tabique.

El panel celda-losa está hecho con concreto celda cret y está armado con acero de alta resistencia grado 6,000 para absorber los esfuerzos de tensión que se producen en la losa bajo las cargas de trabajo. El panel celda-losa se fabrica para cubrir claros de 300, 400 y 500 cm con 40 mm de espesor y 45 cm de ancho.

Después de que los paneles se han colocado para formar el sistema de losa, se procede con un colado complementario de concreto reforzado con malla electrosoldada (capa de compresión), cuyo espesor varía en función del claro y de la carga viva que va a soportar. Vulgarmente se puede decir que el panel celda-losa es una semivigueta o vigueta de alma abierta de mayor ancho que las comercialmente utilizadas en el sistema de vigueta y bovedilla.

Las ventajas de este sistema son: es un elemento resistente al fuego y al salitre, es aislante térmico y acústico, es ligero, requiere de un bajo mantenimiento y aminora los costos de la construcción debido a que es rápido de ensamblar reduciendo el tiempo de la construcción.

#### *1.4.6 Sistema Spancrete*

El sistema spancrete son losas o paneles de concreto prefabricado pretensado, elaboradas en planta mediante el procedimiento de extrusión y compactación. Los materiales empleados en la elaboración de estos paneles son el concreto con una resistencia de  $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  y el acero de presfuerzo ASTM-A-416 con un esfuerzo de ruptura de  $17,500 \text{ kg/cm}^2$ .

Las losas de spancrete se realiza en camas de 10, 15, 20 y 25.5 cm con un ancho estándar de 100 cm y longitudes sobre pedido de centímetro en centímetro desde los 300 hasta los 1,400 centímetros.

El colado de las placas spancrete se realizan en camas de presfuerzo de ciento treinta y cinco metros de longitud, cortándose a la medida especificada una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia de proyecto y habiéndose realizado la transferencia del presfuerzo.

El pretensado de los cables de presfuerzo se realiza en forma mecánica por medio de gatos hidráulicos y se controlan mediante lecturas manométricas y por los alargamientos que sufren los cables durante el proceso. El área de acero de presfuerzo se proporciona de acuerdo a la longitud de la losa a la sobrecarga especificada a la cual va a estar sometida durante su vida de trabajo.

El peso volumétrico del concreto es de  $2300 \text{ kg/cm}^3$  lográndose con esto un importante ahorro en el peso propio de la losa debido a los huecos longitudinales que tiene la losa. Este ahorro puede ser hasta de un 40% en relación a la losa maciza. Esta característica es particularmente importante en construcciones de varios niveles por la economía que representa el diseño de las columnas y de la cimentación.

El junteo tanto transversal como longitudinal de las losas spancrete se realiza con mortero cemento-arena en proporción volumétrica 1:4 y armado por temperatura, la cual garantiza un comportamiento similar al de una losa maciza.

Spancrete también puede utilizarse como sección compuesta asociándose a un firme de concreto o capa de compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup>, y cinco centímetros de espesor y armada por temperatura con malla electrosoldado. Este firme colabora dentro de ciertos límites con la losa spancrete incrementando la capacidad de carga útil del sistema. La especificación de esta capa de compresión adicional a la losa prefabricada spancrete queda a juicio del diseñador.

Debido a la concepción de su perfil lateral, las losas spancrete una vez junteadas trabajan como un conjunto y no como piezas independientes. Según ACI-711-58 “minimum standard requirements for precast floor units”, cuando las losas son sometidas a cargas concentradas puntuales o provenientes de muro, la distribución lateral de estas cargas se logra por medio de las juntas.

Los paneles spancrete son planos y no permiten diferencias en contra flechas en dos piezas adyacentes mayores a los 10 mm diferencia que cuando existe debe corregirse previamente al junteo de las mismas, lo cual permite obtener superficies uniformes y con buena apariencia.

Las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se pueden colocar en la capa de compresión o bien, pueden instalarse en los huecos longitudinales de la propia pieza.

Bajo condiciones normales para el montaje de los paneles, es decir, con accesos transitables al pie de la obra para los equipos de transporte e izaje, sin obstáculos tales como cables de energía eléctrica, arboles, etcétera, es posible instalar un promedio de 1000 m<sup>2</sup> de losa spancrete por jornal de ocho horas de trabajo.

Existe un sistema de características similares al spancrete llamado losa spiroll. El sistema se basa en el empleo de elementos huecos de concreto prefabricado pretensado mediante el proceso de extrusión. La losa spiroll es de sección rectangular de 120 cm de ancho, espesores de 20, 25 y 30 cm y longitudes desde los 400 cm hasta los 1,500 cm.

Al igual que spancrete, la losa spiroll puede emplearse como muro de carga o como losa de entrepiso y azotea, la cual se complementa en este caso con una capa de compresión armada por temperatura con malla electrosoldada. El objeto de este firme es el de proporcionar la unión entre las losas para que el sistema trabaje monolíticamente.

Las principales ventajas de este sistema son: su alta durabilidad debido a que es un producto prefabricado de concreto presforzado, tiene una excelente resistencia al fuego (tres horas a fuego directo), posee un adecuado aislamiento térmico y acústico proporcionado por los huecos longitudinales, los cuales trabajan en forma similar a los de la bovedilla en ese sistema. Agiliza la construcción, es de muy bajo mantenimiento y tiene menor peso propio que una losa maciza debido a su sección extruida.

### **1.5 INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN.**

La industrialización de la vivienda, significa transformar la construcción de las mismas de una actividad artesanal a una actividad industrial. Esta transformación está basada sobre las mismas condiciones que requiere cualquier otro tipo de industria, promueve la introducción de métodos usados para la producción en serie, una mayor mecanización, una mejor organización de trabajo en planta y en obra y la existencia de un mercado continuo que lo requiera. En otras palabras, la construcción de viviendas con elementos prefabricados ofrece la posibilidad de desarrollar y simplificar la construcción y facilita la introducción de nuevos métodos tecnológicos.

Se define *industrialización* como la utilización de tecnología que substituyen la habilidad del artesano por la de una máquina. No se debe relacionar necesariamente la industrialización con el lugar físico donde se ejecuta el trabajo (fábrica versus obra), ni con que el trabajo se realiza o no en serie<sup>4</sup>

Existe industrialización si se ha desarrollado una tecnología mecanizada para la construcción, sea o no prefabricada. La producción en serie se justifica por el volumen del producto solicitado y porque permite la amortización de la maquinaria.

Es importante tener en cuenta que, en un proceso de industrialización, sólo se cambia el método constructivo, no el producto final. La esencia y la base de la industrialización es producir un objeto con reducida mano de obra artesanal, con máquinas utilizadas por obreros especializados o con máquinas automáticas.

Es importante industrializar la construcción de viviendas, pero no importando sistemas o métodos de países del primer mundo, sino que hay que estudiarlos y analizarlos para así crear y desarrollar sistemas propios que vayan de acuerdo con las ideas, necesidades, cultura y política del país.

Con la creación de estos sistemas se desarrollarán nuevas técnicas que permitan aumentar la productividad y rendimiento de los recursos con que se dispone en el país: maquinaria, equipo, mano de obra e insumos, como los son los sistemas de elementos prefabricados.

La prefabricación es un medio técnico de gran importancia dentro del campo de la construcción cuyo significado básico es producir elementos en un lugar distinto al de su posición final en la estructura. Se puede decir entonces que la prefabricación es un procedimiento y un material de construcción.

Debe ser considerada como una construcción prefabricada aquella en que las partes que la constituyen son en su mayoría ejecutadas en serie y en taller, con la precisión de los métodos industriales modernos, para formar el sistema constructivo coherente; satisfaciendo, según sea su destino, las condiciones normales de resistencia, aspecto, habilidad, confort y duración con el mínimo de mantenimiento. Esta construcción debe poder, en razón de una línea de montaje precisa y detallada, ser edificada por mano de obra común, rápidamente, si detenciones, retoques ni

---

<sup>4</sup> Virgilio A. Ghio Gastillo, Guía Para La Innovación Tecnológica En La Construcción, Ed. Universidad Católica, Chile. 1997, pág. 164

modificaciones, mediante operaciones simples de montaje nivelación y juntura y reduciendo los remates a un mínimo<sup>5</sup>

Así mismo debe ser considerado como un elemento prefabricado:

Aquel que permite agrupar en forma coherente, en una sola obra ejecutada en serie, en planta o en taller, con la precisión de los métodos industriales modernos, los elementos habitualmente ejecutados en obra por varios equipos de trabajo. Este elemento debe ser apto para entrar en servicio después de un rápido y simple trabajo de montaje<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Eduardo J. Guerrero Valdez, Tesis Aplicaciones De Sistemas De Prefabricación Para La Vivienda En México, Facultad DE Ingeniería UNAM, México DF. 1992, Pág. 16

<sup>6</sup> Ibíd.

## ***1.6 CONCLUSIONES CAPITULARES***

Los problemas de vivienda que enfrenta México deben ser tomados por el ramo construcción desde un punto de vista muy serio, con una visión industrial, dotando al sector de una solución para un problema de mucha relevancia para el país.

Una de las limitantes que tiene la industria de la construcción es la falta de mano de obra calificada y en cierto modo capital para el desarrollo de nuevas tecnologías, las empresas no invierten en nuevas tecnologías si en el panorama económico, político y social no existe una estabilidad adecuada.

Aunque la prefabricación es un método que se viene usando desde hace mucho tiempo ya, fue a partir de la Segunda Guerra Mundial donde tuvo su mayor aplicación y su desarrollo se puede considerar que es a partir de ese momento. Francia es el país que más se apoya en la prefabricación, esto generado por la necesidad surgida de la reconstrucción del país después de la Segunda Guerra Mundial.

Se debe señalar que la prefabricación es una forma de industrialización de viviendas, pero no es la única forma de industrialización que existe pero es un sistema que le ha dado mucho empuje y desarrollo a la industrialización de la vivienda y en general de la construcción.

En países desarrollados se generan nuevas tecnologías que deben ser transmitidas a los países con más deficiencias, con problemas económicos, donde estas tecnologías de construcción, que son económicas, rápidas y eficientes sean una respuesta al problema tan grande de vivienda que tienen los países pobres.

Los primeros procesos de prefabricación solucionaron el problema de vivienda, actualmente esos mismos procesos (grandes paneles) resultan ser ineficientes, por lo que se da pie a una revolución por así llamarla de métodos, procesos, materiales, a la que se denominó "industrialización abierta".

En el caso de México se han utilizado varios sistemas prefabricados que han sido de gran apoyo para las desarrolladoras para el aumento de su productividad y lograr ser competitivos en el mercado mexicano.

Industrialización se define como la utilización de tecnología que substituye la habilidad del artesano por la de una máquina, y no se debe relacionar necesariamente la industrialización con el lugar físico donde se ejecuta el trabajo, no con que el trabajo se realiza o no en serie, por su parte la prefabricación es la fabricación de piezas en una fábrica con producción en serie para su colocación en la obra.

Cualquiera que sea el sistema que se utilice algún método tradicional o industrializado, el producto que se desarrolla al final es lo mismo, cambia su forma de edificarlo y alguna de sus características como su calidad, tiempo de terminación y costo.

## **CAPÍTULO No. 2- ASPECTOS IMPORTANTES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La industrialización de la construcción afecta diferente a cada miembro de la industria de la construcción; en consecuencia, hay poco acuerdo dentro de la industria en cuanto a su naturaleza exacta. Industrialización consiste en procesos, mecanismos, organización y control. Relacionados con la industrialización están los conceptos de sistemas y entorno, gracias a los sistemas aprobados es posible utilizar la industrialización en la industria de la construcción. La naturaleza de los productos de la construcción cambia radicalmente lo que afecta las posibilidades de continuidad de la producción, la mercadotecnia y los procesos contractuales se ven afectados (los cambios en la tecnología se ven acompañados con los cambios en organización), con esta relación, sin embargo, es necesario, distinguir entre la necesidad y la demanda real. Vid Pág. 15

La incorporación de los conceptos de industrialización y de prefabricación en la construcción, son ampliamente reconocidos como un medio eficiente para mejorar la productividad y la calidad de la edificación (al limitar la ocupación de mano de obra artesanal) y como fuentes importantes de innovación tecnológica en la construcción. Se introducen el concepto de diseño modular, el cual facilitará la introducción de tecnologías de prefabricación e industrialización en una industria, donde generalmente los sistemas y elementos son poco racionalizados y estandarizados, tanto entre diferentes proyectos como dentro de cada proyecto.

La construcción de viviendas sigue siendo terriblemente artesanal, pero hay varios factores que están empujando de forma decisiva hacia una mayor e irreversible industrialización:

- La introducción de la cultura del "cero defectos" en todos los demás productos que adquirimos cotidianamente, está provocando que quien compra una vivienda cada vez entienda menos (y con razón) que algo que cuesta tanto dinero, tenga tantos defectos de acabados. Sólo la industrialización de los procesos productivos puede acercarnos a los estándares normales en otros sectores.
- El nivel de siniestralidad de la construcción, mucho más alto que el de la industria, tiene también bastante que ver con la forma en la que se siguen ejecutando los procesos productivos.
- El sector está acusando fuertemente de la falta de mano de obra calificada y para ello es necesario valorizar el trabajo que hace la gente en la obra, lo cual será imposible mientras sus condiciones de trabajo sigan estando tan alejadas de las que "disfruta" un operario industrial.

Actualmente ya existen sistemas de industrialización de muchos elementos de la construcción de las viviendas, y en viceversa estamos ya utilizando algunos de ellos de forma habitual (fachadas y cerramientos interiores) y vamos a empezar a utilizar también otros menos extendidos, en especial en la estructura de edificios (pilares y vigas completamente industrializadas).

### *2.1.1 Naturaleza de la industrialización.*

La característica básica de los sistemas industrializados es el traslado de lo hecho a mano a una producción en serie o lo que conlleva a producir en una planta centralizada. Muchas ventajas de la fabricación y producción en la línea de ensamble son las mismas para casas que para industrias de otros productos de las cuales haremos un pequeño listado y descripción:

*CONTROL DE CALIDAD*-La precisión de la maquinaria da como resultado medidas exactas, menos mantenimiento y desperdicio de material. Permite un horario fijo, mejor control y eficacia en los operarios.

*CONTROL DE PRODUCCIÓN*-Producción programada y estudios de tiempo. Esto disminuye la necesidad de almacenar producto en fábrica o en obra. La producción es más rápida en un lugar en donde se puede mantener orden y secuencias de fabricación.

*CONTROL DE INVENTARIO*-En fábrica es posible un control de inventario de pequeñas piezas y componentes terminados; lo cual virtualmente elimina el robo y el desperdicio.

*CONTROL DE TRABAJO*-Es posible mayor uso de personal no calificado debido a la fácil supervisión. Las relaciones de empleados y patrón se mejoran en un lugar donde el empleo es permanente. En una planta es posible la continuidad y las secuencias sistematizadas. La rotación de personal es minimizada gracias a la posibilidad de planificar la producción.

*CONTROL CLIMÁTICO*-El trabajo en fábrica evita retrasos en construcción por lluvia y permite trabajar más cómodamente.

*CONTROL DE PROBLEMAS*-El uso sistemático de elementos permite solucionar problemas constructivos y optimizar su diseño. Con esto se acumula la experiencia, lo cual permite construir de forma más eficiente.

*ADMINISTRACIÓN Y DISEÑO EN LA INDUSTRIALIZACIÓN*-La construcción industrializada implica un nuevo concepto de arquitectura racionalizada. Para esto es necesario aplicar una teoría de administración y diseño que incorpore:

- Avanzadas técnicas de administración
- Organización de materiales y hombres
- Método de construcción progresivo

### ***Necesidad de industrializar***

Las causas que nos llevan a industrializar o promover cambios del método de producción son los siguientes:

- Existe en nuestro mercado de viviendas un grupo de hechos de mal desempeño que se repiten frecuentemente tanto en las obras privadas como en las públicas.
- La calidad de las construcciones de viviendas masivas es cada vez menor debido a una mano de obra ineficiente del oficial albañil. Esto genera una menor productividad que la empresa la considera en los presupuestos a cotizar en obras siguientes. De lo anterior surge que se utiliza más mano de obra de la necesaria, que se destina a sustituir máquinas. Esto es subocupación disimulada y una subestimación social del que la sufre.
- El uso de subcontratistas en gran parte de la obra, que lógicamente trabajan a mayor velocidad en detrimento de la calidad. En general, el concreto, los acabados y las instalaciones se subcontratan en las obras provocando muchas veces el incumplimiento de entregas de obras en los plazos estipulados. Las multas convenidas en general no se aplican por lo difícil y engorroso de su ejecución y la gran demora en la solución si se recurre a la justicia.
- Cada vez es mayor el número de accidentes laborales y el valor de las primas se incrementa. El origen de éste debe buscarse en la inexperiencia del obrero utilizado.

### ***2.2 INDUSTRIALIZACIÓN ASPECTO SOCIAL***

El problema de la vivienda en nuestro país es muy complejo y de difícil solución dado que depende directamente del crecimiento económico y demográfico de México. Las condiciones actuales del país y los complejos trámites administrativos ante diversas instancias, así como los fiscales, coadyuvan a retrasar y encarecer la producción de vivienda privada.

La problemática se ubica dentro de la tendencia global de los sectores populares urbanos, sentida y vivida como necesidad, de integrarse a la sociedad urbana vigente en condiciones no degradantes. Sin embargo es importante subrayar que la insatisfacción de las necesidades habitacionales básicas se expresa, no exactamente en los códigos de la sociedad hegemónica a la que la gente aspira a integrarse, ni tampoco en los términos de su cultura habitacional previa, sino en los términos de sus procesos y necesidades de comprensión gradual de estos códigos, y de evolución gradual dentro de esta sociedad, generando, inevitablemente, su propia versión de vida urbana.

Los satisfactores habitacionales básicos indispensables para concretar la transición con la implementación de sistemas constructivos industrializados se han definido no sólo en términos de mejor o peor respuesta directa a las necesidades sino también en términos de sus posibilidades de ser asimilados y entendidos pero operados por parte de los constructores.

Desde este ángulo la acción de solución habitacional urbana se define como la generación de condiciones (físicas, jurídicas y sociales) adecuadas para la transición hacia la integración a la sociedad urbana-moderna, con modos de producción igualmente adecuados, financiera, técnica y socialmente.

Es importante prever que la asimilación al sistema constructivo, dentro de la organización social vigente, requiere la aceptación por parte del mismo sistema actual, de su propia modificación, a través de la introducción de pautas y condiciones nuevas aportadas por los actores. Los grupos incorporados no sólo necesitan generar su propia versión de hábitat urbano moderno, sino que, por pasar a pertenecer a un conjunto, necesitan que se reconozca y acepte que el conjunto en su totalidad será inevitablemente modificado, cualitativamente, por la incorporación del nuevo elemento.

Esta concepción reconoce al proceso de resolución habitacional como una de las experiencias troncales de vida de la mayoría de la gente y en particular en los sectores pobres. La evolución implícita en la solución del problema habitacional no se limita, según esta interpretación, a los efectos de la transformación física del hábitat, es decir, a los cambios que la gente experimenta cuando pasa a disponer de en una vivienda mejor, sino también a los efectos del proceso que conduce a esa transformación, es decir, a los cambios que se van produciendo en la gente a través del esfuerzo de procurarse y ver materializar la vivienda mejor.

No solo el hábitat físico debe proveer condiciones y estímulos favorables, sino que aparece como indispensable que el proceso general de gestión que tiene por meta la transformación de la situación habitacional se constituya también en una experiencia transformadora, coherente con el sentido social de su resultado.

Según este criterio, el proceso de resolución se diseña y se implementa no sólo en función de la satisfacción de necesidades específicamente habitacionales sino también en función de la decisión de desarrollar el proceso de implementación como una experiencia de vida favorable a la necesidad de los habitantes, de adquirir actitudes y aptitudes para un desempeño más adecuado a las exigencias funcionales de la vida urbana-moderna, a las reglas de juego de una estructura social formalmente planteada

Por todo esto la vivienda es un rubro que ha tomado un impulso en los últimos años y hoy el futuro parece alentador para la industria de la construcción en general. Sin embargo, las edificaciones industrializadas no han logrado popularizarse en el entorno mexicano por diversos motivos. El ingeniero Caire Obregón explica:

“Que en este rubro todavía no se encuentra un sistema totalmente industrializado que funcione y resuelva las necesidades o expectativas de las constructoras. Simplemente no las hay”<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> PABLO CAIRE OBREGON, “Una Nueva Revolución Industrial”, *Revista Construcción y Tecnología*, Junio 2008, No 241, Pág. 50

La idiosincrasia de nuestro país no permite que eso suceda, y vale la pena mencionar lo que decía Blas Chumacero (exlíder sindical, diputado y senador fallecido en 1997):

Si un obrero mexicano no puede llegar a su casa y colocar un clavo a la virgen de Guadalupe en la pared, simplemente no le gusta. Pienso que está haciendo mucho en relación con la vivienda, pero hay que decir que algunas constructoras han preferido hacer la industrialización y prefabricación por ellos mismos y han dejado de lado a los especialistas y eso, evidentemente, no nos ha ayudado mucho<sup>8</sup>.

Por otra parte, si hablamos de las necesidades de los proyectos de infraestructura hay que tomar en consideración, que cada vez nos estamos yendo a elementos más pesados, lo que nos lleva a riegos más grandes en relación al transporte, tal y como sucedió en la obra del segundo piso del periférico en la ciudad de México donde hubo grúas de 500 y mil toneladas.

La movilización de estos elementos es complicada y requiere de la ayuda de la autoridad, pero también de la concientización de los empresarios de que no podemos estar circulando con este tipo de piezas a las doce del día. El segundo piso fue una buena experiencia para saber que hay que trabajar de noche y molestar lo menos posible con nuestros equipos.

El desarrollo económico de la construcción, en combinación con la intensa competencia tanto local como extranjera que se vive en la actualidad, está modificando el rostro meramente artesanal de la actividad por uno donde los criterios técnicos prevalecen, con lo que se impulsa a la empresa a buscar una mejor posición competitiva y finalmente a crecer. En la actualidad se está dejando atrás los métodos que se basan en la existencia de recursos humanos abundantes y de bajo costo.

De hecho, el crecimiento del sector de la construcción ha permitido alcanzar en varias oportunidades una situación cercana al pleno empleo, ello conduce a una menor disponibilidad de mano de obra calificada, lo cual lleva a buscar formulas que aprovechen de manera óptima los recursos existentes, de manera de satisfacer las necesidades de la construcción con los mismos recursos.

Debido al desarrollo del actual sector, así como al que se espera en los siguientes años y debido a que las obras generadas por esta industria afecta en forma directa al desempeño y desarrollo de la sociedad, es de carácter inminente que se busquen, propongan, desarrollen y adapten tecnologías innovadoras que puedan resolver los problemas actuales de manera más eficiente que los mecanismos de los que se disponen actualmente, para asegurar así el desarrollo futuro de la economía.

---

<sup>8</sup> Ibíd.

Es de llamar la atención como en nuestros días, en un mundo científico, industrial y moderno por excelencia, la autoconstrucción, una de las actividades más antiguas del ser humano, sigue rezagada dentro de una tecnología de producción y organización artesanal en muchos países del mundo, es decir, en los países en vías de desarrollo.

Basta con solo recorrer los cerros y la periferia de cualquier ciudad de la República Mexicana, como de cualquier otro país de América Latina, para ver las “casas” en que viven millones de personas. Viviendas que son construidas con piedras, tapiales, de adobe o con cualquier tipo de material vegetal como paja, troncos o tablas y toda clase de materiales de desecho como láminas de cartón y galvanizadas.

La falta de una vivienda adecuada trae consigo diversos problemas íntimamente relacionados con su naturaleza. Las condiciones hidráulicas y sanitarias, es decir, el inadecuado equipamiento en lo que representa a la provisión de agua potable y la evacuación de aguas negras.

Pero, ¿qué es una vivienda? Edwin Haramoto en su trabajo “políticas de vivienda social: Experiencias chilenas de las tres últimas décadas”, aborda precisamente esta problemática definiéndola de la siguiente manera: “para estudiar el problema habitacional es necesario enfocar la vivienda desde una perspectiva amplia. La vivienda no solo es “casa” sino que constituye un conjunto de servicios habitacionales que comprende inseparablemente el suelo, la infraestructura y el equipamiento social-comunitario, junto al techo, refugio o casa”, por otro lado, el hábitat que da origen a la vivienda es un proceso, lo que significa que deben de estudiarse las fases y los componentes de dicho proceso y los factores que lo condicionan<sup>9</sup>.

La combinación de los conceptos de servicio habitacionales y de proceso plantea una concepción integral en la comprensión y búsqueda de soluciones al problema habitacional.

Cualquier necesidad social, en este caso particular el de la vivienda, son un factor importante para el progreso tecnológico. Los últimos adelantos científicos y las modernas técnicas de organización y sistematización, ofrecen a la industria de la construcción un magnifico campo de desarrollo. Equipos y maquinaria más eficiente, nuevas técnicas y materiales de construcción que conducen y probablemente obliguen a la industrialización de la vivienda.

El problema también radica en que con los procedimientos convencionales de construcción y las dificultades de la oferta de mano de obra calificada, parece prácticamente imposible mantener un alto ritmo de producción que disminuya y satisfaga el déficit de vivienda. Esto no significa que los métodos tradicionales de construcción sean inadecuados, sino que también se requiere y es necesario tener una alta productividad donde se puedan reducir los costos y tiempos de construcción, para evitar que el déficit siga creciendo.

---

<sup>9</sup> Eduardo Juan Guerrero Valdez, Tesis Aplicaciones De Sistemas Prefabricados Para La Vivienda En México, Facultad De Ingeniería, UNAM, México DF. 1992, Pág. 5

## **2.3 INDUSTRIALIZACIÓN ASPECTO TÉCNICO.**

### *2.3.1 Industrialización de la construcción: conceptos y alternativas*

El concepto industrialización de la construcción tiene diversas acepciones, una definición aceptable es “la utilización de tecnologías que sustituyen la habilidad del artesano por el uso de máquina”. Ciertamente es posible extender el concepto no sólo al uso de máquinas o herramientas, sino también a las tecnologías blandas: forman racionalización del conjunto de procesos y de la organización de las obras, que acerquen la gestión de la construcción a las prácticas propias de la producción industrial. Adaptando la definición menciona a la producción de insumos, con una referencia menos literal al reemplazo de mano de obra por maquinaria, podemos hablar de un proceso de incorporación de insumos o componentes con un creciente valor agregado en fábrica, en función de obtener resultados homogéneos y predecibles en cuanto a calidad, costos y plazos de construcción.

Frecuentemente se ha asimilado el concepto de industrialización con los procesos de prefabricación cerrada que tuvieron auge en las décadas pasadas en varios países de la región (Cuba, México, Argentina, Chile y Venezuela, entre otros), estas experiencias intentaron reemplazar la construcción tradicional con diversas alternativas tecnológicas ligeras y/o pesadas, orientadas hacia la producción de unidades habitacionales en instalaciones industriales para su posterior montaje en obra. Esta práctica se ha reducido significativamente en los últimos años y con la excepción de Cuba que por diversas causas ha paralizado el uso de estas tecnologías no se llegó a traducirse en un elevado número de soluciones<sup>10</sup>.

Más allá de la crisis que experimentó la construcción en la década de los 80's y que afectó particularmente a estas industrias que difícilmente podían adaptarse a una reducción significativa de la demanda, este tipo de experiencias evidenció algunas limitaciones propias.

Por una parte, se tradujo en soluciones habitacionales rígidas y homogéneas, de baja flexibilidad para los distintos contextos geográficos y humanos, sin que necesariamente se lograra mejor calidad que en la construcción tradicional. Por otra parte, se tendió a expresar como una alternativa de reemplazo de la empresa de la empresa constructora tradicional, como una invasión de la industria en el campo de aquella, lo que dificultó la introducción generalizada de estas tecnologías.

Los avances tecnológicos, en particular la incorporación de la computación en el diseño y producción de elementos de construcción, tenderán a eliminar algunas de las limitaciones de la práctica tradicional de la prefabricación, orientada hacia una modalidad abierta a merced de la utilización de componentes compatibles de distinto origen.

---

<sup>10</sup> Julián Salas Serrano, La Industrialización Posible De La Vivienda Latinoamericana, Ed. ESCADA, México DF. 2000, pág. 59

Los distintos grados y tipos de prefabricación constituyen una expresión específica de la industrialización de la construcción, la cual, en términos más generales, evoluciona hacia el reemplazo de ciertas faenas tradicionalmente realizadas en obra (creciente utilización del concreto premezclado y de las armaduras semi-armadas) y al empleo de insumos más elaborados (vigas y losetas, morteros pre-dosificados) lo que permite combinar las ventajas propias de la producción industrial (especializaciones de la mano de obra, optimización de las condiciones de producción, homogeneidad de los productos) con la flexibilidad de su aplicación a distintos tipos de construcciones.

La producción de la vivienda en América Latina y el Caribe hacemos nuestra la siguiente síntesis de carácter globalizador que perfila un marco de desarrollo válido en sistemas industriales:

- Las perspectivas que ofrece la superación de los desequilibrios macroeconómicos y la necesidad de los países de enfrentar los retrasos existentes en el campo de la construcción.
- Las tendencias de modernización de la gestión pública y de diversificación de sus políticas.
- La creciente demanda de calidad y la exigencia de desarrollar un marco regulatorio que privilegie un adecuado rendimiento de los productos utilizados en la construcción.
- Las nuevas tendencias que exhiben los procesos de industrialización del sector, son factores que en lo esencial, configuran un positivo contexto para el desarrollo industrial de la producción de materiales para la construcción habitacional.

### *2.3.2 Industrialización: alternativas*

El desfase tecnológico del sector construcción no implica un retraso homogéneo en todo el proceso productivo del sector. Años atrás, en el inicio de la década de los 80's podía detectarse en algunos países (Venezuela, Argentina, México) una presión exterior para vender patentes extranjeras en parte obsoletas en los países de origen. La utilización masiva de estas tecnologías incapacitaría a técnicos y usuarios para elaborar sus propias alternativas y entrañaría importantes conflictos sociales al empujar los desarrollos urbanos en direcciones ya en crisis, desde los años sesenta, en los países industrializados.

América Latina necesita tecnologías propias para el desarrollo industrial de la construcción de viviendas, que eviten los inconvenientes mencionados derivables de la colonización tecnológica.

Fase previa sería la selección de criterios para direccionar el futuro, orientar la industria y las inversiones hacia un camino adecuado, con la estructura económica social y cultural propia de cada país y momento específico.

Se asocia frecuentemente industrialización con vivienda de emergencia y prefabricación y ésta con una visión muchas veces deteriorada del gran panel prefabricado, con el que se ejecutaron la mayoría de las realizaciones masivas. Es obvio que ello no es así, pero en cualquier caso estos criterios son el resultado de una concepción simplista del fenómeno de la industrialización que es preciso matizar.

No entraremos en lo que significa de modo genérico industrializar, aun cuando todos podamos identificar las características bajo las que se presenta: mecanización, racionalización, aumento de productividad, necesidad de capital fijo, control, organización, etc.

En cualquier caso, la industrialización podemos considerarla como el resultado de una determinada aplicación de tecnologías, que se materializan bien en el propio proceso de producción, “tecnología de proceso” o de producto, la vivienda como tal “tecnología de producto”. Estos dos aspectos de la industrialización se representan, según el esquema reproducido en la figura No. 1 en el que se aprecian en dos ejes perpendiculares la posible evolución desde una construcción convencional hasta una progresiva sofisticación de producto y/o proceso y que nosotros hemos ilustrado con imágenes de casos concretos. De este sencillo esquema se deducen planteamientos muy diversos de política tecnológica, según se pretenda aumentar la productividad, manteniendo un mismo grado de prestaciones y acabados; garantizar unas prestaciones muy elevadas sin modificar el ritmo de producción o tratar de conseguir ambas cosas a la vez<sup>11</sup>.

El techo absoluto de la industrialización mediante componentes está lejos, incluso en los países muy desarrollados aun cuando poco a poco crece el número de componentes y elementos que aparecen todavía descoordinadamente en el mercado.

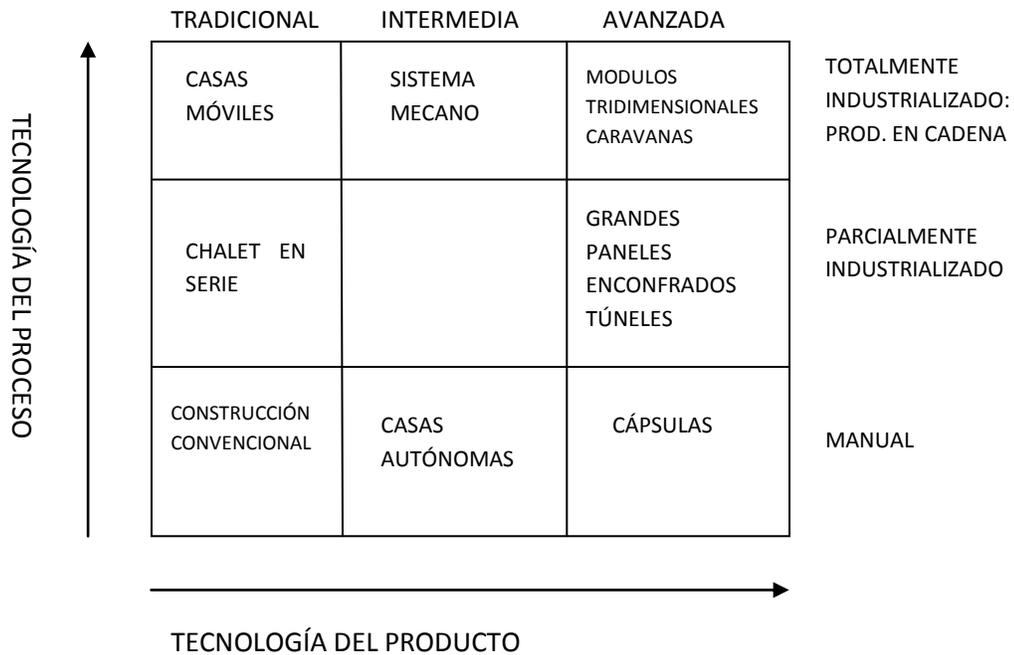
La Sociedad británica de Arquitectos concibe la industrialización de la construcción como:

Una organización que aplica los mejores métodos y técnicas al proceso integral de la demanda, diseño, fabricación y construcción” y también como “un número de actividades coordinadas en los campos técnicos, económicos y comercial<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> *Ibíd.* Pág. 60

<sup>12</sup> *Ibíd.* Pág. 60



**Fig. No. 1**

### 2.3.3 El sistema constructivo

Se ha utilizado hasta el momento en diferentes contextos el concepto sistema aplicado a aspectos constructivos. Parece oportuno tratar de delimitar lo que se ha entendido por sistema referido a la construcción de viviendas. Este se definirá como:

*Una entidad heterogénea formada por personas, medios materiales y conocimientos de una determinada tecnología, que hace posible la realización del acto de construir en todas o la mayoría de sus fases<sup>13</sup>.*

En este contexto son muchas las etapas que se tienen que cubrir para completar un sistema que sea realmente acreedor de tal denominación. En principio, se considera que se trata de un sistema constructivo cuando reúne de forma simultánea:

- Una tecnología propia que aporta una innovación real sobre las de carácter público existente, avalada por la documentación legal pertinente.
- Un equipo humano capacitado para aplicar dichos conocimientos en todas sus fases.
- Instalaciones y equipo de fabricación (propios o externos) dotados para producir elementos de acuerdo a características específicas.
- Medios humanos y equipos (propios o externos) capacitados y adiestrados para realizar el montaje o instalación de los elementos.

---

<sup>13</sup> *Ibíd.* Pág. 63

De forma esquemática, pueden sintetizarse las ideas anteriores mediante la expresión:

**SISTEMA= TECNOLOGÍA + EQUIPO (HUMANO, DE PRODUCCIÓN Y DE MONTAJE)**

De la práctica se ha adoptado en forma de tabla las veinte etapas o hitos lógicos que de forma implícita o explícita han de superarse en el desarrollo de un sistema constructivo industrializado de viviendas. *Vid tabla 2.1*

<b>TABLA 2.1</b>	
<b>ETAPAS POSIBLES EN LA DEFINICIÓN COMPLETA DE UN "SISTEMA" INDUSTRIALIZADO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA.</b>	
<b>ETAPAS</b>	<b>CONTENIDO</b>
1.-Definición de las premisas básicas del sistema.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aspectos económicos</li><li>• Objetivos básicos</li><li>• Gama de materiales disponibles y otros industrializados</li><li>• Técnica a emplear</li><li>• Nivel tecnológica previsto</li><li>• Índice técnico-económico a lograr</li><li>• Campo de aplicación arquitectónico</li><li>• Aspectos urbanísticos</li><li>• Aspectos ecológicos sociales</li></ul>
2.-Estudio bibliográfico de sistemas con premisas afines	
3.-Definir y agrupar funciones y espacios del programa arquitectónico, determinado cuantitativa y cualitativamente sus relaciones y frecuencia de empleo.	
4.-Seleccionar los principios de coordinación modular y la retícula a emplear	
5.-Dimensionar los espacios funcionales ajustándolos a la red modular seleccionada.	
6.-Dimensionar los componentes que conforman los espacios o células arquitectónicas funcionales, a partir de las premisas referentes a:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manipulación</li><li>• Peso de los componentes</li><li>• Equipos disponibles de izaje y transporte</li><li>• Materiales a emplear</li><li>• Repetitividad y tipificación</li><li>•</li></ul>
7.-Definir los principios estructurales del sistema y las hipótesis correspondientes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistemas tridimensional</li><li>• Muros portantes</li><li>• Esqueleto</li><li>• Mixto</li></ul>

8.-Acotar el número de componentes tanto en pisos y cubierta, como en muro portantes y divisorios, las dimensiones elegidas deben ser submúltiplos de los espacios funcionales. Sus combinaciones permitirán conformar todos los espacios previstos. A modo de ejemplo: <ul style="list-style-type: none"><li>• Grandes paneles y losas del tamaño de un local</li><li>• Pequeños paneles y columnas</li><li>• Paneles de altura de un piso y ancho variable entre 12m y 60m</li><li>• Losas con luces variables y anchos de 12m y 24m</li></ul>
9.-Estudiar posibles necesidades de intercomunicación entre espacios funcionales y también con el exterior (posición y dimensiones de puertas y ventanas)
10.-Determinar las uniones y conexiones de los componentes, modulando sus posición y tipificando los casos. Las juntas pueden ser: húmedas, soldadas, con pernos, por anclajes, etc.
11.-Diseñar estructuralmente el sistema, determinando la forma de estabilidad, refuerzo y dimensiones de los componentes, tolerancia, etc.
12.- Solucionar las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y otras.
13.-Estudiar y definir la tecnología productiva tanto en fábrica como en obra, teniendo en cuenta el concepto de flexibilidad tecnológica.
14.-Realizar anteproyectos y proyectos experimentales que demuestren la capacidad de respuesta del sistema ante requerimientos arquitectónicos diversos (se sugiere la utilización de arquitectos e ingenieros no pertenecientes al equipo de concepción del sistema.)
15.-Proyectar y construir partes de la tecnología de forma experimental para comprobar y optimizar su funcionamiento.
16.-Construir una o varias obras experimentales según sea la complejidad del sistema
17.-Realizar ensayos estructurales a componentes y módulos del sistema.
18.-Corregir los proyectos, estudios e hipótesis a partir de las pruebas y ensayos.
19.-Elaborar la documentación del proyecto ejecutivo incluyendo: <ul style="list-style-type: none"><li>• Premisas, campo de aplicación y memoria descriptiva.</li><li>• Catálogo de componentes y espacios volumétricos posibles.</li><li>• Regla para el cálculo estructural y esquemas correspondientes.</li><li>• Proyecto ejecutivo de componentes</li></ul>

### *2.3.4 El proyecto de industrialización*

Otro aspecto importante de la industrialización posible, es *el proyecto de industrialización*, o si se quiere, de la industrialización del proyecto. Se tiene la intuición, fundada en hechos reales, de que se debe abordar un ámbito que pueda ser en muchos casos el primer paso para una industrialización prometedora y realista.

Nos ratificamos en la importancia de invertir en racionalización, planificación de procesos, normalización, etcétera. Es mucho más económicos y está más en nuestras manos que iniciar el camino de la industrialización mediante la adquisición de equipos, procesos o plantas llave en mano. *Vid Pág. 7-14*

El proyecto industrializado suele ser el resultado de la inversión en neuronas en equipo humano por lo que nos parece realista avanzar en América Latina por la senda de la racionalización del proyecto, condición imprescindible para industrializar e incluso un buen camino para iniciar procesos novedosos de industrialización.

#### *2.3.4.1 El proyecto de industrialización: teoría*

El proyecto de industrialización es una herramienta que pretende la industrialización de una edificación para reducir los costos de construcción. Este proyecto se conforma de maneras sistemáticas en base a los siguientes documentos unidos entre sí que forman un todo:

- a) Un documento que permite adaptar un proyecto de arquitectura a un constructor, a sus formas de trabajo, medios técnicos, proveedores habituales, etc.
- b) Un documento que permita adaptar un proyecto de arquitectura a los materiales y a la mano de obra de la zona determinada donde se va a realizar.
- c) Un documento que permita optimizar el diseño para conseguir los mismos costos. (analizando el diseño se pretende que el edificio proyectado se pueda realizar con las soluciones más sencillas y menos costosas).
- d) Un documento que permita definir exactamente el edificio y evaluar el costo en función del constructor asignado.
- e) Un documento que defina cada una de las partes o piezas de que consta el edificio cumpliendo específicamente la normativa del lugar donde se va a ejecutar. Superadas las etapas anteriores, resulta el momento de definir exactamente todas las piezas de que constará el edificio con las instalaciones incorporadas.
- f) Un documento que defina que moldes son necesarios para fabricar una de las piezas. A la hora que se estudien los procesos anteriores se debe de tener en cuenta que cada pieza hay que fabricarla y que en muchos casos será más económico hacerlas en moldes que manualmente.
- g) Un documento que debe definir las uniones de las distintas piezas entre sí, que permita no solamente conseguir la estabilidad general del edificio, sino la continuidad de todas las instalaciones (pues de nada sirve todo lo anterior si no funcionan las uniones).
- h) Un documento que defina la logística a emplear en las etapas de fabricación, transporte y montaje de todas las piezas de que consta el edificio para optimizar los costos. Todo ello, en función del tiempo en que se pretende terminar a obra. Este documento se subdivide a su vez en tres por referirse a tres procesos distintos, es decir:
  1. Piezas que hay que fabricar cada día (en función del tiempo de fraguado de cada pieza y de su orden de montaje).
  2. Piezas que hay que transportar cada día (para conseguir que a pie de obra estén ordenadas las piezas que se van a ir montando).

3. Orden de montaje de las piezas y de las que hay que montar cada día (para poder planificar la obra día con día).

#### *2.3.4.2 El proyecto de industrialización: la práctica*

En forma un tanto resumida se expresa lo que se entiende por el proyecto de industrialización, es el momento de analizar cómo se hace y de qué consta:

##### **Cómo se hace:**

Antes de iniciar la redacción del proyecto de industrialización debe existir:

- Un terreno determinado
- Un proyecto de arquitectura
- Un constructor
- Un sitio para fabricar las piezas.

Ya que debe redactarse de acuerdo a la zona donde se va a construir, en conformidad con el proyecto de arquitectura, teniendo en cuenta los medios mecánicos y humanos de que dispone el constructor y conociendo el lugar donde se fabricarán las piezas. Para redactar un proyecto industrializado hay que conseguir unificar los cuatro parámetros (terreno, proyecto, constructor y sitio de fabricación) y para lograr esto hay que:

- A) ANALIZARLOS:** estudiando cada uno de ellos para descubrir sus fortalezas, debilidades y posibilidades.
- B) CONOCERLOS EXHAUSTIVAMENTE:** el objetivo del punto anterior es terminar conociendo en detalle los cuatro parámetros, para encontrar las posibles incompatibilidades que pueda haber entre ellos.
- C) COMPATIBILIZARLOS:** conocidas las incompatibilidades que pudieran existir entre los cuatro parámetros hemos de encontrar soluciones para que todos ellos se puedan ir homogenizando, sustituyendo las dificultades por posibilidades reales.
- D) ADAPTARLOS:** una vez que se ha conseguido la compatibilidad de los cuatro parámetros hay que adaptarlos a las tecnologías que se van aplicar para desarrollar el proyecto de industrialización.

Todos ellos son previos al inicio del proceso de realización del proyecto. Una vez conseguido puede iniciarse su construcción debiendo cubrir con él necesariamente siete etapas para resolver los siete procesos analizados anteriormente.

1ª Adaptar el diseño del proyecto arquitectónico a un diseño similar compatible con las tecnologías empleadas.

2ª Diseñar todas y cada una de las piezas con los acabados previstos y las instalaciones incorporadas.

3ª Diseñar los moldes necesarios para realizar las piezas.

4ª Diseñar los nudos, uniones y juntas entre las distintas piezas.

5ª Indicar el orden con que hay que fabricar las piezas para conseguir que no se produzcan almacenaje de piezas sin transportar.

6ª indicar el orden para apilar las piezas en cada camión y cuáles son las que deben llegar a pie de tajo, para que sólo estén en la obra aquellas piezas que hay que montar cada día.

7ª indicar consecutivamente el orden de montaje de todas las piezas, además de que piezas hay que montar cada día.

Como puede apreciarse, se requiere un trabajo de gabinete preciso y el establecimiento de controles durante el proceso de confección de un proyecto de industrialización, ya que cualquier olvido o error puede producir pérdidas.

**De qué consta:**

Indicando cómo se redacta o elabora un proyecto de industrialización se trata ahora de describir los documentos que hay que confeccionar en cada una de las siete etapas indicadas anteriormente.

El objeto es dividir el proyecto de industrialización en siete documentos entrelazados entre sí que pretende, entre otras cosas, dar la posibilidad de que se pueda utilizar cada uno de ellos de forma independiente.

***2.4 INDUSTRIALIZACIÓN: ECONOMÍA Y TIEMPO***

En México estamos acostumbrados a la construcción tradicional a pesar de reconocer sus desventajas como la escasez de mano de obra calificada, los altos costos de ejecución y los extensos tiempos de obra así que para aceptar nuevas soluciones es normal que el nuevo material o método deba presentar suficientes ventajas sobre el tradicional.

***2.4.1 El costo de ejecución o de producción***

Gracias a la estandarización, modulación e industrialización de los elementos y al diseño inicial de acuerdo a lo que ofrece el sistema constructivo se pueden racionalizar los espacios ahorrando considerablemente en la colocación de los elementos estructurales y de revestimiento.

Pero lo más atractivo en la reducción de costos es básicamente en la construcción de viviendas industrializadas, en conjuntos habitacionales o bien en edificios ya que en este tipo de construcción masiva la mayor parte de las paredes, las secciones de piso, y de cubiertas pueden ser fabricadas previamente desde un almacén. Este es un método de construcción mucho más eficiente cuando estos elementos son más repetitivos. Los perfiles y vigas son fabricados según las medidas necesarias evitando desperdicios de material ya que muchos de los elementos de revestimiento son pre-instalados en la estructura antes que esta sea transportada a la obra.

La velocidad de trabajo puede llegar a ser tres veces mayor que cuando se construyen estos elementos estructurales in situ y tiene la ventaja de poder ser realizado en un sitio protegido de cualquier tipo de condiciones climáticas.

Los elementos estructurales en su totalidad como entrepisos y cubiertas, se ensamblan en taller; porque su montaje es rápido, preciso, sistematizado y porque las instalaciones, cerramientos y terminaciones se realizan simultáneamente.

Es importante tomar en cuenta que no se ofrecerá un producto común o tradicional, sino una construcción de alta calidad que se promocionará por sí sola especialmente durante el proceso de construcción gracias a la tecnología utilizada.

De acuerdo a lo descrito con anterioridad podemos presentar las ventajas empresariales o internas que este sistema constructivo ofrece en conjunto con la tecnología y el tipo de materiales que son utilizados:

### **VENTAJAS EMPRESARIALES**

#### **Financieras**

- Mejor flujo de efectivo
- Capacidad de aumentar la producción y el volumen de ventas
- Mayor Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Reducción en gastos de arrendamiento
- Reducción de gastos generales de la oficina central

#### **Actividades de obra**

- Menor utilización de andamios y cimbrados
- Menor contratación de personal y supervisión
- Reducción en el arrendamiento de maquinaria y equipo en tiempo y cantidad
- Menor afectación de obra por la inestabilidad de la mano de obra
- Menos dependencia meteorológica (disminuye el tiempo de inactividad)
- Reduce gastos de manejo de escombros y basura (acarreos)
- Menores gastos de limpieza (debida a los residuos producidos en la construcción tradicional)

Dependiendo de los materiales de acabado y del menor tiempo de obra los costos directos pueden reducirse en un 20 a 25% respecto de la construcción tradicional. Esta cifra puede aumentar si se consideran los costos indirectos<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Alberto Gutiérrez Limón, Tesis *Business Plan Para El Sistema Constructivo Steel Frame Como Una Nueva Área De Negocios*; Instituto Tecnológico De La Construcción CMIC, Cuernavaca Morelos 2003, Pág. 11

Las ventajas principales de un sistema constructivo industrializado:

- En estructuras de acero dinámico-resistentes, que evitan el deterioro de la construcción por asentamientos, no almacenan humedad, resisten el paso del tiempo sin sufrir modificaciones por décadas.
- Libre diseño arquitectónico (además de la construcción modular) ofreciendo variadas formas geometrías y mayores espacios.
- Tiempo de ejecución de obra menor a la mitad del requerido en construcción convencional.
- Instalaciones eléctricas, sanitarias y de aire acondicionado más fáciles de instalar y reformar, con materiales y métodos que garantizan mayor calidad.
- Mayor conservación del estado de la vivienda, haciendo que sea más rentable su venta en un futuro.
- Mínimo mantenimiento debido a los detalles constructivos del sistema: estructura, tejados, revestimiento, tabiques, etc.
- Máximo ahorro de energía en la utilización de los sistemas de aire acondicionado.
- Avanzada tecnología de construcción aplicada en todos los detalles y probada bajo las normativas más exigentes a nivel mundial.

Al iniciar el análisis de los costos de construcción, aclarar la relatividad (en el tiempo y el espacio geográfico) de los datos económicos. Por lo general, el número de variables es tan grande y tan estrechamente ligado al lugar, al sistema monetario, al sistema de gobierno, etcétera. Que hacen prácticamente inviable la comparación entre resultados procedentes de contextos diferentes. Por ello, dejamos constancia desde el inicio de nuestro escepticismo por igual ante el triunfalismo y el derrotismo del que muchos hacen gala frente a los resultados de la industrialización en materia económica. En rigor, creemos que no es correcto afirmar, tampoco negar, de forma genérica que la construcción industrializada sea más barata o más cara que la tradicional.

Partiendo de la base de que los términos de comparación sean productos de igual calidad (unidades obra, viviendas, escuelas, edificios industriales, etc.) lo que ya es una acotación importante, nos viene a la cabeza varias interrogantes ante la afirmación genérica de que la industrialización produce economías, rebajando considerablemente los costos: ¿para qué nivel de desarrollo nacional?, ¿volumen de obra?, etc.

### *2.4.2 El tiempo de obra*

Los tiempos de obra en la construcción tradicional suelen ser demasiado largos, no sólo por el hecho de esperar sino también por la necesidad de resolver los problemas que inevitablemente surgen durante un proceso tan demorado.

Debemos tomar en cuenta tres factores de gran importancia como lo son:

- El tiempo de ejecución
- El costo de ejecución o de producción
- Las finanzas

### *2.4.3 El tiempo de ejecución*

En lo que se refiere a mano de obra y tiempo de ejecución se reducen en forma considerable gracias al bajo peso de los materiales a pesar de sus grandes dimensiones, a la utilización de los sistemas de fijación mecánica en vez del cemento, a la aplicación de materiales de secado rápido para revestimientos exteriores, a la fácil instalación de tuberías hidráulicas, sanitarias y conductos eléctricos además de ofrecer al mismo tiempo la elevada resistencia estructural del acero.

Existen empresas desarrolladoras importantes en México, como es el caso de HOMEX, en donde se emplean sistemas constructivos tradicionales y sistemas industrializados, en donde se aplican técnicas ya sea con elementos prefabricados o la utilización de sistemas de colados con moldes, para una mayor producción, su calidad y su economía.

Este tipo de empresas realizan comparativos de precios y sistemas constructivos para determinar con cual sistema obtienen mayores beneficios, para ponerlos en práctica HOMEX en sus propios desarrollos realiza las investigaciones para probar de manera real el rendimiento y los beneficios reales que puedan tener el sistema a emplear.

HOMEX, a través de su Departamento de Investigación y Desarrollo busca el sistema más económico y sencillo para aplicar y poder obtener mayores beneficios. Como se demuestra en las tablas HOMEX 1 Y HOMEX 2.

En la primera tabla se realiza una descripción de cada sistema evaluado, en la segunda una tabla donde se compara el costo de construcción de cada sistema evaluado.

De igual manera HOMEX utiliza métodos industrializados para obtener una mayor productividad, como es el caso de la construcción de casas mediante el uso de moldes y concreto. Con la técnica utilizada en HOMEX se logra tener dos casas a nivel de obra negra en un día mientras que esto sería imposible si se realizara por métodos tradicionales. *Vid ANEXO H-1*

OPCIONES		ESTRUCTURA	
NO.	SISTEMA	DESCRIPCION	
		MUROS	LOSA
1	<b>BLOCK O TABIQUE Y VIGUETA Y BOVEDILLA</b>	BLOCK O TABIQUE HUECO JUNTEADO CON MORTERO, ACERO DE REFUERZO HORIZONTAL (ESCALERILLAS Y DALAS) Y VERTICAL (CASTILLOS DE AMARRE Y CASTILLOS AHOGADOS), CIMBRADO DE CASTILLOS CON MADERA.	VIGUETAS DE ALMA ABIERTA, BOVEDILLA DE POLIESTIRENO, ACERO DE REFUERZO EN LECHO SUPERIOR DE LOSA, CAPA DE COMPRESIÓN DE 4 CM DE ESP. DE CONCRETO F'C=200 KG/CM2. APUNTALAMIENTO TRADIC. DE MADERA O A BASE DE PUNTALES METALICOS Y VIGAS DE
2	<b>PANEL W</b>	PANEL DE POLIESTIRENO TIPO COVINTEC O W APLANADO POR AMBAS CARAS CON MEZCLA CEM-ARE 1:4 DE 2.5 CM DE ESPESOR MÍN. APUNTALAMIENTO DE PANELES CON MADERA.	PANEL TIPO COVINTEC O W, ESTRUCTURAL PARA LOSA, ACERO DE REFUERZO EN LECHO INFERIOR, CAPA DE COMPRESION DE 5 CM DE ESP. DE CONCR. F'C=200KG/CM2, APLANADO INFERIOR CON MEZCLA CEM-ARE 1:4 DE 2.5 CM DE ESP. APUNTALAMIENTO TRADIC. DE MADERA O A BASE DE PUNTAL
3	<b>CONCRETO, CIMBRA DE POLIESTIRENO NO RECUPERABLE Y VIGUETA Y BOVEDILLA.</b>	CIMBRA DE POLIESTIRENO NO RECUPERABLE Y ACERO DE REFUERZO, COLADO INTERIOR CON CONCRETO F'C=200 KG/CM2 Y APLANADO EXTERIOR AMBAS CARAS CON MEZCLA CEM-ARE 1:4 DE 2.5 CM DE ESP.	VIGUETAS DE ALMA ABIERTA, BOVEDILLA DE POLIESTIRENO, ACERO DE REFUERZO EN LECHO SUPERIOR DE LOSA, CAPA DE COMPRESIÓN DE 4 CM DE ESP. DE CONCRETO F'C=200 KG/CM2. APUNTALAMIENTO TRADIC. DE MADERA O A BASE DE PUNTALES METALICOS Y VIGAS DE
4	<b>CONCRETO</b>	CONCRETO ARMADO F'C=200KG/CM2, CIMBRADO TRADICIONAL DE MADERA O A BASE DE PANELERIA DE ACERO, ALUMINIO O MADERA TRATADA.	CONCRETO ARMADO F'C=250KG/CM2, CIMBRADO TRADICIONAL DE MADERA O A BASE DE PANELERIA DE ACERO, ALUMINIO O MADERA TRATADA, PUNTALES DE ACERO Y VIGAS DE MADERA O METALICAS..
5	<b>ESTRUCTURA DE ACERO (PTR), PANELES DE FIBRACEMTO (DUROCK) Y YESO (TABLAROCA)</b>	POSTES DE PTR, POSTES DE LAMINA GALVANIZADA, PANELES DE FIBRACEMTO Y YESO. EMPLASTECIDO CON CINTA Y PASTA PARA PANELES DE FIBRACEMTO Y YESO. APLANADO DE 1 CM DE ESP. EN CARA EXTERIOR DE FIBRACEMTO CON	VIGAS DE PTR, PANELES DE FIBRACEMTO, EMPLASTECIDO CON CINTA Y PASTA PARA FIBRACEMTO, CAPA DE 1 CM DE ESP. CON MORTERO EN LECHO SUPERIOR DE TECHUMBRE.
6	<b>MULTYPANEL</b>	ESTRUCTURA DE ACERO Y MULTYPANEL	ESTRUCTURA DE ACERO Y MULTYPANEL
7	<b>ROYAL BUILDING SYSTEM</b>	PANELES DE PVC, ACERO DE REFUERZO Y COLADO INTERIOR CON CONCRETO F'C=200KG/CM2.	PANELES DE PVC

TABLA- HOMEX 1 (Descripción de los trabajos a realizar en cada método constructivo)

NO.	PARTIDA	BLOCK, VIGUETA Y BOVEDILLA	PANELES DE POLIESTIRENO	CONCRETO CON CIMBRA DE POLIESTIRENO NO RECUPERABLE, VIGUETA Y BOVEDILLA	CONCRETO	ESTRUCTURA DE ACERO, TABLAROCA Y DUROCK	ESTRUCTURA DE ACERO Y MULTYPANEL	ROYAL BUILDING SYSTEM, VIGUETA Y BOVEDILLA	CONTEC
		1°	3°	5°	2°	6°	8°	7°	4°
1	PRELIMINARES	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60	\$2,408.60
2	ESTRUCTURA	\$22,842.26	\$29,460.82	\$35,372.26	\$25,740.83	\$42,681.30	\$59,054.17	\$49,044.07	\$30,558.14
3	INST. HIDRÁULICA	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64	\$2,618.64
4	INST. ELÉCTRICA	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81	\$1,582.81
5	INST. SANITARIA	\$306.52	\$306.52	\$306.52	\$306.52	\$306.52	\$306.52	\$306.52	\$306.52
6	ALBAÑILERÍAS	\$7,563.96	\$3,880.04	\$4,618.10	\$5,125.38	\$3,880.04	\$3,880.04	\$4,618.10	\$7,563.96
7	IMPERMEABILIZACIÓN	\$2,501.07	\$2,501.07	\$2,501.07	\$2,501.07	\$2,501.07	\$483.75	\$2,501.07	\$2,501.07
8	ACABADOS	\$6,312.84	\$6,312.84	\$6,312.84	\$6,312.84	\$4,894.47	\$4,894.47	\$3,255.96	\$6,312.84
9	HERRERÍA	\$252.27	\$252.27	\$252.27	\$252.27	\$252.27	\$252.27	\$252.27	\$252.27
10	DOMOS	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79	\$1,436.79
11	HUELLAS DE CONCRETO	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12	\$1,697.12
12	CANCELERÍA	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22	\$2,518.22
13	MUEBLES DE BAÑO	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27	\$1,040.27
14	LIMPIEZA	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10	\$1,037.10
PRECIO X VIVIENDA		\$54,118.47	\$57,053.11	\$63,702.61	\$54,578.46	\$68,855.22	\$83,210.77	\$74,317.54	\$61,834.35
PRECIO X M2 ( 32 M2 )		\$1,691.20	\$1,782.91	\$1,990.71	\$1,705.58	\$2,151.73	\$2,600.34	\$2,322.42	\$1,932.32

TABLA- HOMEX 2 (Comparativo de costos por conceptos y método constructivo)

## **2.5 INDUSTRIALIZACIÓN: EN LA CALIDAD**

Por lo general en los sistemas tradicionales, debido a la gran cantidad de materiales y el diferente personal que los maneja, la aplicación de sistemas de control de calidad es más difícil y requiere más tiempo. Además muchos de los materiales de construcción carecen de control de calidad, lo que hace que el producto final, la vivienda, carezca de buena calidad.

No existe un método formal para el control de defectos en la industria de la construcción, teniendo como consecuencias desperdicios de materiales, teniendo re-procesos innecesarios debido a la baja o nula supervisión adecuada de la obra.

Con todo ésto también se generan costos por la no calidad y el error, teniendo altos niveles de errores en los procesos constructivos, ésto a consecuencia del nivel de confianza en los procesos constructivos.

No se tiene confianza en los productos y servicios terminados, estos últimos cada vez son más ligados con la mala calidad y por consecuente la insatisfacción del cliente.

### **SATISFACCIÓN AL CLIENTE**

Una manera clara y cuantitativa de medir la satisfacción del cliente se da a través de encuestas y entrevistas directas. El objetivo es identificar brechas o espacios entre las necesidades del cliente y el nivel actual en el que están siendo cumplidas.

### **INSATISFACCIÓN DEL CLIENTE**

Un error común es asumir que si no tenemos quejas, el cliente está satisfecho. Es necesario y básico contar con un buen sistema de atención al cliente, no sólo de las quejas sino de cualquier expectativa que no se cumple. Por lo menos, existen tres conceptos que pueden ser monitoreadas.

- Aspectos temporales: aquí entran los tiempos de espera, demoras, la oportunidad de las entregas; en suma, el manejo del tiempo hacia los clientes.
- Aspectos de servicio: principalmente referidos a la resolución de cualquier problema real o potencial del cliente, la capacidad de respuesta a emergencias, la amabilidad y eficiencia del servicio, al apoyo técnico.
- Aspectos de calidad: el cumplimiento del producto o servicio adquirido con las expectativas del cliente, el nivel de rechazos, la cantidad de quejas.

Para tener un control más eficiente y poder dar a nuestros clientes un producto de calidad, se diseñaron formatos para evaluar cada proceso constructivo de la obra y con esto poder detectar los errores al mismo tiempo que se está realizando el trabajo para corregirlo y evitar que se conviertan en un problema mayor.

Estos formatos de control son importantes para llevar un proceso constructivo más rápido y eficiente, ya que como lo hemos mencionado este sistema de proceso en serie en donde el más mínimo detalle puede afectar a las demás viviendas.

El control de calidad consiste en:

“Desarrollar, diseñar, elaborar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor”<sup>15</sup>.

Estas son algunas características del control de calidad:

- El control de calidad consiste en que las empresas hagan lo que sus clientes les demandan hacer.
- El control de calidad tiene que traducirse en resultados tangibles de tipo económico.
- El control de calidad empieza y termina con educación.
- La implantación del control total de calidad requiere de un programa de educación continuo, desde el presidente de la compañía hasta lo operarios de producción.
- El control de calidad permite que cada quien en la organización pueda aportar lo mejor de sí mismo.
- Cuando se implanta el control de calidad, mejoran las relaciones humanas.

En la era de la administración estratégica de la calidad total, la tendencia apunta hacia la dirección y a la administración de las empresas mediante el uso de todos los conceptos y técnicas más desarrollados de la calidad total.

Por el contrario, en sistemas industrializados se garantiza la resistencia y durabilidad de la vivienda o elemento si es el caso de ser prefabricado.

La experiencia de muchos constructores al subcontratar las diferentes partidas de obra ha sido la mayor parte de las veces negativa al haberles fallado algún subcontratista de la cadena, con el consiguiente retraso para todos los demás, que al no cumplirse la fecha en la que tenían que entrar en la obra, han tenido que entrar en otra obra retrasando así el comienzo de esa primera obra y retrasando a los que vienen detrás de ellos y así sucesivamente.

Con el sistema de construcción de viviendas industrializadas, al tener mejor definidos el programa de obra y el proceso constructivo hay un control más elevado de contratos. Al eliminar un número significativo de materiales y personal se puede aplicar un mayor control de calidad.

---

<sup>15</sup> Aldo Norman Alfaro Lara, Tesis Certificación ISO 9000 Del Proceso Industrializado Para La Construcción De Vivienda De Interés Social, Dentro De La Empresa DRT Construcciones S.A de C.V, Instituto Tecnológico De La construcción México DF, 2000, Pág. 27

Por ejemplo, en el proceso de vertido de concreto en el colado con moldes, hace de una vez y al mismo tiempo monolíticamente forjado y muros (cerramiento exterior y tabiquería interior), mientras que en el sistema tradicional se necesitaría un mayor número de personal y materiales y, por tanto, es difícil garantizar una calidad uniforme. Al modularse toda la vivienda con encofrados, las escuadras, niveles y aplanados que son prácticamente perfectos. Como consecuencia, el alicatado y demás terminaciones son más regulares apreciándose una mayor calidad de acabados de la vivienda.

La mayor calidad que es proporcionada por la industrialización, básicamente se manejan dos motivos: el primero es que las máquinas-herramienta poseen lo que se ha denominado "habilidad transferida", esto es, acumulación y potenciación de las cualidades productivas de los mejores operarios; el segundo motivo resulta de la simplificación de las tareas que aún quedan a cargo de trabajadores humanos, lo cual, sumado a su repetición, permiten aumentar la calidad de los productos.

## ***2.6 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.***

### ***2.6.1 Necesidad de la modernización de la industria de la construcción.***

Está claro que el sector de la construcción debe invertir más en innovación, en investigación, porque lleva demasiado tiempo cometiendo los mismos errores y trabajando de una forma absolutamente artesanal.

Ciertamente el mercado, hasta la fecha, no ha sido un estímulo para la innovación ya que se ha estado vendiendo absolutamente todo, lo bueno, lo malo y lo desastroso, pero es posible que en el futuro próximo las cosas no sean tan sencillas.

La importancia del sector de la construcción es tremendamente alta, debido a que su industria potencia numerosas actividades productivas a proveerlas de la infraestructura necesaria, satisfaciendo, de este modo, gran parte de las necesidades económicas y sociales del país. Por otra parte, el sector de la construcción demanda gran cantidad de materiales, maquinarias y servicios a otros sectores productivos, por último la industria de la construcción es una importante fuente de trabajo.

Para triunfar en un mundo tan competitivo como el actual, e incluso para sobrevivir, la empresa no se puede considerar definitivamente instalada en un mercado ni en una tecnología determinada, debe por el contrario, adoptar una postura de búsqueda constante de la innovación, una estrategia de innovación, la cual deberá ser gestionada permanentemente.

La tecnología tiene una relación directa con la evolución de la productividad. La introducción de tecnologías más productivas puede implicar ahorro en mano de obra a corto plazo, pero a largo plazo solo el aumento de la productividad para asegurar la mejora de los niveles de vida de los habitantes de un país.

La industria de la construcción siendo parte importante en la economía de un país, no puede quedarse fuera de este proceso de innovación tecnológica ya que como se ha podido observar, la mayoría de las empresas constructoras de viviendas en México no consideran dentro de sus organigramas un área de investigación y desarrollo que contribuya a elevar su competitividad y a establecer barreras de entrada en un mercado que actualmente en nuestro país es altamente demandando.

Tenemos que tener presente que la tecnología es responsable de dos tercios de las diferencias de crecimiento entre los países desarrollados.

### *2.6.2 Definición de innovación tecnológica en la construcción*

En muchos campos de la industria de la construcción, no se han visto beneficiado por las ventajas de la modernización tecnológica. Es conveniente, por tanto, empezar definiendo a que nos referimos cuando hablamos de tecnología, de innovación tecnológica en la construcción y de otros términos. Además, quisiéramos enfatizar que estos términos deberían ser interiorizados por el profesional de la construcción, a fin de asegurar la exitosa incorporación de nuevas tecnologías en su empresa.

- Tecnología de la construcción: es la combinación de los métodos y procesos constructivos, los materiales y equipos, el personal y las diferentes interrelaciones que definen la manera en que se realiza una determinada operación en la construcción.
- Innovación: se puede definir como la primera vez que se usa una tecnología dentro de una empresa constructora.
- Métodos innovadores: son aquellos métodos que generan una mejoría en la eficiencia de un determinado proceso constructivo mediante la reducción de costos, tiempos de construcción y/o mejoras en la calidad del producto terminado.

Adicionalmente, se puede decir que innovación es buscar, reconocer e implantar una nueva tecnología para mejorar la performance de las funciones de una determinada empresa.

### *2.6.3 Innovación tecnológica relacionada a una reducción de costos y tiempo de construcción*

Probablemente, el caso que impulsa con mayor frecuencia la innovación tecnológica en la construcción es la reducción de tiempos y costos. Pese a que la innovación no es necesariamente requerida por la empresa, el empresario con una buena visión de oportunidad empresarial, determinará que esta innovación le genera una ventaja en relación a su competencia. Efectivamente, este beneficio de la innovación está íntimamente relacionado con una mayor competitividad de las empresas.

Como ya se ha mencionado, los mercados son cada vez más disputados, lo que hace que los márgenes de ganancia de la empresa que puedan subsistir a la competencia, sean paulatinamente más reducidos.

Paralelamente a la competencia local aparece la competencia internacional, la mayoría de las empresas constructoras se encuentran en la búsqueda continua de métodos que les representen ahorros, tanto en los costos directos como en los costos relacionados con la reducción de los tiempos de construcción.

Sin embargo, pese a que muchas empresas están profundamente comprometidas en mejorar sus métodos constructivos, muchas otras parecen estar esperando que las mejoras en sus empresas aparezcan por sí mismas, como si las innovaciones tecnológicas se producirán por generación espontánea. Otras, por su parte, están convencidas de que deben modernizarse tecnológicamente, pero, frecuentemente, no encuentran el camino a seguir para realizarlo.

Las innovaciones generan siempre una serie de efectos que posteriormente trascienden la unidad productiva, afectando a todo el sistema económico, el análisis económico de la innovación es el principal motivo para que las empresas constructoras de vivienda en México se sientan fuertemente interesadas en implantar dentro de ellas un área de investigación y desarrollo, fortaleciendo con esto sus barreras de entradas y garantizando su participación en los mercados.

La innovación produce siempre una inversión en activos tangibles e intangibles que pueden incrementar el crecimiento económico de dos formas diferentes. El primero es a través del cambio en las estructuras productivas, el crecimiento de una economía es una función del nivel de esfuerzo y de la composición del gasto tecnológico, y el segundo está relacionado con el efecto multiplicador del progreso técnico, ya que el cambio que se vive en esta época es intenso en algunas áreas, por lo que la construcción de viviendas no puede quedar fuera.

La innovación tecnológica produce crecimiento económico y el consecuente aumento de la productividad y la competitividad frente a otras empresas nacionales e internacionales.

### *2.6.4 Innovación tecnológica relacionada a una mejora en la calidad.*

El concepto de calidad está adquiriendo cada vez más importancia en nuestro medio, aunque no lo ha hecho a la velocidad en que ha crecido en otros países con mayor grado de desarrollo.

El propietario de edificaciones cada vez es más exigente respecto de las características del inmueble que piensa comprar; lo mismo sucede con los ingenieros en las obras civiles e industriales. Adicionalmente, la creciente competencia ofrece al comprador/ingenieros una extensa gama de posibilidades que le permiten apreciar y escoger la “calidad” de construcción que le parezca más conveniente.

Por lo tanto, al constructor no le va quedando más alternativa que adaptarse a los tiempos modernos, ofreciendo cada vez construcciones de mayor calidad.

En muy poco tiempo, aquellas empresas que no ofrecen construcciones de alta calidad, y que no asumen sistemas eficaces que aseguren la calidad, irán quedando rezagadas hasta, finalmente, desaparecer. La velocidad con que este pronóstico se produzca dependerá, básicamente, de cómo se desarrolle el nivel de competencia en los próximos años.

De manera similar, las empresas que mediante sus innovaciones tecnológicas ofrezcan una reducción en el impacto al medio ambiente, tanto durante la construcción como durante la utilización del producto, irán abarcando lentamente la mayor parte del mercado.

Un ejemplo claro de este punto es la búsqueda de la innovación tecnológica que resuelva total o parcialmente el problema del desperdicio de energía. Aquellas empresas que generen sistemas constructivos que, por ejemplo, ofrezcan ahorros substanciales de energía mediante una reducción en la cantidad necesaria de calefacción, podrían convertirse en empresas líderes en el sector de la construcción de viviendas, la innovación tecnológica se traduce en una mayor competitividad en el sector de la construcción.

## ***2.7 CONCLUSIONES CAPITULARES***

El desarrollo de la industrialización es impulsado por factores como la búsqueda de una mejor calidad en los sistemas (cero defectos), la cantidad de fallas que presentan las construcciones y la falta de mano de obra calificada, una de sus características es trasladar lo hecho a mano a una producción en serio o en alguna fábrica centralizada.

La industrialización como solución de la crisis de vivienda puede ser una herramienta efectiva teniendo un marco jurídico adecuado, además de lo práctico que pueden resultar las técnicas de construcción en serie de vivienda de interés social para subsanar la demanda que existe.

La construcción o edificación de una vivienda industrializada se divide en dos etapas, la teórica y la práctica, en la primera etapa se deben definir puntos del proyecto como:

- Un diseño arquitectónico y estructuralmente que pueda ser industrializado
- Un diseño en donde se pueda evaluar su costo.
- Un edificio que defina cada una de sus partes y se apegue a la normativa y los recursos que existen en el sitio de obra.
- Especificación para la fabricación de los moldes a necesitar para la fabricación de los componentes o elementos.
- La logística o procedimientos a seguir para el almacenamiento, traslado y montaje de los elementos.

En la etapa práctica o de ejecución se tienen que combinar todos estos elementos para la correcta construcción de la obra, para esto se tiene que conocer primeramente el terreno de la obra, el proyecto arquitectónico, el constructor encargado. En la etapa de ejecución se tiene que analizar, conocer, compatibilizar y adaptar el proyecto de ser necesario.

No se puede asegurar que los procesos de construcción de vivienda sean más económicos sobre los tradicionales, para que esto suceda se tienen que tener varios factores para que esto se cumpla, las inversiones sobre equipo, maquinaria, cimbras o moldes no resulta factible si la cantidad de viviendas a edificar no es un número de viviendas no justifica la inversión, pero existen alternativas sobre métodos de elementos prefabricados que pueden ayudar a reducir costos, en donde se pueden combinar etapas de un sistema tradicional y otro prefabricado.

Caso contrario ocurre cuando el lote de casas por desarrollar se tiene el tamaño suficiente para amortizar la inversión, el sistema puede tener muchas ventajas sobre los sistemas tradicionales, tiempo de ejecución, ahorro de materiales, ahorro en trabajos de reprocesos, mayor calidad de acabados, existe ahorro en mano de obra y se reducen considerablemente los desperdicios de materiales, todo esto desde luego se traduce en un ahorro económico para la empresa, obteniendo mayores beneficios.

La calidad de los sistemas tradicionales manejan gran cantidad de trabajos y materiales, al haber tantos procesos el control de calidad debe ser muy estricto con mucha disciplina, para lograr la calidad plasmadas en las especificaciones, hecho que resulta muy difícil, en cambio en sistemas industrializados los procesos que se ejecutan en obra son menores y la responsabilidad de la calidad se transfiere a las plantas o a los proveedores, con esto se asegura la calidad de especificaciones.

Las empresas hoy en día se preocupan por brindar una calidad en sus productos, para el caso de la construcción no es la excepción, el sector de la vivienda es muy competido, para que las empresas puedan ser competitivas tienen que vender vivienda de calidad, aumentar su productividad y bajar sus costos. Es por estas razones que algunas desarrolladoras de vivienda invierten en la generación de nuevas tecnologías. Los empresarios han observado que tener tecnología de vanguardia, investigar e innovar en sus procesos les puede generar una ventaja sobre su competencia en el mercado de la vivienda.

Es por ello la importancia de la innovación, de la investigación y desarrollo de tecnología tanto en la construcción de viviendas, como en la construcción en general, las nuevas tecnologías nos hacen ser más competitivos, eficientes, con capacidad para producir viviendas de calidad, económicas, seguras. Se deben desarrollar tecnologías capaces de generar un beneficio ecológico, al generar viviendas que produzcan un ahorro en gasto de energía, agua, materiales de construcción, etc.

## **CAPÍTULO No. 3- INDUSTRIALIZACIÓN Y SU PRESENTE**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La industrialización ha pasado por muchas etapas a lo largo de la historia, ha ido evolucionando hasta nuestro tiempo presente, en donde se enfrenta a una comparación entre los sistemas de construcción tradicionales (artesanales) y los nuevos sistemas industrializados, con el propósito de saber cuál de los sistemas es el más conveniente.

Esta evolución se da en varios campos de la construcción, vías de comunicación, obras hidráulicas, en vivienda. Para el estudio realizado se toca el tema de la vivienda y como las empresas inmobiliarias han notado que el uso de nuevas tecnologías es una ventaja sobre las competencias en donde la producción, costo y calidad de los productos son factores que les interesa a los empresarios.

Se sabe que en otras partes del mundo, preferentemente en Europa, el uso de los sistemas industrializados en vivienda es muy alto, lo que ayuda a que los costos se reduzcan ¿por qué las constructoras mexicanas no utilizan este tipo de sistemas o lo hacen marginalmente?

Es importante entender que se trata de mercados que se encuentran en diferentes etapas, dice Rubén Izabal (representante de HOMEX):

En Alemania, la mano de obra es muy cara, es por ello que se utilizan elementos prefabricados ya que les ayuda a disminuir costos de construcción. En HOMEX ya utilizamos la tecnología de moldes, lo que nos permite industrializar el proceso de construcción y reducir costos. Sin embargo, aún tenemos un largo camino que recorrer, aunque la idea es seguir las tendencias de Europa en el futuro.<sup>16</sup>

Las ventajas con las que cuenta el concreto son evidentes, ya que es un elemento muy rígido que le da longevidad a la estructura, y por consiguiente a la vivienda, minimizando así los gastos de mantenimiento.

El concreto garantiza una mayor vida útil, durabilidad y menor mantenimiento. Si se habla de los moldes, aproximadamente del 25% que representa los materiales del costo, 40 % es cemento.

Por otra parte URBI ha realizado una alianza con la firma francesa OUTINORD para impulsar el sistema industrializado de construcción de vivienda de URBI, el cual será promovido en el continente a través del *“manual para la industrialización de la vivienda de América latina”* una

---

<sup>16</sup> Gregorio B. Mendoza, “prefabricados de concreto: el futuro apenas empieza”, *Revista Construcción y Tecnología*, No. 239, México DF, abril 2008, pág. 31

herramienta que permitirá difundir las mejores prácticas que se han desarrollado en el sector vivienda en México.

Sobre el uso del concreto, el ingeniero Moreno Gámez relata que:

Casi el 50% de las viviendas edificadas por su empresa durante el 2007 son de concreto y que sus desarrollos se construyen con materiales y técnicas innovadoras que integran bellos diseños arquitectónicos, en armonía con el entorno, Tenemos una alianza productiva con CEMEX, dice el director corporativo de la desarrolladora que ha mostrado resultados tangibles derivados de los programas de investigación, desarrollo de productos y soluciones para la industrialización de la vivienda.<sup>17</sup>

Algunas personas piensan y expresan que la relación con la industria cementera siempre ha tenido el objetivo de encontrar la manera de agregar valor; es decir, que la industria del cemento tenga mayor rentabilidad y que nosotros obtengamos un excelente producto a menor costo, buscando economía de escalas, eliminando lo que no agrega valor a la relación comercial, aportando ideas.

Las empresas como HOMEX y URBI cuentan con una muy buena comunicación en temas de crecimiento de la industria, así como en investigación y desarrollo. Compartimos el mismo objetivo; mejorar nuestro producto a través de datos que aportan nuestro departamento de investigación y desarrollo y el del Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC).

Estas empresas se dan cuenta de la importancia de la industrialización, aplicado a sus sistemas de construcción es por ello que en la actualidad estas empresas los aplican y desarrollan nuevas técnicas.

En este capítulo muestra como es la actualidad de la industrialización como algunas empresas la aplica y como buscan generar sus propios procesos, realización investigaciones en sus propios desarrollos.

La información analizada en el capítulo II servirá para demostrar o rechazar alguna de las hipótesis que se formularon al inicio de la investigación, de acuerdo como avance el capítulo encontraremos información sobre los aspectos económicos, calidad, aspectos técnicos y también sobre innovación tecnológica.

---

<sup>17</sup> *Ibíd.* Pág. 32

### **3.2 ASPECTO TÉCNICO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN PRESENTE.**

La introducción y desarrollo de la industrialización suponen un gran cambio en la industria de la construcción de viviendas. Debido al desarrollo y mejoras constantes de los métodos constructivos, pero lo más importante en este momento no es reemplazar los sistemas tradicionales, sino ayudarlos de manera conjunta con la industrialización a hacer frente al problema del déficit habitacional, ya que la utilización de la prefabricación es sólo un medio técnico, sin duda de gran importancia, pero no decisivo y esencial en el proceso de industrialización de la vivienda, puesto que está sujeta a un proceso de evolución constante.

La situación política y económica que vive México es un factor importante que puede causar la fuga gradual y progresiva de la mano de obra de la construcción hacia otros sectores de la actividad industrial o hacia otros países como Estados Unidos. Es por esto que para sostener un alto ritmo en la construcción de viviendas será necesario utilizar en mayor manera procedimientos industriales de construcción. Con esto no se trata de reducir la cantidad de obreros empleados, sino de nivelar su calidad de trabajo, lo cual permitirá aumentar el volumen total de construcción.

Cuando se concentran varias actividades de diversa naturaleza en un mismo elemento o sistema, se debe de tener una gran coordinación para lograr precisión y calidad. Mientras mayor sea la concentración de las actividades, mayor es la industrialización y mayor la productividad, pero al mismo tiempo el sistema se hace más complejo y requiriéndose técnicas y maquinaria especial para la fabricación y es aquí donde tiene importancia la producción en serie. De tal forma que el uso de estos elementos no será racional si el volumen de producción no es importante.

En el caso de la prefabricación en la construcción de vivienda la ventaja es de ser más económicos, duraderos y versátiles. La industria de la construcción está haciendo esfuerzos para mantenerse dentro de las exigencias de la sociedad moderna: economía, eficiencia, rendimiento, técnico, seguridad, funcionamiento y las circunstancias específicas del medio ambiente.

Una opción es sin duda, estandarizar el negocio de la construcción usando plantas modernas permanentes con procesos eficientes de fabricación, mano de obra calificada, renovación e incremento de los estándares de calidad y buscar a través de la investigación nuevos productos, sistemas y procesos para lograr este objetivo.

Las ventajas de la prefabricación sobre la construcción tradicional son las siguientes<sup>18</sup>:

1. Ahorro parcial o total de los materiales empleados en andamios.
2. Uso múltiple de encofrados.
3. Posibilidad de mano de obra mucha más precisa y mejor.

---

<sup>18</sup> Laszlo Mokka, Construcción Con Materiales Prefabricados De Hormigón Armado, Bilbao, España 1969, Pág. 17

4. Pueden aplicarse más fácilmente secciones transversales, más ventajosa desde el punto de vista de la teoría de la resistencia de materiales.
5. El trabajo puede organizarse análogamente al de las fábricas con un grado muy alto de mecanización; pueden utilizarse las ventajas derivadas de la normalización y de la producción en serie, el trabajo de obra puede reducirse únicamente a la unión de las piezas.
6. Puede abreviarse el plazo de construcción.
7. Decrecen las exigencias de mano de obra; por ejemplo apenas son necesarios carpinteros y constructores especializados en andamios.
8. Pueden evitarse las juntas frías.
9. Se necesitan menos juntas de dilatación.
10. Ayuda a evitar el carácter estacional de la industria de la construcción
11. Promueve el uso de estructuras pretensadas.
12. Permite la construcción de estructuras más ligeras, más bellas y más esbeltas, con un mejor efecto espacial

La industrialización de la construcción, en cambio, es el empleo en forma racional y mecanizada de materiales, medios de transporte y técnicas de la construcción con el fin de obtener una mayor productividad. La industrialización tiene a reducir el número de horas-hombre empleadas en la obra mediante un alto grado de mecanización. Generalmente conlleva la normalización y tipificación, coordinación modular y prefabricación de los componentes utilizados, así como procedimientos especiales de administración, organización y programación. Los mejores resultados se obtienen a través de un equipo interdisciplinario de arquitectos, ingeniero, fabricantes y contratistas.

Aun creyendo profundamente en los potenciales de la industrialización, reconocemos que esta no es un hecho consumado y que se está lejos incluso de países más desarrollados de esta forma de construir.

Interesa la industrialización como forma de concebir la concurrencia entre la construcción y la industria. Es interesante como nuevo planteamiento del proceso constructivo, como nuevo reparto de trabajos del hecho constructivo.

Básicamente la construcción industrializada consiste en el planeamiento del proceso de la edificación, concentrándose en el problema de cómo organizar ese proceso de manera de obtener un nivel óptimo de productividad. Es la aplicación de procedimientos integrados de control de calidad, cantidad, costo y tiempo de proceso entero de la construcción. La construcción industrializada implica una identificación y descomposición de las partes básicas de un edificio, seguida por una síntesis o reconstrucción de esas partes en varias soluciones que satisfaga los requerimientos planteados por los usuarios. La industrialización es el medio o herramienta más eficaz que emplea la construcción para alcanzar sus fines.

Pretendemos la interpretación de la industrialización como herramienta innovadora, tratando de adecuarla y ponerla al servicio de una problemática para la que no fue pensada. El reto está en rescatar para el sector de la vivienda de los más pobres, aquí y ahora, las potencialidades de esta técnica destinada a ser empleada con mayor comodidad por las profesionales.

En América latina, globalmente, hablar de industrialización de la vivienda de muy bajo costo será evadir la realidad. Por el contrario, y aún reconociendo que a simple vista puede producir confusión, vemos potencialmente enriquecedora una reflexión desde la cotidianidad de la vivienda de los pobres en Latinoamérica, con los argumentos y planteamientos de la industrialización.

La industrialización es una idea en cuya implementación el Estado puede tener un papel que juega como impulsor, animador y coordinador de iniciativas. El Estado ni debe aplastar a los constructores con nuevas normativas o reglamentaciones de cumplimiento obligatorio, ni debe dejar parecer a las primeras empresas que lanzan componentes industriales. Este es el cuello de botella de la cuestión.

La industrialización es el fruto lógico del mercado de libre competencia, parece incapaz de nacer sin un cierto cuidado protector del Estado. En la correcta solución de esta aparente contradicción se esconde parte de la clave del éxito que no se prodiga.

Siguiendo con lo que se entiende por componentes, distinguiremos entre componentes específicos y componentes autónomos. Por específico entenderemos los fabricados por una empresa determinada, de manera que pueda combinarse entre ellos en forma diferente permitiendo soluciones constructivas variadas, pero siguiendo reglas bien definidas. Componentes autónomos, por lo contrario, pueden producirse potencialmente de forma más o menos parecida por un número grande de empresas y son susceptibles de ser empleados fuera o dentro de un sistema en cualquier tipo de uso atendiendo únicamente los condicionantes de su propia función. Una vez aceptadas estas acotaciones, es fácil llegar a la receta.

**$\Sigma$  (componentes específicos + componentes autónomos) = sistemas industrializados**

A continuación se enuncian cuatro procesos o niveles de construcción a base de componentes industrializados:

- **Sistemas Cerrados:** los elementos se fabrican de acuerdo con especificaciones internas del propio sistema. Responden únicamente a reglas de compatibilidad interna y el proyecto se subordina al sistema y sus condiciones.
- **Empleo parcial de componentes:** la gama de productos y prestaciones es más o menos fija admitiéndose cierta variedad dimensional. Su empleo no requiere un grado de industrialización determinando de sus realizaciones.
- **Sistema tipo mecano:** son resultado de la evolución hacia la apertura de los sistemas cerrados, preparados para combinarse en múltiples soluciones atendidas

por distintos productores que respetan un lenguaje combinatorio claramente definido y acotado.

- **Sistemas abiertos:** constituidos por elementos o componentes de distinta procedencia aptos para ser colocados en distintas obras, industrializadas o no y contextos diversos. Suelen valerse de juntas pretenciosamente universales; gamas modulares acotadas; flexibilidad del proyecto prácticamente total, etcétera. Principios más teóricos que reales ya que en la práctica son difíciles de establecer con carácter general y suponen fuertes condicionantes al diseñar con el sistema.

Tratando de pensar en América Latina existen algunas reflexiones en forma de lecciones aprovechables de esta práctica, descrita en forma breve:

**No es cierto que la industrialización de la construcción sea únicamente prefabricación.** Tampoco que ésta sea exclusivamente sinónimo de grandes paneles utilizados en bloques de vivienda en alturas. Lo que sí es cierto es que la gran práctica europea fue así. En este sentido, no se puede perder de vista que en Europa la vivienda construida desde la década de los 50's fue predominantemente con base en departamentos de altura y que en Latinoamérica las viviendas son fundamentalmente casas de una o dos plantas.

Obviamente **con los sistemas industrializados no pueden atender cualquier tipo de pedidos:** 30 casas dispersas no parecen el pedido atractivo para realizarlo con grandes elementos. Pese a que ni hay ni puede haber una regla fija, 300 viviendas con un cierto grado de agrupamiento para realizar en tres años, pueden ser un pedido mínimo tentador para una actuación con base en sistemas industrializados.

La búsqueda de economías con base en una obsesiva minimización del número de componentes distintos, nos parece un camino que no es ni rentable ni recomendable. Se consideraba todo un logro tecnológico en las décadas de la reconstrucción europea el construir con no más de veinte elementos distintos.

No todas las diferencias dimensionales, formales o de acabados, tienen igual importancia. **No todos los elementos de igual apariencia tienen igual constitución.** A modo de ejemplo, pensando en grandes paneles, se propone la siguiente clasificación de las variaciones por orden decreciente en su incidencia en el proceso de producción:

- *Primer grado:* cuando varía la geometría de bordes (requiriendo cambios de costados en los moldes).
- *Segundo grado:* variación de alguna(s) de las dimensiones perimetrales externas (requiriendo el reglado de los costados mediante un salto dimensional del molde sin cambiar la conformación).
- *Tercer grado:* variación del tipo de huecos o de la posición de éstos dentro del perímetro del elemento.

- *Cuarto grado*: variación de los acabados del paramento (textura, colocación, etc.).
- *Quinto grado*: variación mínima de accesorios, de armaduras, etc.

Una realización industrial requiere un proyecto concebido y desarrollado desde el conocimiento profundo de las posibilidades y limitaciones del sistema constructivo con el que se ejecutará. **No se debe proyectar en tradicional y ejecutar en un sistema industrializado o prefabricado.** No parece de recibo de slogan tantas veces practicado por las empresas productoras y aceptado por ciertos profesionales.

Uno de los objetivos de todo desarrollo de sistemas industrializados para la vivienda es generar un producto cuya aplicación sea simple y permita sin mayores restricciones el desarrollo de una amplia y variada gama de tipologías por parte de los arquitectos diseñadores de programas arquitectónicos.

El concepto de que la construcción industrializada sólo ofrece un único prototipo en el cual es imposible realizar modificaciones, ha desaparecido y, por el contrario, se ha transformado en un proceso de amplias posibilidades para el diseño individual, sin perder las bondades técnico-constructivas que brinda la industrialización.

El logro de estos componentes elaborados implica un desarrollo de diseño previo de alto nivel de detalle, una especialización de personas para realizar las operaciones, un ámbito de trabajo adecuado a dichas operaciones y un concepto empresarial acorde a esa dinámica.

A través del análisis de las etapas de evolución de los sistemas constructivos descrito encontramos diferentes potencialidades en los sistemas prefabricados ahí desarrollados con referencia a la creatividad.

En la primera etapa se desarrollaron productos con un diseño constructivo y soluciones tipológicas muy rígidas que verdaderamente limitaron los procesos creativos a quienes adoptaron estos sistemas como solución.

Las búsquedas de soluciones arquitectónicas se volcaron fundamentalmente a la organización espacial del conjunto más que al diseño de las viviendas.

En la segunda etapa se desarrollaron productos que permitieron una limitada elección de diseño, dado que el objetivo de esos sistemas era crear sistemas de componentes semiabiertos, que posibilitarán el desarrollo de una variedad limitada de tipologías por parte de los proyectistas a partir de diseños de componentes muy elaborados pero de poca flexibilidad.

La tendencia más manifiesta en el uso de sistemas prefabricados en la actualidad se dirige a aquellos sistemas abiertos que brindan, además, un marco de posibilidades de desarrollo de diseño de tipologías muy amplio, concepción que se manifiesta en la tercera etapa de evolución de la prefabricación.

### **3.3 ECONOMÍA y TIEMPO EN LA INDUSTRIALIZACIÓN PRESENTE.**

El único factor que puede asegurar la difusión de cualquier método de edificación en países es la economía. En ello, los precios y los costos expresan las características de la economía. Al comparar los resultados de los dos sistemas económicos (tradicional e Industrializado), deben considerarse no solamente los costos sino también las exigencias de mano de obra y material

La industrialización es importante no solamente por su bajo costo sino también por su economía en tiempo y mano de obra. Como se ha demostrado con las tablas que prepara la empresa HOMEX, en donde haciendo sus comparativos demuestra y comprueba qué proceso es el que más le conviene.

El desarrollo de vivienda económica requiere la optimización de los recursos y un alto grado de eficiencia en la producción y ejecución. Las características productivas del país son determinantes en el tipo de demanda. El desarrollo de grandes proyectos habitacionales en áreas concentradas es natural en los países.

La utilización de recursos humanos, materiales y técnicos de unidades de ejecución individual aislada, difiere de las respuestas constructivas dadas en el caso de la vivienda desarrollada en grandes complejos habitacionales concentrados.

En el campo de la construcción un factor importante por cuidar es el tiempo (programa de obra) al llevar una buena programación los costos por indirectos de campo, con los procesos industrializados al tener un ahorro de tiempo, por consiguiente se afecta en nuestro programa de obra, tienen un ahorro, evitando los reprocesos y evitando mandar a trabajadores a realizar trabajos de reparación por un mal acabado o defecto en la construcción.

#### **3.3.1 Producción de vivienda en proyectos concentrados**

El desarrollo de vivienda en proyectos concentrados permite mayor uso de equipo en obra. La posibilidad de utilizar equipo mecánico intensivamente orienta el tipo de material a usar hacia componentes producidos en el proyecto, reduce el problema de transporte y no importa mucho el peso de los componentes que conforman la vivienda.

Los proyectos concentrados permiten desarrollar soluciones constructivas que requieren de supervisión calificada y de equipo como formaletas metálica y grúas. Estos requieren uso intensivo, mantenimiento y capacidad técnica para que su empleo sea rentable.

En este tipo de edificación la industrialización sí puede incrementar significativamente la eficiencia constructiva. En HOMEX a través de la capacitación de su personal aumenta su eficiencia, por ejemplo para lograr la utilización de una cimbra (sistema de colado con moldes) dos veces en un día obteniendo como resultado dos cosas en un día en donde con un sistema tradicional este tiempo sería considerablemente mayor. *Vid. ANEXO H-2*

Existen, de igual manera, empresas que desarrollan sus técnicas y venden su tecnología a empresas como HOMEX, URBI, CASAS GEO, CASAS ICI, por nombrar unas cuantas, en donde promocionan su tecnología mostrando sus beneficios ante sus clientes.

### *3.3.2 Producción de vivienda individual*

En este tipo de edificación la prefabricación incrementa la eficiencia constructiva. Normalmente, la planta de producción se ubica en un punto donde los servicios, el acceso a materia prima y personal humano es más conveniente.

El personal administrativo y técnico tienen su base en un centro de operaciones que puede ser la planta de producción o una oficina que puede estar a muchos kilómetros de distancia, el uso de equipo se lleva a cabo en la planta.

Las soluciones pueden ser variadas ya que el tipo, tamaño y peso de los componentes prefabricados están determinados por su facilidad de ensamble y transporte. A la fecha no es recomendable intentar prefabricar unidades de vivienda completa pues su inflexibilidad no las hace competitivas con las desarrolladas con base en componentes.

El desarrollo de vivienda en casos aislados no permite el uso de maquinaria pesada en obra. La edificación sin equipo sofisticado requiere de un fácil ensamble de los elementos. Estas limitantes determinan el tipo de material y su transformación en unidades habitacionales.

La supervisión constante en casos aislados es costosa. Básicamente la calidad de la construcción está determinada por la calidad de los componentes y la facilidad de montaje.

### **3.4 INDUSTRIALIZACIÓN: CONSTRUCCIÓN DE CALIDAD.**

Para lograr el aseguramiento de calidad en los proyectos de edificación, es necesario incorporar nuevos procesos constructivos, confiables y económicos. El constructor moderno deberá estar dispuesto a transitar por un camino que le permita cambiar de una organización jerárquica a una red, de una estructura autosuficiente a una interdependiente, de un liderazgo autócrata a un inspirador, de una fuerza de trabajo homogénea a una diversidad cultural, de un trabajo individual al de equipo, de mercados domésticos a globales y reconocer que ahora el recurso principal es la información y no únicamente el capital.

Para tener un control eficiente y poder dar a los clientes un producto de calidad, se diseñan formas para evaluar cada proceso constructivo de la obra y con esto poder detectar los errores al mismo tiempo que se está realizando el trabajo para corregirlo y evitar que se conviertan en un problema mayor.

La calidad se ha desarrollado en los últimos tiempos y los empresarios encargados de la construcción de vivienda han puesto un empeño en el concepto de calidad. Sin embargo, todo aquel que desarrolle la calidad manejará puntos básicos que no se pueden dejar de lado para lograr que funcione. Estos puntos básicos son: la satisfacción del cliente, el valor e importancia del recurso humano y la mejora continua para asegurar la calidad, con tecnología adecuada, innovación y trabajo conjunto de todos los que interna y externamente participan en el proceso.

La industrialización de la vivienda no se queda exenta de este principio de calidad actualmente, han aparecido nuevos conceptos que buscan el mejoramiento continuo y la competitividad de las empresas basadas en los puntos que sustentan la calidad. Hoy, hablar de calidad y de la industrialización de los procesos se está volviendo más común dentro de los círculos empresariales. Con el afán de permanecer en el mercado ante el reto de la competencia, las empresas se obligan, sin importar su giro, a pensar siempre en calidad.

El objeto de la construcción de calidad es volver a una empresa más competitiva ofreciendo productos y servicios de calidad mundial. Esto significa usar la tecnología apropiada como en este caso sistemas industrializados para buscar precisión y perfeccionamiento continuo pero sin olvidar jamás el desarrollo humano.

La calidad es un proceso que busca el mejoramiento continuo apoyado en la retroalimentación. Por eso, la participación dentro del proceso de los proveedores, clientes, inversionistas, empleados, etcétera, es vital para conseguir los objetivos que busca la compañía para permanecer en el mercado, en el caso de la industrialización de la vivienda la calidad depende en gran medida del proceso y los materiales, siendo elementos prefabricados, se sigue una especificación y la calidad se controla de mejor manera o en el caso de ser una casa colada con moldes la calidad del concreto se asegura desde la planta premezcladora.

El mejoramiento y la innovación son imprescindibles para una empresa que busca ser competitiva. Ambos buscan reducir la diferencia entre las necesidades del cliente y el rendimiento del proceso y adicionalmente descubren las necesidades futuras del cliente. Esto ayudará a mejorar el producto o el servicio ya existente, buscando siempre la actitud de pensar en el futuro.

Por lo tanto, el mejoramiento continuo, significa un costo cada vez más bajo, menos reproceso dentro de la construcción, menos desperdicio de materiales, de tiempo, de equipo, de herramientas, de esfuerzos humanos; todas estas son ventajas que presentan los métodos industrializados, hecho que conduce a un aumento de la productividad y a la posibilidad de entrar y permanecer en un mercado, manejando productos de menor costo y con mejor calidad.

Un proceso no se mejora detectando fallas para eliminar la causa, ésto sólo devuelve el producto al principio del proceso. Se debe pensar en incorporar la calidad desde el diseño y de esta manera evitar los cambios dentro de un plan en marcha, para no encarecer el proceso y causar demoras; en viviendas industrializadas los procesos son en forma estandarizada, esto nos ahorra tiempos en los procesos.

La tecnología es otro factor importante dentro de la búsqueda de la calidad, pero, es importante entender que no se debe buscar la tecnología por novedad sino porque realmente, de acuerdo con las condiciones de la empresa y del medio donde esta se desarrolla, tanto a nivel cultural, social como ambiental, es favorablemente viable para mejorar el proceso.

Es por ello que las empresas han optado por la utilización de sistemas industrializados con la implementación de nuevas tecnologías; los desarrolladores buscan acercarse a la calidad, buscan la satisfacción del cliente, pero con la implementación de estas tecnologías no es suficiente, se necesita tener un control.

Cuando se habla de control es cuando se habla de calidad, pero se debe pensar que éste debe ser orientado hacia la búsqueda de las causas que generan fallas, corrigiéndolas desde el inicio del proceso y así evitando producir artículos defectuosos.

El control de calidad no se basa exclusivamente en normas, estas deben tenerse en cuenta y ser utilizadas buscando las metas superiores consistentes en el cumplimiento de los requisitos del consumidor para crear una calidad que los satisfaga.

Reducir los tiempos es importante, una empresa que hace un producto o presta un servicio que satisface al cliente y logra entregarlo en períodos cortos de tiempo, en una empresa que se impone se mantiene en el mercado.

Cuando una fraccionadora logra bajar sus tiempos de construcción, no solo aumenta su producción sino que además logra hacer sus tiempos de entrega menos largos, una de las ventajas que cuentan los sistemas industrializados sobre la tradición es el tiempo de ejecución siendo los sistemas industrializados o prefabricados más rápidos de ejecución sobre los otros.

Todo producto, sea material o de servicio, tiene características reales y substitutas, si se tienen claramente definidas las características reales que requiere el cliente y la empresa logra internamente la satisfacción de estas por medio del estudio, el análisis, la ejecución y el control de las características substitutas.

En los tiempos y como se ha mencionado, las empresas que pretenden ser competitivas en un mercado cada vez más exigente requieren de cambios en su organización con miras siempre hacia el mejoramiento continuo.

La industria de la construcción requiere de empresas organizadas y consientes de los cambios y mejoras que se deben inculcar para lograr su meta, su permanencia en el medio y es por esto que aquí se dan los puntos donde se hace necesario revisar el cumplimiento de ciertas condiciones para que este mejoramiento se logre.

La aplicación de la calidad es relevante dentro de la planeación y ejecución de proyectos y procesos de construcción.

La calidad que deben cumplir los proveedores se centra en cumplimiento en tiempo de entrega y ejecución de su trabajo y en cobertura de especificaciones, aquí las pólizas de garantía son fundamentales para establecer confianzas.

Por ejemplo, utilizando ahora la tecnología del prefabricado el constructor y su proveedor trabajan en las especificaciones requeridas para que, basándose en ellas y de acuerdo con las capacidades del proveedor, se entregan los módulos prefabricados de acuerdo con un plano de despiece y con el programa de obra detallado donde aparecen las fechas finales de entrega, con las especificaciones el proveedor asegura que la calidad de su producto es el indicado por el proyecto y entregando a tiempo el constructor cumple con los tiempos.

Al firmar el contrato con el proveedor, la garantía de cumplimiento se solicita como requisito de compromiso del proveedor. Es importante anotar que en muchos casos el proveedor cumple con lo pactado, pero la obra no permite que su trabajo continúe lo que demora los procesos.

Calidad de obra es evitar demoliciones: cada material debe ser colocado donde es y como es, una demolición no solo genera aumento de costos, sino que genera mayor tiempo y mala calidad de la obra en general. Aquí es importante recalcar que imponer tareas solo pueden lograr disminución de calidad, las tareas y el pago de destajo son enemigos de la calidad.

Si una empresa constructora logra manejar todos los parámetros anteriormente descritos, el beneficio que obtendrá será no sólo económico sino también el país obtendrá un beneficio necesario, el *ecológico*; el beneficio ecológico se logrará cuando la tecnología que se aplique en el desarrollo de cualquier proyecto sea la adecuada no solo a las posibilidades del país sino también a la de la zona específica de desarrollo, en cuanto a su adaptabilidad o funcionamiento dentro del medio, de modo que se estudie y conozca la ecología regional y el impacto ambiental que no sólo tecnología sino obra van a causar y de ese modo lograr el uso inteligente de recursos.

### **3.5 INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN**

Existen circunstancias en las que se requiere necesariamente desarrollar una tecnología innovadora que reemplace los sistemas constructivos convencionales, debido a que las leyes del estado, el cliente o las condiciones físicas de construcción así lo exigen.

Este es el caso típico de las nuevas reglamentaciones relacionadas con la protección del medio ambiente y en un futuro cercano, de las restricciones relacionadas con la calidad de la construcción. En estos casos, las regulaciones son cada vez más restrictivas y por lo tanto, son de alguna manera una fuente de búsqueda de nuevas tecnologías.

La construcción de proyectos completamente atípicos generalmente plantea también, en mayor o menor grado, este tipo de reto al constructor. En estas circunstancias, sólo podrán participar en esos proyectos las empresas constructoras que tengan la capacidad tecnológica para ajustarse a las especificaciones del proyecto. Adicionalmente, es cada vez más frecuente que los mandantes exijan la utilización de determinados sistemas constructivos por su velocidad de construcción y por sus bajos costos. Por lo tanto, su capacidad de innovar creará un margen competitivo alto para la empresa, lo que, probablemente permitirá elevar los excedentes provenientes de la construcción del proyecto.

En el caso de que una empresa constructora logre un margen competitivo apreciable mediante el desarrollo de un método constructivo que deje atrás al resto de la competencia, o en el caso de que una empresa logre ganar gran parte de un mercado gracias a su constante innovación tecnológica, el resto de las empresas constructoras estarán atentas para aprovechar la ventaja tecnológica que posee dicha empresa.

Por lo tanto, el resto de las empresas realizará un esfuerzo particular para lograr tecnologías similares a la de la empresa con tecnología de punta, a fin de tener igual o mayor nivel de competitividad. Un ejemplo claro de estos puntos es una empresa que utiliza un determinado equipo de construcción (por ejemplo, moldes industrializados) que generan una ventaja considerable sobre la competencia. En muy poco tiempo, la competencia se percatará de la herramienta que marcará la diferencia, la que copiará o desarrollará a la brevedad.

Esta es una de las razones por las que las empresas innovadoras deben generar productos y técnicas novedosas de manera continua, para poder mantenerse liderando al resto. Adicionalmente, ante estas circunstancias, lo que marca la diferencia entre las empresas que han asumido las mismas tecnologías es la gestión de las mismas, en términos de optimizar los procesos constructivos y lograr los mayores rendimientos posibles.

Existen estrategias que pueden generar ahorros importantes tanto en los costos como en los tiempos de construcción, substancialmente mayores a aquellos ahorros obtenidos mediante la aplicación parcial de la prefabricación en nuestras obras.

Para que estos ahorros se materialicen es necesario que se utilicen procedimientos específicos desde las fases iniciales del proyecto.

Así como en la mayor parte de los casos de desarrollo de ingeniería de construcción, la aplicación de un programa integral nace como una respuesta a necesidades reales de los procesos constructivos. Entre estas se puede citar:

- a) Restricciones de sitio: en algunos casos, la construcción de un determinado proyecto ofrece características de inaccesibilidad, que limita el transporte y acceso de cantidades importantes de persona y equipo.
- b) Restricciones de mano de obra: es frecuente que la ubicación de la construcción de obras civiles o industriales sea considerablemente alejada de centros urbanos. En estos casos, la mano de obra, en general, tiende a escasear lo cual es particularmente complicado para ciertas especialidades en las que se requiere de obreros calificados, como es el caso de los soldadores.
- c) Restricciones de tiempo: existen trabajos que solo pueden ejecutarse en lapsos muy cortos, los cuales quedan determinados, por ejemplo, por niveles de agua bajos (estiaje), canales de riego sin agua, etcétera. La posibilidad de anticipar parte de los trabajos fuera de la obra hará más eficiente el uso del tiempo crítico.
- d) Restricciones de medio ambiente: debido a problemas de altitud, temperatura extrema, etcétera. No es factible ni conveniente realizar las operaciones de construcción en sitio.
- e) Restricciones/beneficios del proyecto: es cada vez más usual que los mandantes de los proyectos estén más preocupados de que éstos se terminen en el menor tiempo posible. Esto, por lo general, no solo reduce los tiempos y costos de construcción sino que además adelanta la etapa de producción del proyecto. Adicionalmente, el hecho de poder construir en menor tiempo y con costos de construcción más bajos, aumenta la competitividad de las empresas constructoras, lo cual se está convirtiendo en una necesidad más que en una comodidad. En este sentido, además, se genera un mejor flujo de recursos y la curva de utilización de mano de obra es más estable.

La innovación tecnológica busca el beneficio para las empresas, empresas que se comprometan con la búsqueda de tecnología como ya se ha mencionado tendrán un beneficio económico, la aplicación de la industrialización tiene objetivos como los siguientes:

- Disminuir plazos de construcción por efecto del adelanto de la ejecución de una parte de la obra que, de otra manera, debe esperar a que se cumpla la secuencia de trabajo adicional.
- Posibilitar el desplazamiento de horas hombre (HH) hacia talleres ubicados en centros poblados, con economía de campamentos y movilización.

- Evitar el efecto de condiciones desfavorables en el lugar de la obra, (clima, altura, etc.)
- Aprovechar las ventajas respecto de calidad, productividad, costo y reducción de riesgos que presenta un taller especializado.
- Limitar, en gran medida, la actividad de construcción en áreas remotas o inaccesibles a montajes de elementos, minimizando el personal de construcción in-situ.

La innovación tecnológica en la construcción no solo es una búsqueda de los beneficios económicos para las empresas sino también busca ser una tecnología que sirva para el beneficio social, en el caso de la industrialización es buscar un beneficio para la empresa como un beneficio para el cliente al adquirir una vivienda de calidad.

Otro reto que enfrenta la industria de la construcción de vivienda es en relación con la protección y mejora del medio ambiente y el desarrollo sostenible, lo que supone a la vez una fuente de oportunidades de innovación. Las constructoras de vivienda deben dar respuesta a este tipo de problema desarrollando nuevos productos y proceso que contribuyan de forma positiva a la protección del medio ambiente.

La inversión en investigación y desarrollo de las empresas constructoras de vivienda en México ascendió a 0.136% de cifra de negocio durante 2005; considerando el conjunto de las empresas constructoras de vivienda, el esfuerzo ascendió solo al 0.010 % de la facturación del sector a pesar de estar contribuyendo al 4.6% del PIB.<sup>19</sup>

Las empresas constructoras realizan innovación de los procesos constructivos, pero lo hacen directamente en las obras para resolver los problemas que éstas presentan, estas innovaciones deben suponer una respuesta rápida y difícilmente se pueden acoplar con el desarrollo de actividades de investigación y desarrollo, en otras palabras, las empresas innovan estrategias poco apoyadas en la investigación y desarrollo.

En México la investigación y desarrollo tecnológico en construcción está en unos niveles bajos con relación a otras actividades industriales, éste es un hecho comprobado en países con gran tradición y estructura investigadora como Alemania, Inglaterra, Francia, Estados Unidos de América. En México son pocas las empresas que tienen un interés y apoyan la investigación y desarrollo.

Para las empresas importantes en México el contar con departamentos de investigación y desarrollo les permite obtener información sobre sus deficiencias en sus procesos, lograr mitigar esas deficiencias, encontrar nuevas procesos a favor de su empresa.

---

<sup>19</sup> Rubén León Tenorio, *Tesis La Innovación Tecnológica En Las Empresas Constructoras De Vivienda De Interés Social En México, Instituto Tecnológico De La Construcción CMIC, México DF, Marzo 1995, Pág. 54*

Un ejemplo de estas empresas es HOMEX a través de su departamento de investigación y desarrollo realiza investigaciones elevando la eficiencia en su procedimiento de construcción, es necesario que las empresas no solo se dediquen al desarrollo sino también a la supervisión de estos métodos, técnicas y procesos que se estudian, con el objetivo de entregar una vivienda de calidad, este departamento realiza comparativos entre sistemas y desarrolla técnicas aplicables en la obra en busca de una mayor producción, ahorro de materiales y mano de obra. Vid. ANEXO H-3

### ***3.6 CONCLUSIONES CAPITULARES.***

Concluyendo con algunas particularidades de este capítulo, debemos dejar en claro que la industrialización no es simplemente la utilización de la construcción prefabricada, uno de los objetivos de la industrialización es ser una solución efectiva y verdadera sobre la situación de la vivienda en México.

La industrialización es una tecnología que bien empleada puede llegar a tener beneficios económicos para las empresas, aumentando la productividad, ahorrando tiempos de construcción, se evitan en gran medida los reprocesos como se presentan en la construcción tradicional.

La industrialización es un conjunto de elementos, que bien conjugados y mecanizados, se pueden obtener las ventajas que mencionadas, todo este conjunto es un proceso de materiales, mano de obra, donde es importante el diseño de una vivienda industrializada, la selección del método de construcción, las especificación para obtener la calidad deseada.

El sistema para la construcción de una vivienda tiene que ser planteado desde el inicio; del diseño inicial se tiene que modular y diseñar una casa para realizarse en un sistema industrializado, no se puede diseñar una casa por algún método tradicional y ejecutar con un método industrializado.

Una de las diferencias notables entre los sistemas industrializados y los sistemas tradicionales es la calidad de los trabajos, donde la calidad de un sistema industrial es mayor ante el tradicional, esto debido al eliminar pasos o procedimientos que comúnmente se realiza in situ por los obreros, ahora se eliminan haciéndose ya sea en fábrica o con la utilización de la industrialización.

El sector de la construcción debe de dirigir la vista hacia los usuarios finales de los productos que desarrolla, debemos empezar a construir pensando en el cliente, “si queremos hacer obras de calidad, debemos ser ingenieros o arquitectos de calidad”, al final de todo el cliente es el que utilizará nuestro producto. Con todo esto algunos empresarios han notado que tener procesos más eficientes y con una calidad en sus productos los hace más competitivos en el sector.

Actualmente en un mundo tan competido la construcción no se queda al margen, las constructoras de viviendas tienen que buscar la manera de tener una ventaja sobre la otra, esta ventaja se las da el desarrollo de nuevas tecnologías, el poder tener un departamento en su organización que se preocupe por estar innovando y mantener a la empresa con una vanguardia en sus procesos.

Es obligación y necesidad primordial de las empresas desarrolladoras de viviendas el invertir más en sus departamentos de investigación, generando, desarrollando, probando y ejecutando procesos, materiales y sistemas que puedan colocar a la empresa como puntera en la construcción de vivienda.

## **CONCLUSIONES FINALES**

Actualmente las empresas desarrolladoras de casas en serie utilizan una cantidad de sistemas buscando la mayor eficiencia en sus procesos, aumento de productividad y ahorro en los trabajos que realizan.

Estos sistemas que emplean son llamados sistemas industrializados, al manejar la construcción en este caso de viviendas en forma mecanizada, racionada, controladas Y organizadas.

Existe una variedad de métodos que se pueden utilizar, incluso combinar parte del sistema tradicional con algún sistema de construcción industrializado. Al hablar de la industrialización de la construcción, podemos distinguir entre dos conceptos: el sistema cerrado y el sistema abierto.

- El sistema cerrado es aquel que utiliza componentes fabricados en serie, no previstos para la posibilidad de intercambiarlos con otros de procedencia ajena al propio sistema y que exigen una coordinación estricta en las fases de proyecto, fabricación, transporte y montaje de los componentes.
- El sistema abierto es aquel que utiliza componentes fabricados en serie de distinta procedencia que se prestan al montaje según combinaciones muy variables y por consiguiente, intercambiables en alto grado.

Se debe señalar que la prefabricación es una forma de industrializar, es uno de los métodos de industrialización más utilizados pero no significa que sea el único que existe o la prefabricación sea toda la industrialización que hay.

La industrialización no cambia el producto final, simplemente la manera de ejecutar los trabajos de construcción (el método constructivo), una de las diferencias finales entre los métodos industrializados y los tradicionales están en la calidad de los trabajos, teniendo mayor calidad los métodos industrializados.

Como una característica adicional, la calidad que se adquieren en los sistemas industrializados al reducir los trabajos realizados por los albañiles, se elimina que la calidad de los trabajos recaigan sobre ellos, sino que se traslada a los proveedores, de elementos prefabricados, premezcladoras de concreto, materiales, etc.

Para el tiempo de ejecución de los trabajos se puede concluir que implementar métodos industrializados en la construcción de vivienda nos ayuda a una reducción en los tiempos de obra, ejecución de los trabajos, eliminación en reprocesos y un ahorro en desperdicios de materiales.

El la industrialización se eliminan gran cantidad de trabajos que se ejecutan en la obra, ésto produce un ahorro en tiempo, por ejemplo, para un colado de alguna trabe, si se hace el colado en sitio, se tiene que esperar un tiempo adecuado para descimbrar, en cambio si la trabe se realiza por fuera de la obra, se puede hacer con tiempo y al momento de tener que realizar el trabajo en ese elemento pues solo se coloca, sin necesidad de cimbra, y tiempo de espera para el fraguado de concreto.

En cuanto a las ventajas económicas que tienen los sistemas industrializados sobre los procesos tradicionales deben existir algunos factores para tomar en cuenta se presentan dos escenarios:

- El primero es donde la cantidad de viviendas por desarrollar es un número considerable como para poder amortizar el gasto en inversión de moldes, fábricas para elementos prefabricados, si se presenta este caso la industrialización puede generar un ahorro considerable en la construcción de vivienda en serie.
- En el segundo, si la cantidad de viviendas por edificar no es un número que nos permita ser factible el uso de métodos industrializados, la industrialización puede no ser la mejor solución, aun así existen procedimientos constructivos mixtos que pueden ser más eficientes y económicos que un sistema completamente tradicional.

Para poder implementar sistemas industrializados las empresas tienen que estar comprometidas y dispuestas a invertir en investigación, desarrollo y/o adquisición de tecnologías nuevas, para implementarlas en sus procesos, con lo cual adquieren ventajas económicas, ventajas de producción, de calidad en los productos, en general un beneficio sobre su competencia.

Es notoria la falta de innovación tecnológica, sistemas de gestión e inversión en investigación y desarrollo en la empresa constructora de vivienda en nuestro país, reflejándose en una evidente falta de competitividad, altos costos, defectos constructivos, baja participación y consecuentemente la insatisfacción del cliente.

Es imperante que estos aspectos importantes en la aplicación de los sistemas de gestión e innovación tecnológica sean adoptados en todas las constructoras de viviendas en México, para mejorar nuestra competitividad, bajar los costos, eliminar defectos constructivos y lograr una mayor satisfacción del cliente, sin duda con esto contribuiremos a mejorar el sector, la industria y nuestra nación.

El sistema para la construcción de una vivienda tiene que ser planteado desde el inicio del diseño inicial; Se tiene que modular y diseñar una casa para realizarse en un sistema industrializado, no se puede diseñar una casa por algún método tradicional y ejecutar con un método industrializado

El método tradicional para la construcción de viviendas tiene el carácter de una industria artesanal. La industrialización, por otra parte, promueve la introducción de métodos usando la producción en serie, una mayor mecanización y una mejor organización del trabajo.

La industrialización aporta una serie de beneficios para el desarrollo de la industria de la construcción de vivienda en México, este tipo de ventajas y/o beneficios son:

- La productividad masiva, con base en los principios de repetitividad y de fabricación en serie.
- Una reducción notable en el tiempo de ejecución de obra.
- La elevación de la calidad de la construcción, ya que la industrialización impone un estricto control de calidad que solo se logra en la fábrica.
- La reducción a largo tiempo, de los costos de la construcción, una vez que se amortizan las inversiones en las instalaciones de fábricas (como es sabido el costo de la mano de obra es el que tiene el más alto índice de crecimiento).
- Una mejoría en las condiciones humanas y sociales del obrero de la construcción. Su trabajo se vuelve más seguro; lo realiza protegido de la intemperie, sus horarios son controlados de manera más regular y legal, hay una demanda más estable del trabajo, evitándose así los empleos temporales o intermitentes.
- Se logra continuidad más eficiente de la producción, independientemente del mal tiempo y otros factores.
- Permite mayor racionalización en la organización y administración de la construcción. Optimizándose los ritmos de trabajo y los recursos técnicos, económicos y humanos.
- Imparte orden y disciplina a la edificación, evitándose el caos y la confusión que privan el urbanismo de hoy.
- Contribuye el desenvolvimiento económico e industrial de las naciones, creando nuevas fuentes de trabajo, desarrollando el nivel tecnológico e impulsando el comercio internacional.
- Brinda a los gobiernos la oportunidad de llevar a cabo, de manera eficiente, amplios programas de contenido social, que son difíciles de llevar a cabo mediante procesos convencionales.
- Se obtiene mayor nivel de limpieza en el lugar de la obra.
- Se logra un ahorro total o parcial de obra falsa.
- Se obtienen acabados aparentes de buena calidad directamente en la fábrica.

### **Grado de comprobación de hipótesis.**

En la presente investigación se presentaron cuatro hipótesis directrices las cuales a lo largo de este estudio se intentaron demostrar, empezaremos por decir que en general los sistemas industrializados nos ayudan a la mejor utilización de los materiales, mano de obra, en general una administración más eficiente, con la disminución de materiales a utilizar en la obra y mejorando los tiempos en los trabajos y reprocesos por trabajos mal elaborados.

En cuanto la calidad de los trabajos finales, la diferencia que existe entre los procesos tradicionales y los industrializados es la cantidad de trabajos que se realizan en el sitio de obra, mientras que en los tradicionales tiene muchos procesos, los industrializados son menos trabajos, por lo que la calidad posible controlarla más estrictamente. Es por ello que la calidad en los métodos industrializados es mayor sobre los métodos tradicionales.

Junto con todo esto se puede decir que los procesos industrializados, nos ahorran tiempo en ejecución de las obras por no tener retrasos por mal clima, por la elaboración de elementos en serie o la utilización de cimbras y/o moldes metálicos para colados monolíticos. Con esto se eliminan los tiempos de espera por fraguado de concreto, cimbrado y descimbrado de elementos con madera, por citar algunos ejemplos.

Para poder que las empresas puedan ser competitivas dentro del mercado tienen que investigar, desarrollar e innovar en nuevas tecnologías, para evitar que la demanda rebase su capacidad de producción. Su importancia se basa en la búsqueda constante de una mayor eficiencia.

Por último, no se puede asegurar que los métodos industrializados sean más económicos que los sistemas tradicionales, para esta ventaja existen algunas consideraciones en donde principalmente esta la cantidad de viviendas por edificar.

### **Futuros temas de investigación.**

Para futuras investigaciones podemos hacer algunas recomendaciones que pueden servir para complemento de esta misma, comenzando con alguna investigación que nos explique en forma detallada la metodología que se sigue para la industrialización de una vivienda.

Además se pueden hacer investigaciones de cómo se aplica la industrialización en otros sectores de la construcción, hacer comparativas cuantitativas entre métodos tradicionales e industrializados, industrializados- industrializados, la generación de métodos o nuevos sistemas, así como también el mejoramiento de algún sistema ya existente.

Con ayuda de una empresa constructora que se dedique a la construcción de viviendas se puede elaborar una investigación sobre el beneficio que se ha obtenido con la implementación de estos sistemas.

Todas estas investigaciones con miras en aumentar el conocimiento acerca del tema, propiciando un desarrollo y crecimiento dentro del ámbito de la construcción, con miras a ser de manera general más competitivos y ser punteros a nivel internacional en la construcción de viviendas en serie.

## **BIBLIOGRAFIAS**

### ***A) Libros***

- ▶ Construcción con materiales prefabricados de hormigón armado, Laszlo Moks, Bilbao, España 1969, ed. URMO, 1er. impresión
- ▶ Costos y tiempos de edificación, Suárez Salazar Carlos, México, D.F., 1977, ed. LIMUSA, 3er. edición.
- ▶ Guía para la innovación tecnológica en la construcción, Virgilio A. Ghio Castillo, Chile, marzo 1997, ed. Universidad Católica de Chile, 1era. edición.
- ▶ Industrialization in concrete building construction, ACI, Detroit, Michigan, 1975
- ▶ La industrialización posible de la vivienda latinoamericana, Julián Salas Serrano, Santafé de Bogotá Colombia, abril 2000, ed. ESCALA, 1er edición
- ▶ La prefabricación y la vivienda en México, Héctor Ceballos Lascurain, ciudad de México DF, 1973, dirección general de publicaciones UNAM, 1er edición
- ▶ Metodología de la investigación, Roberto Hernández Sampieri, Fernández-collado, México DF 2006, ed. MC GRAW HILL, 4ta edición.
- ▶ Procesos y técnicas de construcción, Hernán De Soltminact, Guillermo Thenoux Z., México D.F., septiembre 2002, ALFA OMEGA GRUPO EDITOR, 2da edición.

### ***B) Tesis***

- ▶ Aplicaciones de sistemas de prefabricación para la vivienda en México, Eduardo Juan Guerrero Valdez, Facultad de Ingeniería UNAM, noviembre 1992, ciudad de México, DF.
- ▶ Aseguramiento de la calidad en los proyectos de edificación, Salvador Castillo Sotelo, Facultad de Ingeniería UNAM, Febrero 1997, Cd. De México DF, México.
- ▶ Business plan para el sistema constructivo steel frame como una nueva área de negocios, Alberto Gutiérrez Limón, Instituto Tecnológico De La Construcción CMIC, Marzo 2003, Cuernavaca, Morelos.
- ▶ Calidad total en la construcción, Mónica María Estrada Rengifo, Facultad de Ingeniería UNAM, Octubre 1994, Cd. De México DF, México.
- ▶ Certificación ISO 9000 del proceso industrializado para construcción de vivienda de interés social, dentro de la empresa DRT Construcciones S.A. de C.V., Aldo Norman Alfaro Lara, Instituto Tecnológico De La Construcción, junio 2000, Cd. De México DF
- ▶ La innovación tecnológica en las empresas constructoras de vivienda de interés social en México, Rubén León Tenorio, Instituto Tecnológico de la Construcción, Junio 2006, México, DF.

**C) Revistas**

- ▶ Prefabricados de altura, Gregorio B. Mendoza, revista Construcción Y Tecnología Marzo 2008, No. 238, Pág. 14 A 20.
- ▶ La vivienda, una gran fortaleza, Juan Fernando González G., revista Construcción Y Tecnología, Abril 2008, No. 239, Pág. 26 Al 32.
- ▶ Prefabricados de concreto: el futuro apenas empieza, Gregorio B. Mendoza, revista Construcción Y Tecnología, Abril 2008, No. 239, Pág. 22 A 25.
- ▶ Una nueva revolución industrial, Pablo Caire Obregón, revista Construcción Y Tecnología Junio 2008, No. 241, Pág. 48 A 51

**D) Internet**

- ▶ Antecedentes de la industrialización.  
<http://www.monografias.com/trabajos5/induemp/induemp.shtml>  
<http://www.monografias.com/trabajos5/induemp/induemp2.shtml#POLI>
- ▶ En Concreto, la construcción de su Casa.  
<http://www.construtips.com/deconcreto.html>
- ▶ Industrialización: el futuro de la construcción.  
<http://hontza.nireblog.com/post/2007/02/13/industrializacion-el-futuro-de-la-construccion>
- ▶ La construcción actividad clave para el desarrollo del país.  
<http://www.azc.uam.mx/cyad/procesos/website/grupos/tde/NewFiles/actividad.html>
- ▶ Revoluciona México edificación de casas  
<http://fox.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/?contenido=23551&pagina=122>
- ▶ VIS Construcción en serie  
[http://www.dinero.com/wf\\_InfoArticulo.aspx?IdArt=28732](http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=28732)
- ▶ 100 años de industrialización de la construcción  
<http://hontza.nireblog.com/post/2007/06/14/100-anos-de-industrializacion-de-la-construccion>

## ANEXOS

### ANEXO H-1 (fuente: Depto. Investigación y desarrollo, HOMEX)



### **PROCEDIMIENTO PARA COLAR EL MISMO MOLDE 2 VECES AL DIA**

ELABORO:  
ING. IRAT BONZALEZ MEDINA

29- NOVIEMBRE 07



#### OBJETIVO.-

LLEVAR A CABO DOS COLADOS DIARIOS CON UN MISMO MOLDE, LO CUAL AUMENTARÁ LA PRODUCTIVIDAD ACTUAL, Y POR CONSECUENCIA MÁS CASAS EN MENOS TIEMPO, ADEMÁS DE UN RETORNO DEL CAPITAL MÁS RÁPIDO, LO CUAL PUEDA TRADUCIRSE EN MAYORES UTILIDADES A LA EMPRESA.

PARA PODER LLEVAR A CABO LOS DOS COLADOS DIARIOS DEL MISMO MOLDE SE DEBERÁN TOMAR EN CUENTA UNA SERIE DE MEDIDAS LAS CUALES PERMITAN QUE EL CONCRETO SATISFAGA LAS CONDICIONES ESPECIFICADAS EN EL DISEÑO.

LAS MEDIDAS SE ENUNCIAN EN EL PRESENTE BOLETIN.



COLADO 1

1.-ARMADO DEL MOLDE



FOTO 1.- ARMADO DEL MOLDE (1RA VEZ DEL DIA).



INICIO: 7:00 HRS

		COLADO 1				
HORA		06	7	8	9	10
ACTIVIDAD			ARMADO			



COLADO 1

2.-COLADO DEL MOLDE



FOTO 2.- COLADO DEL MOLDE (1RA VEZ DEL DIA).



INICIO: 11:00 HRS

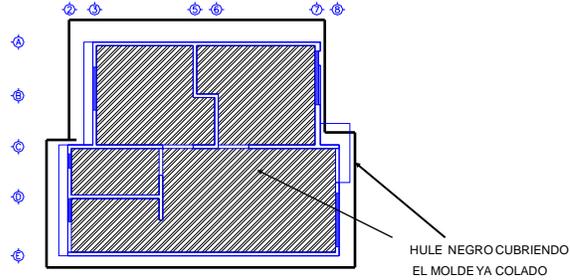
		COLADO 1					
HORA		06	7	8	9	10	11
ACTIVIDAD			ARMADO		COLADO		





3.-COLOCACIÓN DE HULE NEGRO

SE COLOCARÁ HULE NEGRO PARA CUBRIR EL MOLDE POR EL EXTERIOR DE LA VIVIENDA Y POR LA AZOTEA.



LAMINA 1.- MOLDE CUBIERTO CON HULE NEGRO, DESPUÉS DE SER COLADO.



4.-TRANSCURRIDAS 8 HORAS MÍNIMAS DESPUÉS DEL COLADO, RETIRAR EL HULE Y CIMBRA DE MUROS.



RETIRO DE CIMBRA EN MUROS A PARIR DE: 20:00 HRS

		COLADO 1														
HORA		06	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
ACTIVIDAD		ARMADO		COLADO			FRAGUADO									

NOTA.- SE RETIRARA LA CIMBRA COMO MÍNIMO 8 HORAS DESPUÉS DEL COLADO.

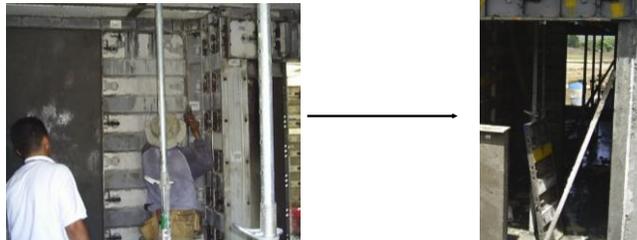


FOTO 3. - RETIRO DE LA CIMBRA EN MUROS DEL MOLDE AZUL DESPUÉS DEL PRIMER COLADO.



COLADO 2

1.-ARMADO DEL MOLDE PARA SEGUNDO COLADO



INICIO: 20:00 HRS



	COLADO 1														COLADO 2				
HORA	0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ACTIVIDAD			ARMADO	COLADO												ARMADO			

FOTO 4.- ARMADO DEL MOLDE (2DA VEZ DEL DIA).



COLADO 2

2.-COLADO DEL MOLDE POR SEGUNDA VEZ EN EL MISMO DIA.



INICIO DEL SEGUNDO COLADO: 24:00 HRS

FOTO 5.- COLADO DEL MOLDE (2DA VEZ DEL DIA).

	COLADO 1														COLADO 2					
HORA	0	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ACTIVIDAD			ARMADO	COLADO												ARMADO	COLADO			





COLADO 2

4.-TRANSCURRIDAS 8 HORAS MÍNIMAS DESPUÉS DEL COLADO, RETIRAR EL HULE Y CIMBRA DE MUROS.



INICIO: A PARTIR DE LAS 8:00HRS

		COLADO 1																		COLADO 2															
HORA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	
ACTIVIDAD		ARMADO		COLADO		FRAGUADO																		ARMADO		COLADO		FRAGUADO							

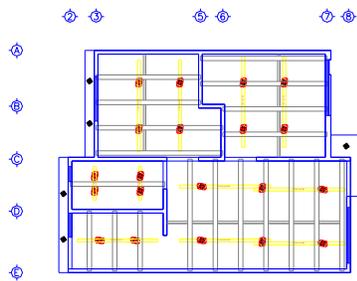


FOTO 6 . - RETIRO DE CIMBRA DE EL MOLDE DESPUÉS DEL SEGUNDO COLADO.

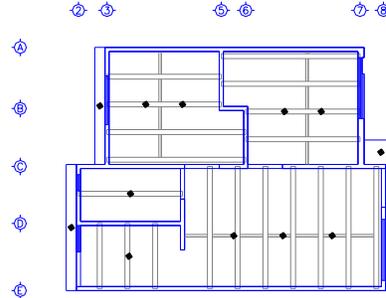


RECOMENDACIONES  
APUNTALAMIENTO Y REAPUNTALAMIENTO EN AZOTEA

EL APUNTALAMIENTO DE LA LOSA DE AZOTEA SE DEJA POR UN LAPSO DE 24 HRS. DESPUES DEL COLADO DEL MOLDE Y LAS SIGUIENTES 72 HRS. CON REAPUNTALAMIENTO UNICAMENTE.



Lamina 3. Croquis de Apuntalamiento en Losa de Vigueta y Bovedilla.



Lamina 4. Croquis de Reapuntalamiento en Losa de Vigueta y Bovedilla.

**ANEXO H-2** (fuente: Depto. Investigación y desarrollo, HOMEX)



**ROYAL  
BUILDING  
SYSTEMS™**

**Sistema  
Industrializado  
de Construcción  
para Vivienda  
de Interés  
Social, Media y  
Residencial.**

- FACILIDAD
- RAPIDEZ
- Costo ECONOMICO

**Av**

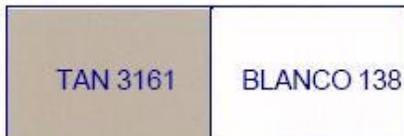
The advertisement features three photographs of residential buildings. The top image shows a multi-story apartment building with a white facade and blue balconies. The middle image shows a two-story house with a white facade and a red roof. The bottom image shows a row of colorful townhouses in white, orange, and yellow.

**Royal Building System<sup>MR</sup>** es una respuesta patentada y garantizada, a las exigencias modernas de construcción de vivienda industrializada. El sistema constructivo RBS<sup>TM</sup> se diseña de acuerdo a cualquier proyecto, no a modelos preestablecidos, hasta seis niveles (100 mm) y hasta tres niveles (64mm). Con esto RBS<sup>TM</sup> se convierte en la fábrica de casas del promotor de vivienda.

Piezas especiales de PVC (polímero reforzado) que se ensamblan entre sí (macho-hembra) y que se rellena de concreto lo cual le confiere óptimas características en términos de fortaleza, apariencia, durabilidad, limpieza, alto coeficiente de aislamiento térmico y acústico, con un mínimo de mantenimiento, resistente al intemperismo y con protección contra rayos UV, proporcionando



**Muros Disponibles en:**



El sistema RBS ha sido usado en la construcción de miles de casas (en cualquier parte de la República Mexicana) y cuenta con validaciones de: INFONAVIT, S.H.F., FOVISSSTE y SEDESOL, entre otros y la amplia aceptación de las instituciones de crédito. El sistema constructivo se entrega en el sitio de obra e incluye: Muros, Techos y Tejas, Entrepisos, Puertas y Ventanas.

RBS proporciona entrenamiento y asesoría en campo para la recepción, el almacenamiento y la construcción. No requiere mano de obra ni supervisión especializada. Ventaja: Control de obra simplificado, menor limpieza y rapidez de ejecución y mucho menores costos de "composturas posteriores" y una fuerte disminución del robo hormiga.

RBS proporciona, opcionalmente el servicio de armado y colado de paredes, entrepisos y techo. Ventaja: Cumplimiento del Artículo de la Ley del Impuesto al Valor Agregado (I.V.A).

La precisión del sistema RBS permite una fácil colocación de puertas, ventanas y cableado eléctrico. Ventaja: Menores costos por incumplimiento y puertas y ventanas plenamente eficientes.

Las paredes del sistema RBS pueden ser recubiertas con acabados de

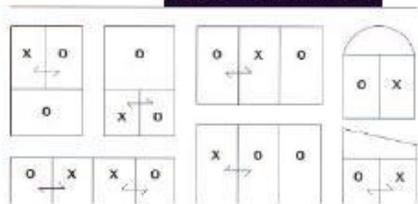
base acrílica disponibles en el mercado y a precios muy bajos para los usuarios. El sistema RBS incluye ventanas de PVC de la línea Royal Line, diseñadas específicamente para el mercado mexicano y con grandes ventajas sobre los sistemas tradicionales.



Termofusión a 45°  
Permite esquinas soldadas,  
altamente resistentes.



Herrajes de alta calidad,  
aseguran años de  
funcionamiento  
sin problemas.



Arriba tenemos algunas de las  
configuraciones de ventanas  
disponibles.

X = Panel Operante  
O = Panel Fijo

**Ventajas para el Promotor de Vivienda:**

- Contar con su propio sistema de construcción industrializado (su fábrica de casas)
- Tener pocos proveedores
- Requiere menos controles y almacenes
- Avance a mayor velocidad acortando los tiempos de individualización y de financiamiento
- Con lo anterior, se pueden construir más casas por año reduciendo los costos administrativos e indirectos.
- Todo combinado = MAYORES VENTAS Y MAYORES UTILIDADES

**Usuario Final:**

Amplia aceptación del cliente final, vivienda digna por su confortabilidad, apariencia, mayores espacios interiores, muy fácil limpieza, bajo costo de mantenimiento, gran resistencia a sismos, huracanes e



hay problemas de calidad imputables al sistema

Mínimo: limpieza a base de agua y jabón, y anti-grafti.





**ANEXO H-3** (fuente: Depto. Investigación y desarrollo, HOMEX)



**PAQUETIZACIÓN DE MALLAS**

RECIBIDO POR PROYECTOS:	RECIBIDO POR CONSTRUCCIÓN:	RECIBIDO POR ADMINISTRACION DE OBRA:
ELABORO: ING. GERENTE DE INGENIERIAS	REVISO: ING. GERENTE DE CALIDAD	AUTORIZO: ARG. DIRECTOR INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
INGENIERIA		1



**PAQUETIZACIÓN DE MALLAS**

16-OCT-07





### Paquetización.

La Paquetización es una serie de kits que simplifican el suministro, habilitado y colocación en la ejecución de la obra que es fundamental para el éxito de la misma, y para llevar a cabo esta paquetización, es importante que se tomen en cuenta todos los insumos y procesos que estén relacionados en la construcción de la vivienda, y se dividen en 12 grupos:

1. Kits de Plástico negro
2. Kits de habilitado de acero
3. **Kits de mallas de acero**
4. Kits de separadores
5. Kits de Instalación eléctrica
6. Kits de instalación Hidráulica
7. Kits de instalación sanitaria
8. Kits de viguetas
9. Kits de bovedillas.
10. Kits de loseta cerámica.
11. Kits de acabados en Muros int. y ext.
12. kits de acabados de Plafón

2



**OBJETIVO:** Optimizar los recursos y administrarlos de la mejor forma para el ejecutar en obra en el menor tiempo y costo.

Kits de malla



Foto 1. Kits de mallas desde talleres.

3



HOMEX

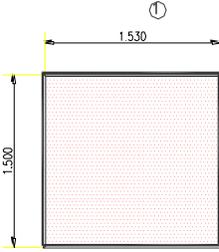
INVESTIGACION Y DESARROLLO

PAQUETIZACIÓN DE MALLAS

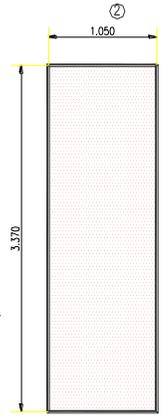


33K-ONCRETO

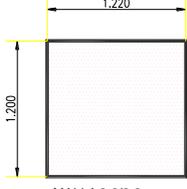
### TAMAÑOS DE MALLAS



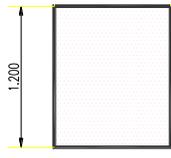
MALLA 6-6/8-8  
1)MALLA TIPO M-10X10



MALLA 6-6/8-8  
2)MALLA TIPO M-7X22



MALLA 6-6/8-8  
3)MALLA TIPO M-8X8



MALLA 6-6/8-8  
4)MALLA TIPO M-8X6

12



HOMEX

INVESTIGACION Y DESARROLLO

PAQUETIZACIÓN DE MALLAS



33K-ONCRETO

**¿Se reflejan en el presupuesto la Paquetización?**

Si se reflejan en el presupuesto; Por que lo que se paquetiza y se llaman kits se levanta en el presupuesto, con una serie de documentados avalados y normados que a través del departamento de Industrialización son distribuidos a los diferentes frentes de trabajo con los encargados de producción y que tienen la misión de Transmitir a sus jefes de frente para planear la ejecución de obra y el programa de suministros que requerirán a través de su programa de obra que se trazaron como meta.

Pero lo más importante se una eficiencia en Tempos y movimientos dentro de los procesos constructivos.

13



		INVESTIGACION Y DESARROLLO					
		PAQUETIZACIÓN DE MALLAS					
 		<b>INVESTIGACION Y DESARROLLO</b> <b>GERENCIA DE INDUSTRIALIZACIÓN</b> <b>KIT DE MALLAS DE ACERO PROTOTIPO ARCE</b>					
FRACCIONAMIENTO "SAN MIGUEL ESCOBEDO , MONTERREY, NUEVO LEON"							
ELABORO: ARQ. KARLA VALENZUELA ASTORGA.				REVISO: ING. OSCAR DEL VALLE LÓPEZ		FECHA:	03-Ago-07
TIPO DE MALLA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	ANCHO	LARGO	AREA X PIEZA (M2)	SUPERFICIE (M2)
<b>ARMADO DE MURO DE CONCRETO DE 10 CM "ELEVACION 7"</b>							
M-11.1 X 18	MALLA DE ACERO ELECTROSOLDADA DE ACERO. 6 x 6 - 8/8	PZA	1	1.75	2.75	4.81	4.81
M-7 X 9	MALLA DE ACERO ELECTROSOLDADA DE ACERO. 6 x 6 - 8/8	PZA	1	1.05	1.38	1.45	1.45
<b>SUPERFICIE TOTAL DE MALLA 6 x 6 - 8/8 EN MURO DE CONCRETO "ELEVACION 7"</b>							<b>6.26</b>
Arq. Karla Valenzuela Astorga Analista de Industrialización		Ing. Oscar Del Valle López Encargado de Industrialización			Ing. Alejandro Morales Gerente de Industrialización		
Blvd. Alfonso Zaragoza Maytorena No. 2204 Fracc. Bonanza. C.P. 80020. Culiacán, Sinaloa. Tel. 01 667 758-58-00 ext 7823							

16

		INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO					
		PAQUETIZACIÓN DE MALLAS					

**PARA CUALQUIER ACLARACIÓN O COMENTARIO DIRIGIRSE A:**

**ARQ.**  
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**TEL. 66 77 58 58 00 EXT. 5383**

**ING.**  
**GERENTE DE INGENIERIAS**  
**TEL. 66 77 58 78 23 EXT. 7823**

INGENIERIA

26