



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**Estudio comparativo del sistema tradicional y del sistema de moldes Gang Form en costo, tiempo y procedimiento para edificios habitacionales**

**TESINA**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN INGENIERÍA,**  
**OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN**

Presenta:

**ING.ARQ. FILIBERTO RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

Director:

**M. I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ**

Asesor:

**MTRO. PABLO MARIN CHAPARRO**

Puebla, Pue.

Marzo, 2018



**BUAP**

Oficio No. 0690/2018

**C. Filiberto Ramírez Hernández**  
Pasante de la Maestría en Ingeniería  
con opción terminal en Construcción  
Facultad de Ingeniería, BUAP.  
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesina, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Estudio comparativo del sistema tradicional y del sistema de moldes Gang Form en costo, tiempo y procedimiento para edificios habitacionales.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Director al M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández y Asesor al M.I. Pablo Marín Chaparro.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Zaragoza, febrero 17 de 2018

**M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
Director

C.c.p. M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández y M.I. Pablo Marín Chaparro.  
Director y Asesor del Tema de Tesina

C.c.p. Archivo

ABH/WVL/sco\*

Facultad  
de Ingeniería

Bldv. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. 108 C, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

H. Puebla de Z., a 28 de febrero de 2018

**Dr. Alejandro Bautista Hernández**  
**Secretario de Posgrado**  
**PRESENTE:**

Por este medio reciba un cordial saludo, y al mismo hago de su conocimiento el *Ing. Filiberto Ramírez Hernández* ha concluido su trabajo de tesis denominado **“Estudio comparativo del sistema tradicional y del sistema de moldes Gang Form en costo, tiempo y procedimiento para edificios habitacionales”**. Por lo anterior, autorizó su impresión y así poder presentar su examen de grado de la Maestría en Ingeniería con opción terminal en Construcción.

Sin otro particular, me es grato reiterarle a usted la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente



M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández  
**Director de Tesis**



Mtro. Pablo Marín Chaparro/Asesor de tesis  
M.I.FDLH/ab

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	3
1.1 Planteamiento de problema .....	3
1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivo General .....	5
1.4 Objetivos Específicos .....	5
1.5 Metodología .....	5
1.6 Marco de Referencia .....	6
1.7. Normatividad .....	12
1.7.1-Descripción .....	12
1.7.2 Normas y reglamentos .....	13
CAPITULO II.- INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO .....	15
2.1 La Industrialización de la Construcción .....	15
2.2 Estructura y papel económico del sector de la construcción .....	18
2.3 Panorama 2013 .....	21
2.4 Generalidades de edificios de departamentos de más de diez .....	22
2.4.1 Proyecto arquitectónico y modelo estructural .....	22
2.5 Principales sistemas constructivos utilizados en construcción .....	23
2.5.1 Los sistemas constructivos son un conjunto de elementos .....	23
2.6 Particularidades de cada uno de los sistemas .....	23
2.7 Proyectos donde se puede aplicar el sistema tradicional y el sistema Gang Form. ....	29
2.7.1 Sistema tradicional .....	29
2.7.2 Sistema gang form .....	33
2.7.3 Desarrollo del sistema constructivo Gang Form .....	34
2.7.4 Componentes del sistema: .....	34

2.7.5 Inicio y continuidad del proceso constructivo para tres niveles sistema Gang Form. ....	37
---	----

CAPÍTULO III LA ESTRUCTURA Y LA CIMENTACIÓN EN LOS EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS .....	45
3.1. La estructura .....	45
3.2. El análisis y el diseño estructural.....	48
3.3 Métodos del diseño estructural .....	49
3.4 Principios del Diseño estructural .....	49
3.5 La cimentación .....	54
3.5.1 Requerimientos de una cimentación .....	54
3.5.2 Tipos de Cimentaciones .....	55
CAPÍTULO IV. EL COSTO, EL TIEMPO Y PROCEDIMIENTO, DE LOS SISTEMAS TRADICIONAL Y DE MOLDES GANG FORM EN EDIFICIOS DE MAS DE DIEZ NIVELES.....	58
4.1 Cuadro comparativo en costo, tiempo y procedimiento entre los sistemas tradicional y de moldes gang form. ....	66
Conclusiones .....	68
Referencias .....	70

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado en esta institución de alto prestigio en nuestro país.

A mis maestros que con sus conocimientos y experiencias, transmitieron su enseñanza, motivaron mi presencia en el aula hacia la Ingeniería en construcción.

A mis compañeros del Instituto tecnológico de Pachuca por su incondicional apoyo para culminar este propósito.

A mi esposa e hijos, por impulsarme a seguir superándome.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis es para recibir el grado de Maestría en Ingeniería en Construcción por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Es un estudio que trata de concretizar las ideas, las teorías, los esfuerzos, opiniones y anhelos de aprendizaje del autor en estos dos años de estudio en favor de una mejora continua, además de las valiosas enseñanzas de todos los maestros que compartieron su conocimiento

Hasta hace pocos años en México el sistema constructivo por excelencia para la construcción de edificios habitacionales y de servicio de varios niveles era el sistema a base de marcos o entramados sean de concreto armado, de acero o mixto llamado sistema tradicional(1930-a la fecha), nombre que le dan en el medio los constructores por su genérica aplicación. Sin embargo en los últimos tiempos en esta era de más mayor impulso al desarrollo tecnológico se han encontrado otros sistemas constructivos, que pueden competir en ciertas áreas con el sistema tradicional sobre todo en la construcción de edificios habitacionales y de servicios. En otros países como Estados Unidos de Norte América y Corea del Sur se tienen sistemas llamados de moldes más modernos para este mismo fin que presentan al parecer beneficios adicionales respecto al sistema tradicional un aspecto a primera vista pudiera ser una mayor rapidez constructiva que ya es una ventaja.

En el medio de la construcción tanto ingenieros, como arquitectos, desarrolladores y constructores dedicados a la edificación de obras de varios niveles en su mayoría de uso habitacional surge siempre la inquietud de cómo manejar el sistema constructivo que se piensa utilizar para optimizar tanto los recursos materiales como los económicos y los humanos sin olvidar el tiempo de ejecución, una respuesta rápida a ello es recurrir al sistema tradicional y otro es buscar la respuesta en esos

nuevos sistemas utilizados fuera del territorio nacional. Este aspecto que ha sido tomado en cuenta por algunas constructoras en México, así se encontró entre varios el sistema de moldes Gang Form , sistema que al parecer ha mejorado la eficiencia en la edificación vertical en cuanto a costo, tiempo y procedimiento, sin olvidar que el nuevo sistema se ajusta a la normatividad correspondiente. (Reglamento de construcciones de la Ciudad de México – TÍTULO SEXTO de la seguridad estructural de las construcciones y normas técnicas complementarias).

Ahora con dos sistemas constructivos, surge la pregunta ¿porque no investigar y realizar una comparativa de ambos sistemas? Con el objeto de encontrar aspectos convergentes y divergentes, ventajas y desventajas respecto a costo, tiempo y procedimiento, como producto de su aplicación.

Para dar respuesta a lo anterior surge este trabajo, que través de información documental permite dar respuesta a la interrogante planteada. Aquí se Presenta el caso del sistema Gang Form aplicado en edificios habitacionales construidos en el estado de México y otro caso donde utilizando como modelo la planta arquitectónica del sistema Gang Form para igualar las condiciones de diseño, se aplique el sistema tradicional y permita realizar la comparativa entre ambos sistemas.

Cabe mencionar que los sistemas de moldes ya se han utilizado en nuestro país pero solo para la construcción de vivienda de uno a tres niveles (sistema Mecano, sistema Cemex, etc.). Quedando un vacío de aplicación a edificios de más niveles, vacío que aparentemente llena el sistema Gang Form que pretende ser analizado es este documento.

Así mismo queda inmerso en el desarrollo de esta tesis el apartado referente a la cimentación, y su liga con la estructura, consideración importante dentro del sistema constructivo y no queda fuera en capítulo aparte el correspondiente a los proceso de supervisión y control de obra en inmuebles del tipo habitacional y comercial, no sin olvidar las conclusiones con los resultados de la comparativa entre ambos sistemas.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1 Planteamiento de problema**

Continuamente, los constructores están buscando como mejorar los sistemas constructivos que se utilizan en la construcción de edificios de varios niveles. En esta búsqueda, se encontró e importó un novedoso sistema de moldes, cuyas características compiten con el sistema tradicional. Sin embargo, ¿cuáles son las diferencias de los procesos constructivos que le dan ventaja a un sistema sobre el otro?

## **1.2 Justificación**

Una de las necesidades actuales más apremiantes, que tiene todo constructor de vivienda vertical de varios niveles, es contar con información actualizada sobre nuevas propuestas constructivas. Esta información no solo muestra las ventajas de los principales sistemas constructivos, sino que señala cuáles son los más utilizados en México. Además, esta información revela, en forma sistemática y ordenada, el proceso constructivo y estructural entre otros aspectos.

Entre los sistemas constructivos de varios niveles existentes, hay dos que destacan: el tradicional y el de moldes. El sistema tradicional es conocido, porque basa su construcción en el uso de marcos rígidos; mientras que, en el sistema de moldes se utilizan colados integrales. Este último es de origen coreano.

Independientemente del cálculo estructural para ambos sistemas, el sistema tradicional está formado por marcos, cuyos elementos estructurales consisten en vigas y columnas conectadas a través de

nudos. Tanto las vigas como las columnas forman marcos resistentes en dos direcciones: verticales (columnas) y horizontales (vigas). Los muros divisorios son independientes a los marcos.

El bajo grado de industrialización es una desventaja del sistema tradicional. Por lo que, toma como factor fundamental la mano de obra, los muros en mampostería y la formación de los marcos.

El sistema de moldes Gang Form consiste, básicamente, en colar de manera integral muros exteriores e interiores (divisorios), así como las losas con concreto (esto ya es una ventaja). De tal manera que, los diferentes elementos constructivos quedan sólidamente enlazados. Otra ventaja del sistema Gang Form es la cimbra o molde que se desliza de manera vertical para el perímetro de los muros exteriores. El módulo de construcción abarca tres niveles, un nivel es la cimbra exterior y hacia abajo se tienen dos andamios para los muros inferiores con lo que se pueden ir detallando los dos niveles por debajo del molde que se está habilitando, armando y después colando lo que permite velocidad de construcción en el caso de edificios de varios niveles. En cuanto a las instalaciones se refiere, estas quedan ya integradas al colado. Por lo anterior mi interés por desarrollar el estudio comparativo de dos de los sistemas constructivos utilizados en el campo de la construcción de edificios de varios niveles.

Es indispensable la capacitación que debe tener el personal para poder ejecutar cualquiera de los sistemas constructivos, sobre todo aquel que resulta novedoso para que en el manejo de los componentes que lo integran se haga de tal manera que no existan riesgos de accidentes, de calidad, de tiempo y de dinero. Aunado a lo anterior y con antelación se debe tener el proyecto ejecutivo de obra (conjunto de planos, memorias descriptivas, y de cálculo, catálogo de conceptos, normas y especificaciones que contiene la información y definen los aspectos para

la construcción de una obra o instalación), todo concluido antes de iniciar las actividades de la construcción para que los ejecutores lo analicen y estudien y acudan al sitio de la obra para referenciarlo al terreno y en su caso hacer anotaciones que den claridad a la interpretación del mismo.

### **1.3 Objetivo General**

Comparar los procesos constructivos tradicionales y de moldes (Gang Form) y el tiempo de ejecución en la construcción de edificios de departamentos, para identificar los conceptos que dan ventaja a uno sobre el otro.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Llevar a cabo la revisión del proceso constructivo, el costo y el tiempo de ejecución, así como el control de obra a partir de los reglamentos y manuales para las buenas prácticas en la edificación y concluirla con una tabla resumen.

### **1.5 Metodología**

- Se revisará la normatividad en materia de seguridad como son las leyes, reglamentos y otros que apliquen, en relación a la edificación de edificios de departamentos con cualquier sistema constructivo, para contar con la base de datos de soporte técnico de sus procesos.
- Se realizará una selección y un análisis de las características generales de los edificios de departamentos construidos con el sistema tradicional y de moldes (Gang Form) en la zona centro del país.
- Se identificarán las particularidades de cada uno y se seleccionarán los que se tomarán para el estudio comparativo.

- Se realizarán las revisiones de los manuales, obteniendo los conceptos y parámetros de la verificación y el control de obra.
- Finalmente se integrará al cuadro comparativo con los resultados y conclusiones.

### **1.6 Marco de Referencia**

Los sistemas constructivos que se van a comparar en el presente estudio son dos: el sistema tradicional y el sistema de moldes Gang Form. Se describen a continuación sus principales características, estructurales y mecánicas así como aspectos generales. Los sistemas están referidos a edificios cuya construcción es de varios niveles, más allá de diez niveles, por motivo de rentabilidad.

El sistema tradicional basa su construcción en el uso de marcos rígidos o pórticos, cuyos elementos estructurales consisten en vigas y columnas conectadas a través de nudos o nodos; imágenes 1.2 y 3



IMÁGENES 1 Y 2

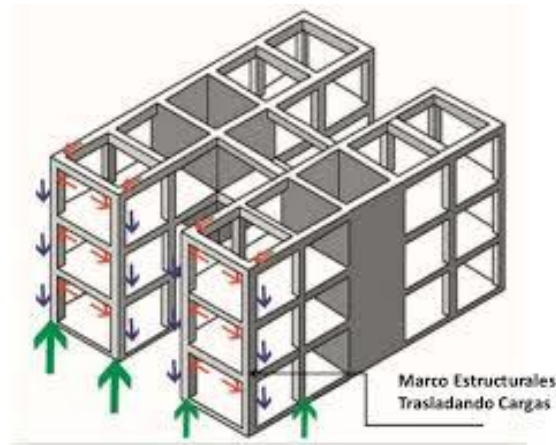


IMAGEN 3

. Los muros son independientes a los pórticos. Existe todavía un bajo grado de industrialización de este sistema. En él se toma como factor fundamental la mano de obra, los muros en mampostería y la formación de los pórticos. Últimamente, se están utilizando algunos elementos prefabricados incorporados al sistema tradicional como son los paneles para fachada.

En el campo de la aplicación de los sistemas constructivos tradicional y de moldes, es difícil hablar de autores que están a favor y en contra de cada sistema. Son las circunstancias de cada constructor el que determina cuál aplicar, ya que dependen de la economía de cada empresa, de la maquinaria y equipo que tengan, del personal de base capacitado en sus plantillas. Estos son algunos de los aspectos que se consideran en el momento de la construcción.

En la bibliografía existe sobre los sistemas constructivos, se mencionan, en el sistema tradicional, los materiales que se utilizan en la construcción de los marcos o pórticos. Entre los materiales están el concreto, el acero o la combinación de ambos. En el caso del concreto armado, está el libro *Diseño y cálculo de estructuras de concreto reforzado* de Pérez A. V. (1993). Pérez da un panorama amplio con

ejemplos del cálculo y diseño de edificios, utilizando el material antes mencionado.

El sistema de moldes Gang Form consiste, básicamente, en colar de manera integral muros exteriores e interiores, así como las losas, el sistema estructural es igual al del sistema tradicional a base de columnas y trabes, en referencia a las losas cambian los espesores en el gang form son un poco mayores que en el sistema tradicional; respecto a los muros en el sistema tradicional generalmente son de mampostería y en el de moldes son de concreto armado. La cimbra en este sistema de moldes es deslizante de manera vertical para los muros exteriores.

El módulo de construcción para el sistema gang form sirve para un proceso continuo efectivo de tres niveles, lo que permite velocidad de construcción en el caso de edificios de varios niveles este es el caso que sirve de base de comparación en el presente trabajo. Así mismo las instalaciones quedan inmersas en los muros y las losas de manera integral y por lo tanto una vez colocadas el colado es monolítico. Todo el sistema trabajado simultáneamente permite ahorro de tiempo en la edificación.

En el caso del sistema de moldes para la construcción de edificios verticales de varios niveles, se está utilizando el sistema coreano Gang Form *sistema de moldes (catálogo de la empresa LS FORMWORK CO., LTD)*. Este sistema es innovador y fue traído a México por la empresa QUMA de Hidalgo, S.A. de C.V. En el catálogo sobre el sistema Gang Form está especificado y graficado el uso de los moldes para edificios de varios niveles. Del mismo sistema de moldes se rescata del trabajo de la memoria de experiencia profesional *Construcción de multifamiliares de 16 niveles con el sistema Gang Form (Zambrano, R., 2014)*. Con gran éxito en el Estado de México (Huixquilucan).

## **Fichas técnicas del sistema Gang Form**

**PANEL MURO**



Se utiliza para establecer un muro de hormigón

tamaño básico :  
600(W) X 2300 / 2450(H)  
Panel Muro :  
500(W) X 2300 / 2450(H)  
Panel Muro :  
450(W) X 2300 / 2450(H)  
Panel Muro :  
400(W) X 2300 / 2450(H)  
Panel Muro :  
300(W) X 2300 / 2450(H)

**PANEL DE LOSA**



Mantiene el peso del hormigón mientras que los trabajos de vertido y fundición son realizados para formar la losa

tamaño básico :  
600(W) X 1200(H)  
450(W) X 1200(H)

**ESQUINERO**



Conecta dos paneles y cubre el espacio de borde festoneado donde los dos paneles se encuentran.

tamaño básico :  
(100+100) X 2300  
(100+100) X 2450

**PANEL MURO CIERRE**



Cubre ambos bordes de los dos paneles que se encuentran enfrentados entre si.

tamaño básico :  
200 X 2300  
200 X 2450

**FINAL LOSA**



Conectado con un cabezal de puntal y una esquina de la losa, sostiene los paneles de losa.

Sin Tamaño típico

**PANEL VIGA**



Conecta un panel de muro y un panel de muro de cierre.

Sin Tamaño típico

**PLAFÓN DE LOSA(SOFITO)**



Conectando con un panel de pared final un panel de viga y un panel de pared, que se utiliza para constituir una puerta o una ventana.

Sin Tamaño típico

**BALANCÍN (EJE)**



Conectado a la parte inferior de un panel de muro, por lo general 50mm de longitud permitiendo ajustarlo en 5mm.

Sin Tamaño típico


**PANEL DE MURO CIERRE**



Sostiene el peso del hormigón durante el vertido y el trabajo de fundición

Sin Tamaño típico

**VIGA MEDIA**



Conectado entre dos cabezales de puntales, sostiene los paneles de la losa para formar el techo.

tamaño básico : 150 x 1050

**CABEZAL**



Situado entre dos vigas intermedias o una viga media y un larguero es un componente principal que sostiene las vigas y da soporte para verter hormigón

(150+300)X125

**BARRA DE UNIÓN**



Une el cabezal de puntal y una viga media, o una viga final.

Sin Tamaño típico

**VIGA LOSA**



Une un panel de muro con un panel de losa.

Sin Tamaño típico

**ESQUINA DE LOSA INTERIOR**



Conecta un panel de pared y un panel de losa interna.

Sin Tamaño típico

**ESQUINA DE LOSA EXTERIOR**

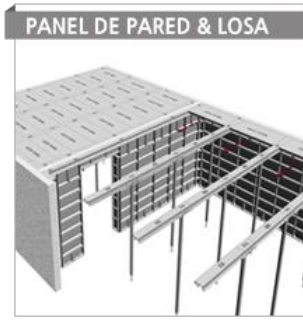
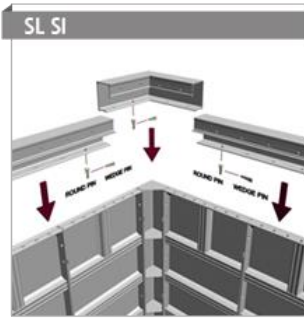


Conecta un panel de pared y un panel de losa externa.

Sin Tamaño típico

con varias líneas de producción, somos la única empresa que puede cumplir con las condiciones de entrega de los clientes.





### FÁCIL

Es como un juguete de auto-ensamblaje. Incluso si usted es sólo un principiante, podrá hacerlo sin ningún problema.



### CONVENIENTE

Todo lo que necesita tener es un martillo. Una vez que usted lo consiga, puede empezar a construir!



### RAPIDO

Por su simple montaje, usted puede reducir sus horas de trabajo en un 20% en comparación con el modo tradicional como el Euro-Form.

## **1.7. Normatividad**

### **1.7.1-Descripción**

Norma es un término que proviene del latín y significa “escuadra”. Una norma es una regla que debe ser respetada y que permite ajustar ciertas conductas o actividades. En el ámbito del derecho una norma es un precepto jurídico.

En toda generación de un proyecto para obra y durante la construcción de la misma se deben encuadrar todos los elementos dentro de la normatividad, aspecto importante del que todo arquitecto o ingeniero debe conocer, comprender y aplicar sobre todo con respecto a los aspectos relativos a clasificación, formato y contenido, control de calidad, estándares de diseño y obra tanto nacionales como internacionales.

En efecto, lo primero se refiere al Proceso de regular las actividades de los sectores tanto privado como público, estableciendo atributos, terminología, directrices, especificaciones, características y métodos de prueba aplicables a un producto, proceso o servicio. A continuación se trata de las características y propiedades de los materiales; las normas nacionales, internacionales, los organismos de normalización; los artículos pertinentes en el Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México(2004) que ilustran la importancia de las normas de los materiales de construcción, cuando solicita que el Director Responsable de Obra (DRO) y los corresponsables se aseguren de que la resistencia, calidad y características de los materiales sean las señaladas en las especificaciones de diseño, en los planos constructivos que están registrados, los que a su vez deberán satisfacer las Normas Técnicas Complementarias, las normas de calidad establecidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi); por último, los alcances del proyecto ejecutivo, destacando el listado de Planos, los documentos preliminares y descriptivos, los planos constructivos, los

complementarios, la información que se indica, los mensajes gráficos, las claves y escalas universales, entre otros

### **1.7.2 Normas y reglamentos**

Las normas, las leyes, los reglamentos entre otros, son aspectos fundamentales a considerar dentro del desarrollo de cualquier proyecto, construcción, supervisión y administración de obra. En el caso de la edificación se participa de:

- **El reglamento de construcciones para la Ciudad de México** que tiene como base el reglamento de construcciones para el distrito federal del 2004, este documento es similar para cualquier estado o municipio de la república mexicana. El reglamento está vigente en cuanto al tema del presente estudio, ya que en la gaceta oficial de la ciudad de México del 17 de junio de 2016, aparece un decreto en donde se reforman y adicionan diversas disposiciones del reglamento mencionado, aspectos que no afectan el contenido del presente trabajo.
- En reglamento de construcciones se menciona la necesidad de contar con directores responsables y corresponsables de obra.
- Presentar documentos para obtener licencia de construcción como el proyecto arquitectónico, el proyecto estructural entre los más importantes los cuales deben de cubrir otros aspectos del propio reglamento emanados del título quinto (capítulos I al VI) en referencia a los requerimientos para **proyectos arquitectónicos** (y su correspondiente norma técnica complementaria) dependiendo del género de los edificios.
- También es importante es el título sexto de la seguridad estructural de las construcciones (capítulos I al XII y las normas técnicas complementarias de diseño estructural) destacando lo concerniente a la clasificación de los edificios en grupos A Y B. El grupo A quedan entre otras los hospitales, escuelas, edificaciones en cuyo

funcionamiento contengan sustancias tóxicas o explosivas, terminales de transporte en fin aquellas cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana. El grupo B edificaciones para viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles construcciones comerciales e industriales no contenidas en el grupo A,

- El grupo B se subdivide en subgrupos B1 y B2 edificaciones de más de 15 m. de altura integradas en un solo cuerpo de edificio. Destaca también considerar la estructuración eficiente para resistir las acciones que puedan afectar la estructura.
- El título séptimo se refiere a la construcción (EJECUCIÓN) entre lo que se debe tomar en cuenta está la seguridad e higiene en las obras, los materiales y procedimientos de construcción, aspectos importantes genéricos para la supervisión de las obras.

Otras consideraciones normativas lo constituye el ONNCCE:



IMAGEN 4

## **CAPITULO II.- INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO**

### **2.1 La Industrialización de la Construcción**

Simplificar los sistemas constructivos de trabajo ha sido una meta de la Ingeniería es decir cómo aumentar la mecanización de las actividades para avanzar en rapidez en el proceso, beneficiando al costo y disminuyendo el tiempo, sin disminuir la calidad de los trabajos. La industrialización de la construcción debe entenderse como una mejor administración de los trabajos en obra, apoyándose en sistemas constructivos que resulten más eficientes, con ventajas que superen a los ya utilizados.

Es así que el sistema de construcción industrializado, es un esquema de construcción que mediante la adecuada planeación de las tareas y presupuesto, además de una elección de equipos y materiales puede generar elevados rendimientos de obra y optimizar los recursos, sin afectar las condiciones económicas y la generación de empleo<sup>2</sup>.

La industrialización no se refiere a la producción de productos nuevos, sino a la producción de cualquier producto con materiales disponibles de una forma tecnificada.

<sup>2</sup> (Urdaneta 2005)

## **Con la industrialización se busca:**

- **En obra**
  - Velocidad de trabajo
  - Exactitud en tiempos de construcción
  - Eficiencia en controles de obra
  - Precisión dimensional
  - Terminados perfectos
  
- **Planeación y Organización**
  - Planeación financiera
  - Coordinación de actividades
  
- **Costos**
  - Presupuestos más precisos
  - Control de materiales, 100% optimización
  - Mano de obra no especializada
  - Anular los tiempos muertos

La industrialización además permite aumento de la productividad, disminución de costos, da mayor rapidez de ejecución

¿Cómo se logra?

- Aumentando el nivel de mecanización en obra.
  
- Usando el sistema de prefabricación en planta o a pie de obra o alternativamente otros sistemas como los de moldes (meccano, Gang Form Moldes deslizantes, trepadores, Cimbramex) sistema panel w o similar. Se presume que los sistemas de moldes se adaptan mejor a los constructores o desarrolladores de vivienda de nuestro país, tanto para vivienda horizontal o multifamiliar algunos, incrementando el número de niveles a más de diez, utilizando los nuevos sistemas constructivos.

Cabe mencionar, que la industrialización de la construcción, no debe confundirse el tema con la llamada Industria de la Construcción que más bien se refiere al conglomerado de sectores participantes en la elaboración de materias primas como el cemento y los agregados, productos intermedios y terminados.

### **La edificación en México**

En este apartado se muestra la tendencia de la edificación para un país como el nuestro en donde la tendencia es crecer y fortalecerse en vías de sentar las bases de un desarrollo sostenido sin marcha atrás. Las ciudades se planifican intentando aprovechar el suelo que cada día cuesta más, los sitios para el equipamiento urbano y la vivienda se van escaseando en base a la infraestructura construida y los servicios.

Los retos de la construcción de edificios en México se iniciaron con mayor énfasis a partir de los años cincuenta en nuestro territorio con una visión de modernidad al incorporar en la capital de la república construcciones con mayor más altura. Los edificios han sido tanto de uso corporativo como habitacional, en donde los sistemas constructivos también evolucionaron dando paso en las estructuras al uso de marcos o entramados, sistema estructural que en este estudio se le da el nombre de sistema tradicional sustituyendo a los muros de carga.

La modernidad seguía siendo participe de la sociedad a través de sus edificios. Prueba de ello fue el reto de construir un rascacielos de proporciones nunca antes hechas en el mundo, generando así un ícono de la época y de la ciudad: la Torre Latinoamericana. Este icónico rascacielos construido para albergar a la compañía La Latinoamericana Seguras S.A. estuvo a cargo de los arquitectos Augusto H. Álvarez y Alfonso González Paullada; la construcción se inició en febrero de 1948.

La Torre Latinoamericana fue inaugurada como el primer y más grande edificio en el mundo con fachada de vidrio y aluminio, además de ser el primer rascacielos construido en una zona de alto riesgo sísmico. La estructura fue finalizada a principios de 1956 y obtuvo el prestigio máximo tras resistir los fuertes sismos de 1957, luego el de 1985 gracias a su estructura de acero<sup>1</sup>. (Sistema tradicional).

La clasificación de los edificios en función al número de niveles es relativa, sin embargo, algunos ingenieros consideran la siguiente:

Edificios Bajos - de 1 a 5 niveles

Edificios Medianos - de 6 a 10 niveles

Edificios Altos - de 11 niveles en adelante



IMAGEN 5-Torre Latinoamericana (1948-1956) Mitad de siglo, modernidad casi completa

## **2.2 Estructura y papel económico del sector de la construcción**

En este aspecto tiene relevancia la industria de la construcción como un elemento de soporte y apoyo al crecimiento y desarrollo del país, si tomamos en cuenta que aun con el desbalanceo de nuestra economía

tanto el sector público como la iniciativa privada arriesgan sus capitales en pos de crecer la economía y la de la población que requiere hacerse de un patrimonio en este caso en materia de vivienda, siguen adelante con la inversión sabiendo que no hay otro camino que incrementar la infraestructura para mantener la economía con rumbo hacia el progreso. En este sentido, se presenta una panorámica con datos que resaltan lo mencionado en el presente párrafo.

En México, la industria de la construcción y su comportamiento representan un indicador de las condiciones económicas del país. Requiere de una multiplicidad de especialidades, a su vez da empleo a gran cantidad de personas e interactúa con un vasto número de industrias manufactureras, proporcionando elementos básicos que benefician a la sociedad. Es con base a su clasificación que se divide en tres grandes bloques o subsectores:

- **Edificación:** Se refiere a la construcción de inmuebles residenciales y no residenciales; por ejemplo, vivienda unifamiliar o multifamiliar, naves y plantas industriales, y edificios comerciales.
- **Ingeniería civil u obra pesada:** Corresponde a la construcción de obras de infraestructura y urbanización como carreteras y puentes.
- **Servicios especializados:** Aquellos trabajos de instalación y equipamiento de construcciones, acabados e instalación de estructuras, ya sean cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas, acabados en edificaciones, demolición, movimiento de tierra, excavación, drenado, relleno de suelo, entre otros.

En 2011, la construcción aportó el 6.5% del Producto Nacional Bruto (PNB) con una inversión total de 1 904 102 millones de pesos, en 2012 aportó 5.9% del PNB a una inversión total de 2 076 203 millones de

pesos, mientras que para 2013 se observó un crecimiento de entre 3% y 4%



GRÁFICA 1 Índice de infraestructura de México.

Fuente: Regiomontana de Construcción y Servicios (Recsa) 2013.

En este contexto, las labores de ingeniería de la industria de la construcción en México han sido responsables de la planeación, diseño y desarrollo de la infraestructura del país, ya sea con la edificación de puentes, carreteras, puertos, vías férreas, plantas generadoras de energía eléctrica, presas, hospitales, escuelas, viviendas, entre otros, o generando beneficios a 66 ramas de actividad económica a nivel nacional (Figura 2), convirtiendo al sector en uno de los principales motores de nuestra economía gracias a que utiliza insumos provenientes de otras industrias como el acero, cemento, arena, madera, etcétera.

El sector de la construcción impacta a diversos sectores por la derrama económica que les genera y la infraestructura que desarrolla, por ejemplo, si nos referimos a la construcción de viviendas que forma parte de la infraestructura básica, existen a la fecha 28 millones de desarrollos habitacionales en todo el país; tomando en cuenta que el 55.9% están edificadas en piso de concreto, 37.3% en madera, mosaico u otro material

y un 6.2% en piso de tierra. El 98% de las viviendas cuentan con sistema de electricidad, 90.3% tiene a su disposición los servicios de drenaje y alcantarillado, mientras que el 88.2% cuenta con agua entubada. Por lo tanto, al consumir materias primas y derivados que competen a otros sectores para la construcción de una obra, arroja por consecuencia, una derrama económica a los mismos.

Y qué decir de la puesta en marcha de estacionamientos públicos, supermercados, disponibilidad de energía eléctrica, escuelas, hospitales, banquetas, servicios de drenaje, agua potable y saneamiento. Por cada peso invertido en la industria de la construcción, 43 centavos se destinan a 66 ramas productivas de las 79 existentes en el país (IMAGEN 6).



IMAGEN 6-Ramas de la industria de la construcción. (CMIC)

### 2.3 Panorama 2013

Bajo este panorama, los pronósticos de crecimiento del PIB de la construcción estiman un 3.2% al finalizar el 2013; casas financieras como Banamex y Scotiabank sugieren 3.6%, mientras que Invex no se muestra optimista al mostrar un 2.9%.

Las expectativas ahora se vuelcan sobre los diversos programas de financiamiento, los esquemas en materia de infraestructura, sobre todo, en las reformas estructurales de la actual administración federal.

## **2.4 . Generalidades de edificios de departamentos de más de diez Niveles**

### **2.4.1 Proyecto arquitectónico y modelo estructural**

En ámbito de la construcción de edificios es fundamental tener definido el proyecto arquitectónico considerando la normatividad correspondiente de la cual se parte con una visión integral de los diferentes componentes que lo integran y a su vez conformando un todo en si se forma una unidad de diseño. Se continúa de la misma manera en la etapa que corresponde a la ejecución de la obra en donde se deben tener los parámetros suficientes para planear con una visión amplia la buena realización de la edificación.

Al presente estudio le atañe el género habitacional y en específico, el edificio de departamentos de más de diez niveles; se mencionó en el párrafo anterior la importancia de tener el proyecto arquitectónico completo, para este documento solo se aterriza en lo que concierne a la estructura (modelo estructural) en su sistema constructivo y los conceptos inmersos como son las instalaciones entre otros. Mencionar lo correspondiente a lo que debe tomarse en cuenta para la supervisión sobre todo del sistema Gang Form respecto a sus particularidades.

EL diseño arquitectónico se inicia con la investigación o recopilación de datos, un verdadero diálogo que radica en un cruce de información entre cliente y arquitecto o ingeniero, continuando con los bosquejos espaciales que se combinan con el planteamiento de la estructura(establecimiento del modelo estructural o idealización del sistema estructural) y las particularidades de la circulación horizontal y vertical así como de las instalaciones, desde las hidrosanitarias, eléctrica, contra incendio, sonido, elevadores aire acondicionado esto solo por mencionar solo algunas, desde luego se pueden automatizar, todo con el fin de dar el

suficiente confort a los usuarios. No hay que olvidar la normatividad que acompaña al diseño en todos y cada uno de los componentes mencionados. En síntesis esto es la planeación de las actividades del proyecto que a grandes rasgos se ha mencionado.

## **2.5 . Principales sistemas constructivos utilizados en construcción**

2.5.1 Los sistemas constructivos son un conjunto de elementos materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos que son característicos para un tipo de edificación en particular en este aspecto se intenta destacar la parte estructural. Entre estos se encuentran los siguientes:

2.5.1.1 **Construcción tradicional**

2.5.1.2 **A base de paneles estructurales**

2.5.1.3 **De madera**

2.5.1.4 **De módulos prefabricados**

2.5.1.5 **De acero estructural (perfiles laminados)**

2.5.1.6 **Combinado o mixto concreto armado más perfiles laminados**

## **2.6 Particularidades de cada uno de los sistemas**

- **Construcción tradicional:** se entiende por sistema tradicional el que está compuesto por estructuras de muros portantes (tabique, piedra, block, etc.), concreto armado.

Como antecedente en la construcción de edificios con más niveles y dentro del sistema constructivo tradicional y sobre todo en el de moldes se tienen los muros de carga (muros portantes). Fue la primera forma estructural empleada en edificios de varios niveles en la era moderna, Se denomina muro de carga o muro portante a las paredes de una edificación que poseen función estructural; es decir, aquellas que soportan otros elementos estructurales del edificio, como arcos, bóvedas, vigas o viguetas de la cubierta, las losas y traveses transmiten las cargas a los muros y estos a la cimentación,

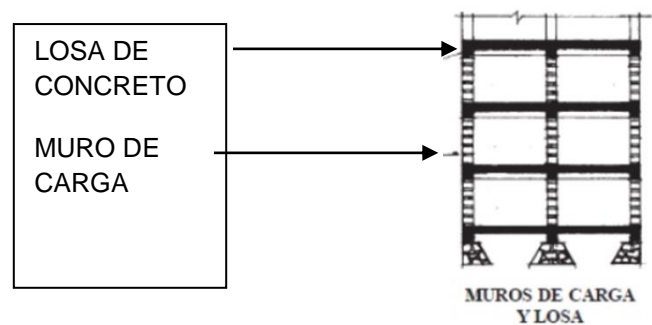


IMAGEN 8

El espesor del muro se halla en relación directa con el peso a soportar y la fatiga de trabajo de sus componentes. Su uso está limitado a edificios de no más de cinco niveles en el caso de utilizar mamposterías aunque existen ejemplos de 15 o más pisos.

Queda dentro de este término de construcción tradicional el sistema conformado por el tipo de estructura llamado marco rígido es decir cuando las juntas son capaces de transferir flexión entre los miembros, el sistema asume un carácter particular. Si

todas las juntas son rígidas, es imposible cargar algunos de los miembros transversalmente sin provocar la flexión de los demás. Está formado por columnas y vigas soportando diversos sistemas de piso. Los muros son divisorios y son construidos de diversos materiales como el tabique, block, de tabla roca o duroc, etc.

Esta forma de estructurar da flexibilidad a los proyectos al poder moldear las formas arquitectónicas tanto en forma horizontal como vertical, los profesionales del diseño estructural las proponen hasta para edificios de mayor altura pudiendo ser hasta 50 pisos, o más.

El sistema constructivo losa, trabe, columna (marco rígido) permite también mayores claros en los espacios y alturas de entrepisos. A este sistema se incorpora la losa plana, la losacero, el uso de perfiles laminados de acero para formar los marcos rígidos a parte del concreto.

Los marcos ayudan a entender el funcionamiento lógico de las cargas y como estas actúan de acuerdo a factores externos como son vientos y sismos.

- **Sistema constructivo de paneles estructurales:**

Dentro de este sistema están los paneles (Covintec, panel w, etc.).

Covintec, es un sistema constructivo formado por una estructura tridimensional de alambre pulido o galvanizado calibre #14 (2,03 mm), electro soldado en cada punto de contacto, compuesto por armaduras verticales denominadas escalerillas o ZIG-ZAG que al ser fijadas por alambre del mismo tipo forman mallas de cada lado con una cuadrícula de 5 cm y al interior de estas armaduras se incorpora un alma compuesta de poliestireno expandido que fungirá como aislamiento térmico y acústico. Se fabrica Covintec para cimientos, contra trabes, Muros, techos y entresijos, se puede construir con el sistema hasta tres niveles. Además existe Covintec para Moldes.

Panel w, es un sistema constructivo simple, basado en paneles estructurales de alambres de acero con un núcleo integrado de espuma plástica (poliestireno o poliuretano), que se recubren en obra con concreto o mortero para obtener edificaciones completas de concreto armado, con sus mismas propiedades de resistencia y duración.
- **Sistema constructivo de madera:** la madera tiene en la actualidad un uso restringido en nuestro país en lo que a edificación se refiere. Las cabañas para los fraccionamientos campestres y en la ciudad para escasas viviendas prefabricadas, quedando este sistema constructivo descartado para edificaciones de mayor altura.

- **Sistema constructivo de módulos prefabricados:**  
El sistema está constituido por elementos fabricados en planta para proyectos específicos, van desde cimentación como zapatas aisladas, columnas paredes, tabletas para piso y techo que en el interior de estos elementos contienen ductos para instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, y conductos para instalaciones del sistema de voz y datos se requiere de transporte espacial para llevar los diferentes elementos al sitio de la edificación, se montan con grúa.

- 
- **Sistema constructivo de base acero estructural (perfiles laminados y compuestos):**

Las Estructuras Metálicas son las que la mayor parte de los elementos o partes que la forman son de metal (más del 80%), A una estructura de este tipo se le puede llamar Estructura de Acero.

En realidad los edificios en estructura metálica son un sistema completo y la estructura es solo un sub sistema, construido con perfiles metálicos para diferente trabajo que se unen en forma de esqueleto, formando marcos y diseñados para resistir las cargas permanentes y temporales en los edificios.

#### **Algunas ventajas arquitectónicas en el diseño con estructuras a base de acero estructural:**

- Trabajar claros mayores entre apoyos
- Plantas libres y más libertad para diseñar.
- Alturas mayores
- Menos carga muerta
- Alternativas de construcción liviana

- Producir edificios completamente modulados
  - Nuevas formas y soluciones plásticas
- 
- **Sistema constructivo combinado o mixto concreto armado más perfiles laminados:** Se definen estructuras mixtas aquellas en que se utiliza miembros de construcción de acero y concreto, incluido el concreto armado, la más común de las aplicaciones de este concepto.

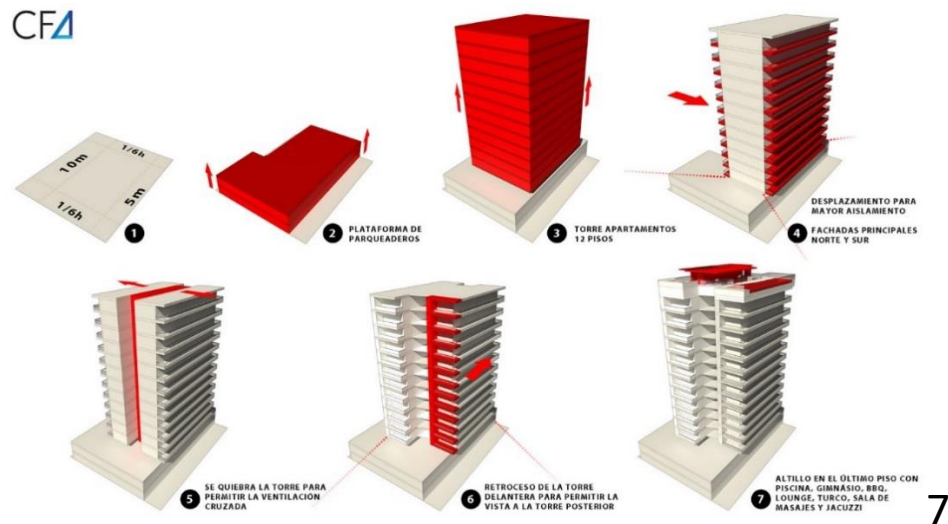
## 2.7 Proyectos donde se puede aplicar el sistema tradicional y el sistema Gang Form.

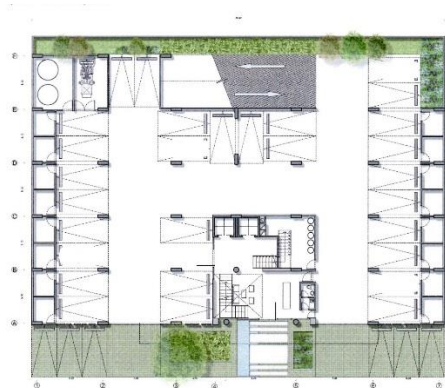
Dos ejemplos de partes de proyectos arquitectónicos de edificios de departamentos se presentan a continuación; con las plantas arquitectónicas ya se puede determinar el sistema estructural y constructivo a utilizar, sistema tradicional con el uso de marcos o con la aplicación del sistema de moldes, que son los elementos fundamentales del estudio comparativo del presente trabajo.

### 2.7.1 Sistema tradicional

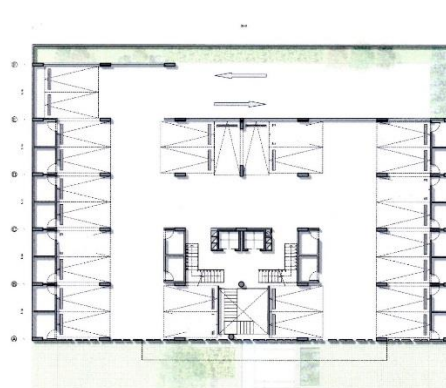
Con la Representación del conjunto de plantas arquitectónicas, fachadas, cortes y perspectivas que conforman los elementos generales de un proyecto arquitectónico. Con ello se puede plantear el esquema de un sistema estructural tradicional bosquejando la geometría estructural.

IMAGENES 7

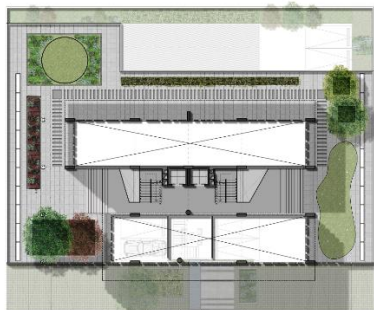




PLANTA PRIMER PISO (ENTRADA - PARQUEADERO)



PLANTA SEGUNDO PISO (PARQUEADERO)



PLANTA SEGUNDO PISO (PLATAFORMA)



PLANTA APARTAMENTOS (TIPO B - PISOS 4, 6, 8, 10 Y 12)



PLANTA APARTAMENTOS (TIPO A - PISOS 5, 7, 9, 11 Y 13)



PLANTA ALTILLO (PISCINA, JACUZZI, GIMNASIO, TURCO, LOUNGE Y BBQ)





7

## Ventajas del sistema

- Transmisión de cargas verticales por fuerzas esencialmente axiales y la
- Gran rigidez ante cargas laterales que se logra por la alta densidad de muros en ambas direcciones.
- Cuando se comienza a utilizar el acero con fines estructurales en los edificios, se llegaron a obtener espacios libres interiores de dimensiones apreciables y con posibilidades de adaptarlos a diferentes usos, lo que proporcionó el inicio de la construcción de los edificios realmente altos.

### **Otras ventajas de usar marcos rígidos:**

Interior libre o espacio universal

Flexibilidad en el aprovechamiento del espacio interior

Rápida construcción

Diseño flexible incomparable

Menor costo

Variedad de columnas

Mínima pendiente de la cubierta

## 2.7.2 Sistema gang form



IMAGEN 8

En un sistema de moldes en el proceso del desarrollo del proyecto arquitectónico prácticamente se involucra toda la estructura de una sola vez. Puede ser levantado paso a paso desde el suelo hasta la parte superior y sobre la marcha se incluyen escaleras, plataformas de trabajo, puerta de trabajo y así sucesivamente. Esta forma del sistema ayuda a reducir el tiempo de la ejecución y a mejorar la calidad del mismo mediante la eliminación de los problemas que pueden surgir cuando se utiliza la forma o sistema tradicional. Se observa en el esquema una planta arquitectónica punto de partida para establecer el sistema constructivo referido.

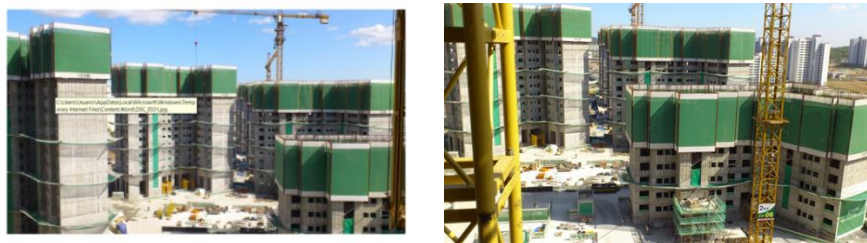


IMAGEN 9-Conjunto de edificios, empresa Daewoo E&C.,  
Seúl Corea del Sur

Los factores para seleccionar un sistema estructural además de la geometría estructural son el tipo y magnitud de las cargas a que estará sometida la estructura y las características del edificio o uso del edificio sin escapar el material de la estructura.

Una vez definido este sistema constructivo como el adecuado para edificar el proyecto arquitectónico seleccionado y terminada la cimentación. Se procede a levantar los muros, colocando el acero ya calculado para los mismos, dejando colocados los ductos de las instalaciones correspondientes.

### **2.7.3 Desarrollo del sistema constructivo Gang Form**

El sistema Gang Form, es patentado en Corea de Sur, por las empresas ALUFORMS Y LS FORMS. Es de gran utilidad y practicidad para edificaciones verticales, por su sistema deslizante y trepante su método de construcción es a base de concreto armado.

### **2.7.4 Componentes del sistema:**

El molde Gang supone que piezas de gran tamaño son usadas en la estructura de la fachada desde abajo hasta arriba, instalando andamios de jaula para el montaje y desmontaje del molde del muro externo, enluciendo y decorando como un sistema integrado. El molde Gang, permite levantar con excelente calidad y repetitividad acabados decorativos especiales en las fachadas de los edificios, no importando la altura de estos, ayudando enormemente a obtener velocidad en la ejecución, debido a que no necesita desmontaje sino hasta la finalización de la obra.



**IMÁGENES 10** Vistas generales de la aplicación y resultados del sistema GF

Es debido a que los moldes están unidos y conectados con barandas tipo andamios y rieles, que permiten acoplar los paneles decorativos de fachadas a su vez de permitir seguridad en la instalación y desmontaje, reducción de la mano de obra y aumenta la velocidad de ejecución.

Su manipulación es teóricamente sencilla, opera por medios mecánicos para su deslizamiento, en su vertical, está constituida por paneles exteriores en acero y paneles de aluminio para su interior.

- El molde Gang garantiza la precisión vertical y horizontal del armazón, la calidad de las conexiones superiores entre panel y panel lo cual reduce el trabajo dedicado a decoración y mejora el resultado y la calidad de la construcción del armazón, manteniendo el número de trabajadores temporales.
- Como es sencillo y fácil de usar, se puede emplear un gran número de trabajadores no calificados, lo que reduce costos laborales. También se ahorran costos en el proceso de utilizar gravilla por su menor precio gracias al mayor volumen de compra en la elaboración del concreto utilizado sobre todo en el colado de muros.

- El molde de aluminio es un producto reutilizable y respetuoso con el medio ambiente. Minimizando el uso de recursos limitados, tales como tableros de chapa y madera, así como los residuos que generan el tipo de construcción tradicional.

Los paneles están elaborados en acero, lamina para la cara de contacto exterior, con refuerzos horizontales y verticales con perfiles tubulares. IMAGEN 11. Y al interior los paneles son de aluminio IMAGEN 12



11 Paneles de acero al exterior



12 El interior está conformado por paneles de aluminio

### 2.7.5 Inicio y continuidad del proceso constructivo para tres niveles sistema Gang Form.

Una vez terminada la cimentación se inicia la construcción de edificio, procediendo a levantar columnas y muros, colocando el acero ya calculado para los mismos, dejando los ductos de las instalaciones correspondientes.



12



13



IMÁGENES 14

IMÁGENES 12, 13 y 14- Vistas del armado de columnas y muros del sistema gang form.

Los paneles se comienzan a colocar ordenadamente en el sentido de las manecillas del reloj o viceversa, sin saltar alguno, hasta completar las caras IMÁGENES 15 y 16



Imagen 15



IMAGEN 16

Una vez que se coloca el último de los paneles y se cierra las caras exteriores, se nivela y se plomea la cimbra, por medio de equipo como nivel laser apoyados con nivel de mano y plomadas de mano. IMAGEN 17



IMAGEN 17

Se sujetan por medio de espárragos atornillados a las anclas, colocadas predeterminadamente



IMAGEN DE UN ESPARRAGO



IMAGEN Paneles de acero al exterior planta baja

El siguiente paso, es colocar los paneles interiores de aluminio, en primera instancia los verticales (muro) y posteriormente los horizontales (losa) previo al cierre de colocación de acero y ramaleo de instalaciones

IMÁGENES 18 Y 19



18



19 cimbrado con paneles de aluminio



20

Terminado la colocación de aluminio en muro y losa, se realiza el armado de la misma y se procede al colado y después al descimbrado. Imágenes 20, 21 y 22



21



22

El molde se complementa hasta el 3 nivel, ya que se compone de 3 cuerpos, el principal es el de los paneles y los dos restantes se componen de andadores y andamios para trabajar 2 niveles inferiores al del colado.

Imágenes 23 24 y 25



23



24



25

Después del colado y descimbrado el procedimiento se vuelve un ciclo hasta el último nivel. Y se procede al desarmar y bajar el molde por medio de la grúa torre.

La innovación de este proceso, fundamentado en un método estructural mixto, colados monolíticos por medio de una fusión de moldes compatibles fabricados en acero, lamina de acero para el exterior deslizante a base de una grúa torre y aluminio para el interior, para lograr el objetivo de disminuir el tiempo y realizar tres niveles en siete días

Aplicación del sistema Gang Form Imágenes 26 y 27



26



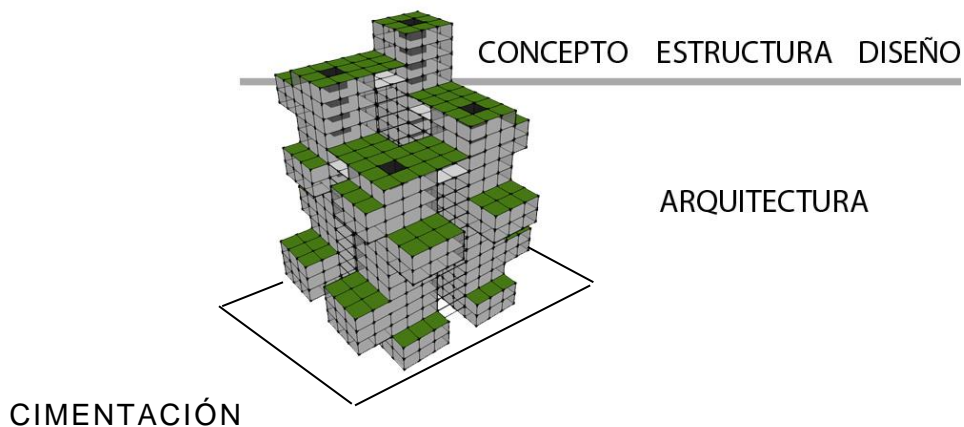
27

# CAPÍTULO III LA ESTRUCTURA Y LA CIMENTACIÓN EN LOS EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS

## 3.1. La estructura

Comprender que en el proyecto arquitectónico y durante la etapa de construcción del mismo, se encuentran unidos varios subsistemas, que desde un inicio se consideran como un conjunto para poder resolver la problemática eficientemente. El espacio-forma, la estructura, las instalaciones, los acabados son un todo integrado es la respuesta final del proyecto.

Con lo que respecta al subsistema estructural, es donde se reconoce se realiza una importante contribución a la concepción creativa de los espacios y de las formas, contribuye a que la unidad sistema estructura-arquitectura se convierta en un contexto de solución de estabilidad espacial. La estructura es una parte esencial para la arquitectura. No olvidando en ese contexto que la parte inferior de la estructura está sujeta al suelo mediante un sistema de cimentación.

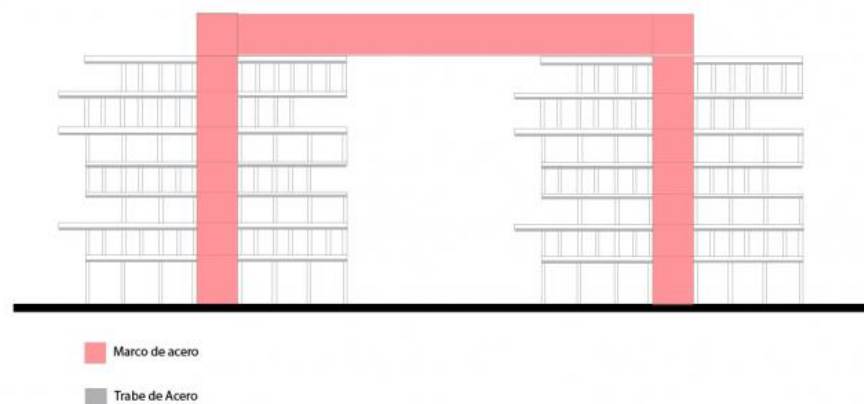


La estructura es un elemento indispensable para cualquier edificación, es el sistema que soporta y canaliza las cargas distribuyéndolas a los diferentes elementos estructurales como son losas, traveses, columnas, muros u otro elemento. Con los avances tecnológicos en materia de

computación prácticamente es posible diseñar sistemas estructurales complejos a lo que se suman los nuevos materiales y el desarrollo de sofisticados equipos para edificar, no sin la previa capacitación del personal y respeto de la normatividad.

Un ejemplo de flexibilidad en la edificación se da cuando se unen las estructuras de concreto y las estructuras de acero, dando al edificio un plus en cuanto a estructura. En esta época de la alta tecnología y de la modernidad los sistemas estructurales dan un giro de 360° en donde solo la imaginación y la creatividad son las limitantes para definir en torno al proyecto arquitectónico la estructura.

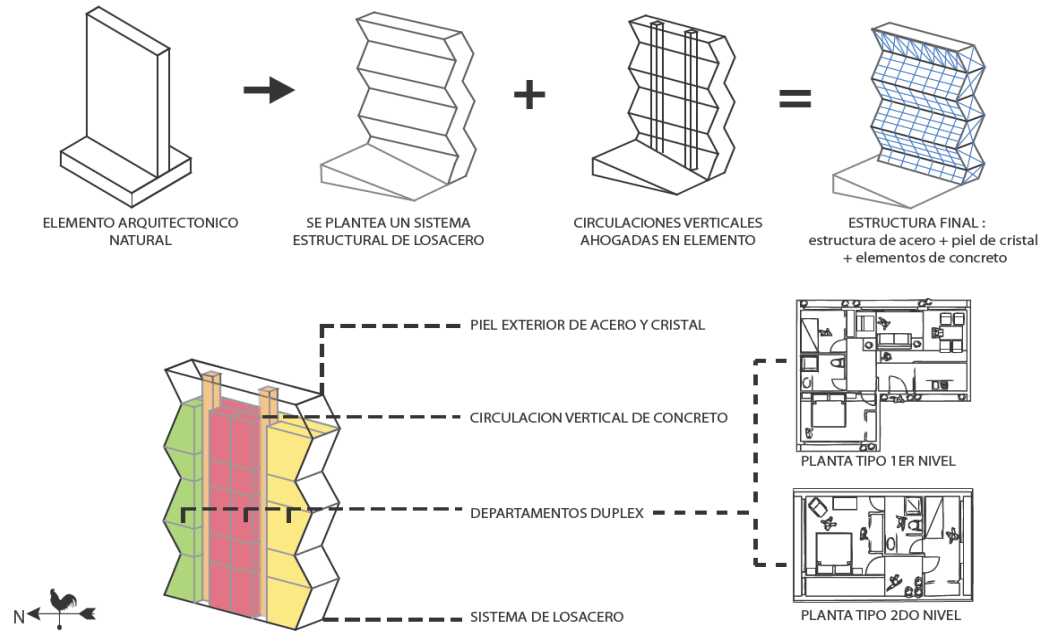
El edificio en esquema que se muestra a continuación es la mezcla de dos estructuras diseñadas por separado para dos construcciones diferentes, sin embargo, se llegó a la conclusión que estas dos se pueden fusionar y hacer de estas una sola. Que trabaja como un marco gigante pero las columnas son ejes centrales de cada edificio.



El conocimiento de los principios estructurales de tensión, compresión y flexión, así como la noción de comportamiento de los diferentes

materiales de construcción cuando se someten a estos, son una necesaria y poderosa herramienta a la hora de desarrollar un sistema estructural.

### La estructura diseña y moldea la obra:



El concepto del proyecto se basa en el sistema denominado tubo en tubo.



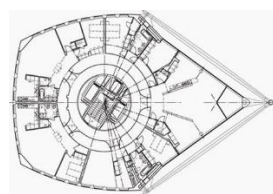
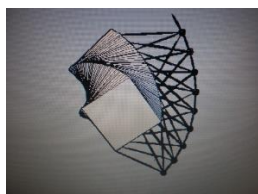
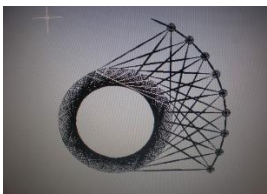
La construcción inició en enero de 1997.

Torre mayor

Otros ejemplo de sistema estructural



Edificio el torso de Santiago calatrava



Arquitectura y Estructura

### 3.2. El análisis y el diseño estructural

El análisis estructural consiste en la determinación de los efectos originados por las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con el objeto de efectuar comprobaciones en sus elementos resistentes.

Para la realización del análisis y diseño estructural, se idealizan tanto la geometría de la estructura como las acciones y las condiciones de apoyo mediante un modelo matemático adecuado. El modelo elegido debe ser capaz siempre de reproducir el comportamiento estructural dominante. Una vez definido el sistema resistente el resto del proceso es una consecuencia.

Resulta difícil modelar la estructura, ya que es aquí donde se trata de definir las dimensiones de los componentes estructurales con una precisión adecuada para garantizar la compatibilidad final de la solución estructural. No hay un solo modelo que permita describir todos los aspectos del funcionamiento de la estructura.

Una vez superada la etapa de análisis de solicitaciones de los sistemas y componentes se puede entrar en el Diseño.

### **3.3 Métodos del diseño estructural**

- Diseño por medio de modelos
- Método de los esfuerzos de trabajo o de esfuerzos permisibles o teoría elástica.
- Método de la resistencia o método de factores de carga y de reducción de resistencia o teoría plástica.
- Métodos basados en el análisis al límite.
- Métodos probabilísticos.

### **3.4 Principios del Diseño estructural**

#### **•Seguridad**

La seguridad se determina controlando las deformaciones excesivas que obligan a que salga de servicio o el rompimiento o separación de alguna de sus partes o de todo el conjunto.

#### **•Funcionalidad**

La estructura debe mantenerse en funcionamiento durante su vida útil para las cargas solicitantes.

- Economía

En la economía se conjuga la creatividad del ingeniero con su conocimiento es decir seleccionando la estructura de forma sistemática para que todas sus partes trabajen de una manera óptima y en armonía con el proyecto arquitectónico.

- Constructibilidad

La Constructibilidad se enfoca como un procedimiento que genera beneficios en el costo, programa de construcción, plazo de ejecución, calidad, seguridad y otros aspectos que influyen considerablemente en un proyecto.

Esta herramienta es uno de los aspectos que más claramente inciden en el control del costo y en el del plazo, porque un proyecto que arroje soluciones no construible o difícilmente construibles provocan un inmediato aumento del costo o del plazo, sino los dos a la vez, sobre los valores previstos. La Constructibilidad, en esencia, debe usarse como una consideración del diseño, para lograr una mayor optimización de recursos humanos y materiales.

- Costo

El costo son los recursos los cuales se ligan con la técnica y el tiempo que están sujetas a este; decir que es Incosteable es más común que decir irrealizable o inalcanzable. (Suarez C. 2005)

- Costo Beneficio

Aunque sea un término financiero se debe observar aplicado a las estructuras en el presente estudio ya que puede ser determinante su aplicación en la comparativa de los sistemas planteados. El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre

los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad.

El análisis de costo-beneficio es el proceso de analizar las decisiones de un negocio. Cuando una decisión está bajo consideración, el costo de una opción es restado del beneficio del mismo. Al realizar un análisis de costo-beneficio la administración puede decir si una inversión vale la pena o no para el negocio.

La pregunta es si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema. Si la solución es más cara, no se debe de implementar. El beneficio neto de la solución es el costo del problema menos el costo de la solución, es decir, no solo se calcula el costo de la solución, sino que es importante también el beneficio neto

- Ingeniería de costos

Es la disciplina que aplica principios y técnicas científicas para resolver problemas de estimación de costos, control de costos, planeación de negocios y servicios de administración.

El alcance de la ingeniería de costos va más allá del campo tradicionalmente considerado, de estimación de costos y su control en el campo, y son muy diferentes de las funciones normales de una contabilidad. En los grandes proyectos, la tarea de detectar y estimar todo aquello que influirá en su costo final, es una tarea demasiado compleja, que abarca a varias disciplinas de la ingeniería, que por lo tanto solo puede ser preparada y seguida hasta su terminación .por alguien con entrenamiento especializado en esta disciplina.

Un ingeniero de costos, no es un “contador”, sino un ingeniero con conocimientos profundos de contabilidad y finanzas. Y su campo de aplicación no es únicamente el área técnica, sino toda el área de la administración.

Otra definición de Ingeniería de costo es “el arte de aplicar conocimientos científicos y empíricos para hacer las conjeturas más realistas y estimar el importe de una construcción, así como de su control durante la obra”

#### •Tiempo

El tiempo, con las nuevas disciplinas de programación y tecnologías constructivas se puede realizar cualquier obra en condiciones de tiempo que antes eran imposibles de considerar.

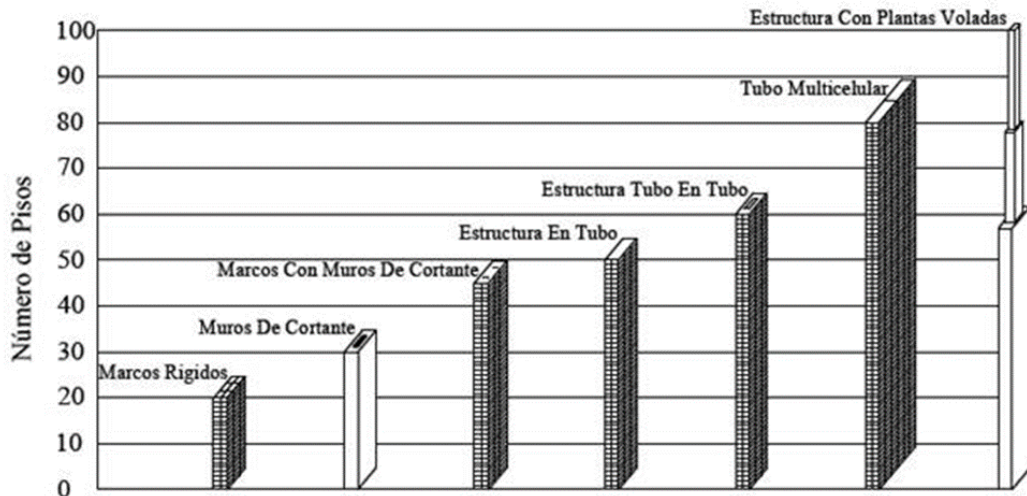
Se pueden tomar conceptos en referencia para mencionar que toda obra requiere una técnica para planearla, un tiempo para construirla y los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Las etapas del diseño estructural se pueden resumir para la edificación en lo siguiente:

- Determinación de la geometría estructural (modelo estructural teórico) a partir de los planos arquitectónicos.
- Determinación y cuantificación de las cargas actuantes en el edificio carga muerta (de acción gravitatoria son todas las cargas de los elementos permanentes de la construcción), carga viva (son aquellas cargas producidas por el uso y ocupación del edificio se consideran las que en el reglamento de construcción están enunciadas) y cargas accidentales (viento, sismo, vibración, impacto entre otras y se consideran de acuerdo al lugar donde esté ubicada la construcción).
- El análisis estructural es el proceso mediante el cual se determina la respuesta de una estructura a cargas o acciones especificadas. Esta respuesta generalmente se mide cuantificando las fuerzas internas y

las deformaciones en toda la estructura. En el análisis estructural se calculan y se obtienen tienen los esfuerzos cortantes, los momentos resistentes y las deformaciones.

- Diseño, en base a los elementos mecánicos del análisis, se proporcionan las dimensiones y armados de los miembros de la estructura.
- Dibujo, con los datos anteriores se dibujan de los planos estructurales.
- Memoria de Cálculo, aquí se realiza una descripción detallada de cómo se calcularon los principales elementos estructurales, considerando los datos como cargas muertas, vivas y accidentales, materiales, método de cálculo resistencia del suelo, especificaciones varias.
- Tomar en cuenta los principios del diseño estructural vistos en párrafos anteriores.



**DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURACIÓN** Los marcos rígidos y los muros de cortante (muros de concreto reforzado) Son recomendables para edificios hasta de 20 pisos.

### **3.5 La cimentación**

En el presente apartado este tema de cimentaciones, únicamente se comenta como complemento de los sistemas constructivos antes expuestos quedando fuera de las consideraciones de la comparativa, por lo que no se amplía ni se profundiza sobre el mismo.

La cimentación es la parte de la infraestructura, que transmite directamente al terreno las cargas de la superestructura y el peso propio de las mismas al terreno. Ancla el edificio al terreno. Además de ayudar a mantener su estabilidad.

Para su cálculo y dimensionado, se precisa conocer el peso total de la obra (terminada y con sobrecargas) y la resistencia del terreno.

La elección del tipo de cimentación dependerá de las características mecánicas del terreno, tales como su cohesión, su ángulo de rozamiento interno, posición del nivel freático y también de la magnitud de las cargas existentes.

#### **3.5.1 Requerimientos de una cimentación**

- Debe situarse de un modo adecuado para impedir los daños producidos por heladas, cambios de volumen, socavaciones, movimientos del nivel freático, daños producidos por futuras construcciones.
- Debe ser estable al volteo, deslizamiento o hundimiento.
- Debe tener una estabilidad de conjunto y un diseño estructural adecuado.
- Deben delimitarse los movimientos y vibraciones para que no se dañen la estructura o las instalaciones.

- Debe en general de ofrecer una seguridad total, para mantener el equilibrio superestructura-cimentación.

### **3.5.2 Tipos de Cimentaciones**

Las cimentaciones según sea la profundidad de la superficie admitida como firme, se pueden clasificar en dos categorías

:

- a) Cimentaciones Superficiales
- b) Cimentaciones Profundas.

- **CIMENTACIONE SUPERFICIALES**

Una cimentación superficial es un elemento estructural cuya sección transversales de dimensiones grandes con respecto a la altura y cuya función es trasladar las cargas de una edificación a profundidades relativamente cortas, menores de 4 m aproximadamente con respecto al nivel de la superficie natural de un terreno o de un sótano.

- **CIMENTACIONE PROFUNDAS**

Cuando la construcción de una cimentación superficial no sea técnicamente viable, se debe contemplar la posibilidad de realizar una cimentación profunda. Pilotes o pilas con sus correspondientes contra trabes y dados.

La cimentación utilizada para la edificación de los edificios de la comparativa es profunda a base de pilas; imágenes-perforado de cepas para pilotes 28, armado e hincado de acero para pilotes 29 y colado de pilotes 30



28



29



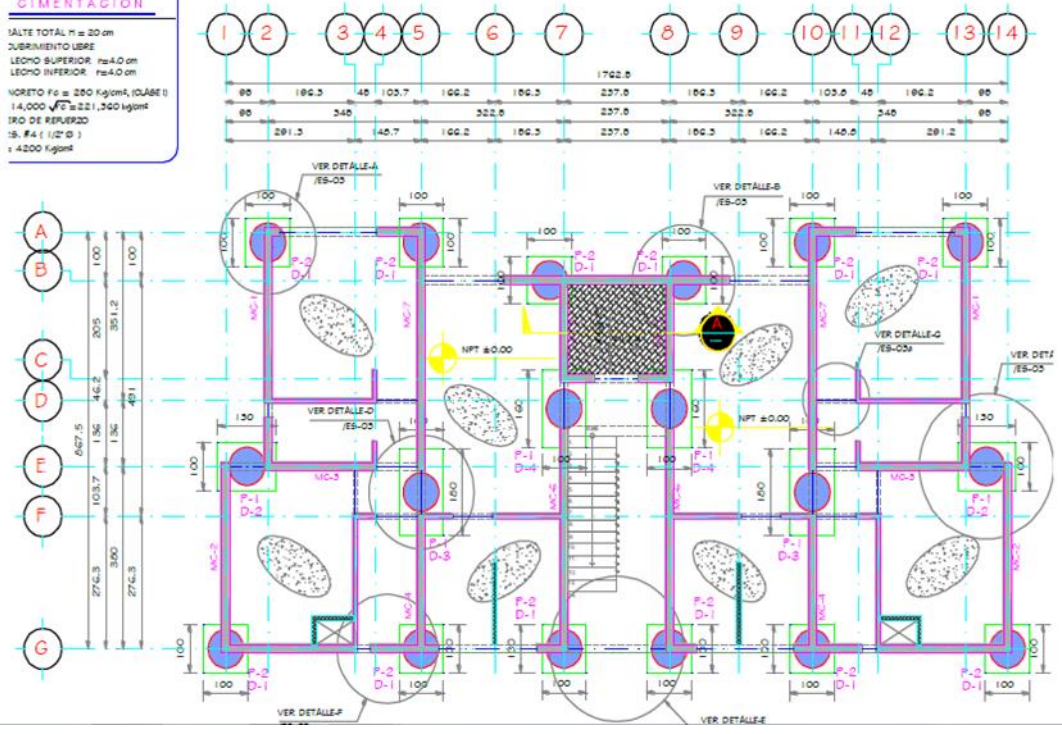
30

**CIMENTACION**

ALTE TOTAL h = 20 cm  
 CUBRIMIENTO LIBRE  
 LECHO SUPERIOR, ra=4.0 cm  
 LECHO INFERIOR, ra=4.0 cm

CRETO  $f_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> (CLASE II)  
 14,000  $\sqrt{f_c} = 221.260$  kg/cm<sup>2</sup>

IRO DE REFUERZO  
 S. #4 ( 1/2" Ø )  
 : 4200 Kg/m<sup>3</sup>



Planta de cimentación referencial para ambos sistemas

## **CAPÍTULO IV. EL COSTO, EL TIEMPO Y PROCEDIMIENTO, DE LOS SISTEMAS TRADICIONAL Y DE MOLDES GANG FORM EN EDIFICIOS DE MAS DE DIEZ NIVELES.**

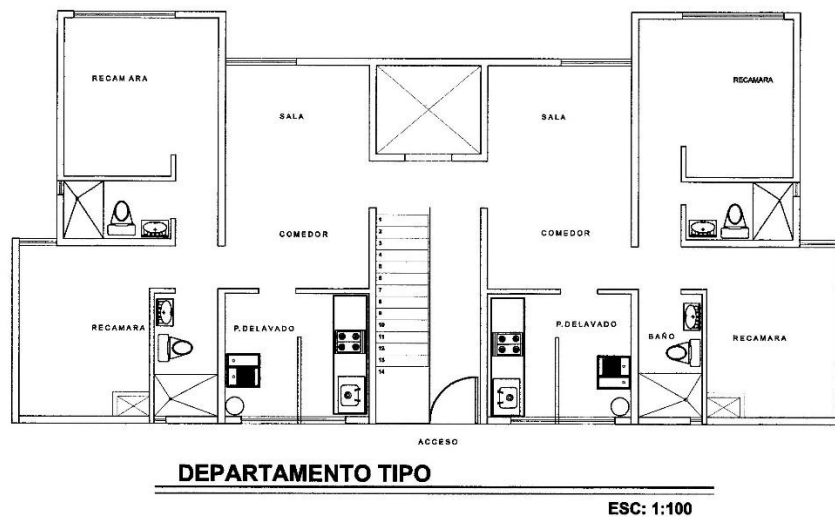
INTRODUCCION: El objeto de este capítulo es cerrar el estudio, considerando elementos de los temas tratados anteriormente en referencia a los sistemas constructivos definidos como *tradicional* y de moldes *Gang Form*.

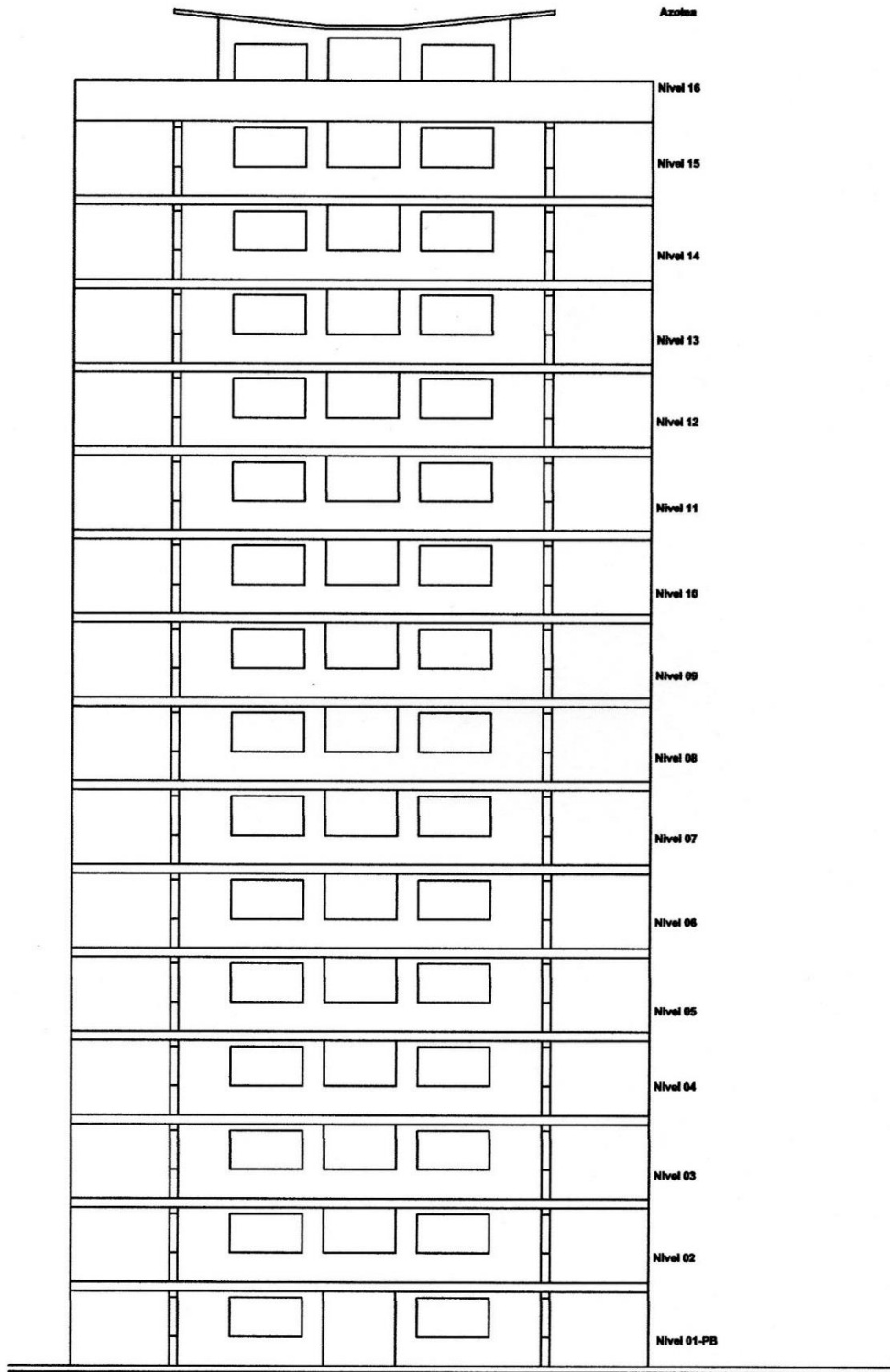
De la Ingeniería de costos, sé toman los aspectos de costo, tiempo y el procedimiento que hace a los sistemas diferentes con lo que se concluirá el presente trabajo.

### **CONSIDERACIONES:**

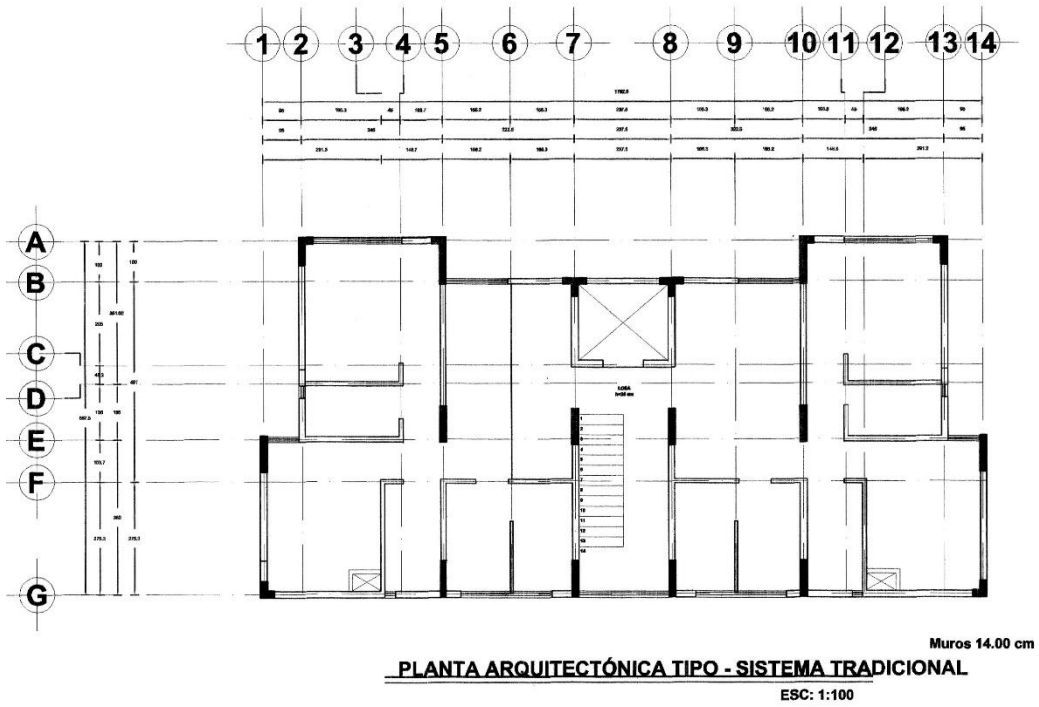
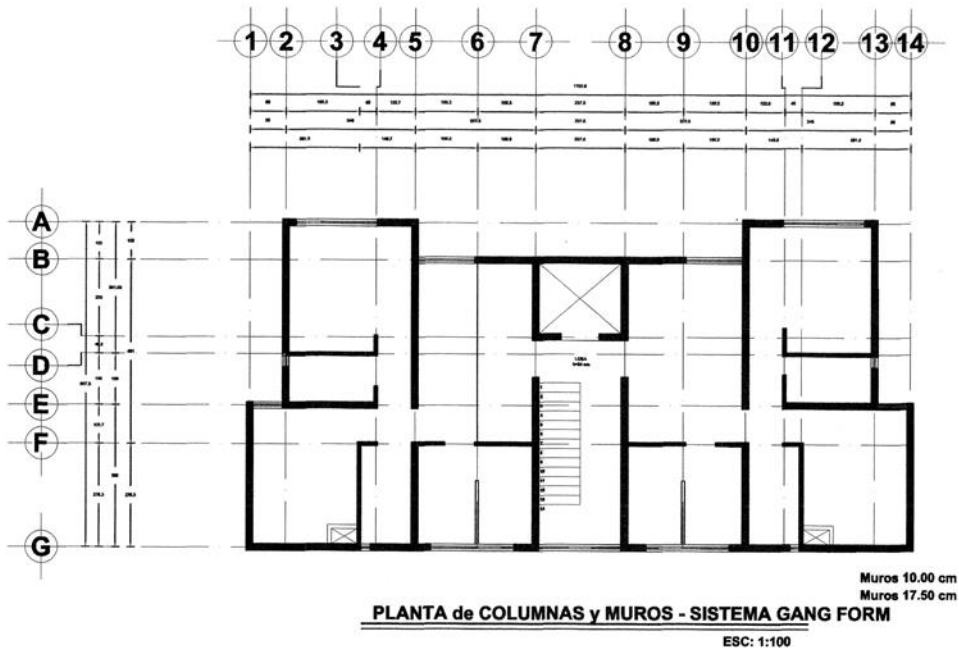
- Respecto al proyecto arquitectónico, se propone una sola planta arquitectónica tipo para ambos sistemas, para igualar las circunstancias en las propuestas de los sistemas constructivos.
- El proyecto arquitectónico se adapta para aplicar los sistemas de la comparativa.
- Los sistemas son el tradicional y el de moldes Gang Form. Siendo los más utilizados para la construcción de vivienda media y económica en la zona centro del país.
- El edificio de 16 niveles del sistema Gang Form solamente se aplica el sistema estructural para los dos sistemas, formado por columnas y traveses y losas y se desarrolla solamente para los rubros de tiempo, costo y procedimiento además se ejemplifica para un solo nivel, ya que es la base de la comparativa, dado el caso de caer en un proceso lineal de ahí en adelante.

- La cimentación se propone sea vea como sistema constructivo para ambos sistemas sin que se considere incluirlo en el análisis de la comparativa.
- Para el costo se propone realizar un ante presupuesto paramétrico, contando con el costo por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), a partir de un edificio expresado en el programa neodata para cinco niveles con las partidas ahí expresadas que se adaptan a ambos sistemas. La adaptación es aumentar el costo por metro cuadrado para los 16 niveles.
- El tiempo de ejecución se toma de acuerdo al dinamismo de cada sistema y la Innovación productiva de cada uno de los procesos. describiendo las particularidades de avance de obra de manera global, tomando indicadores de empresas que los aplican. Se menciona de manera breve lo referente a instalaciones y los acabados.

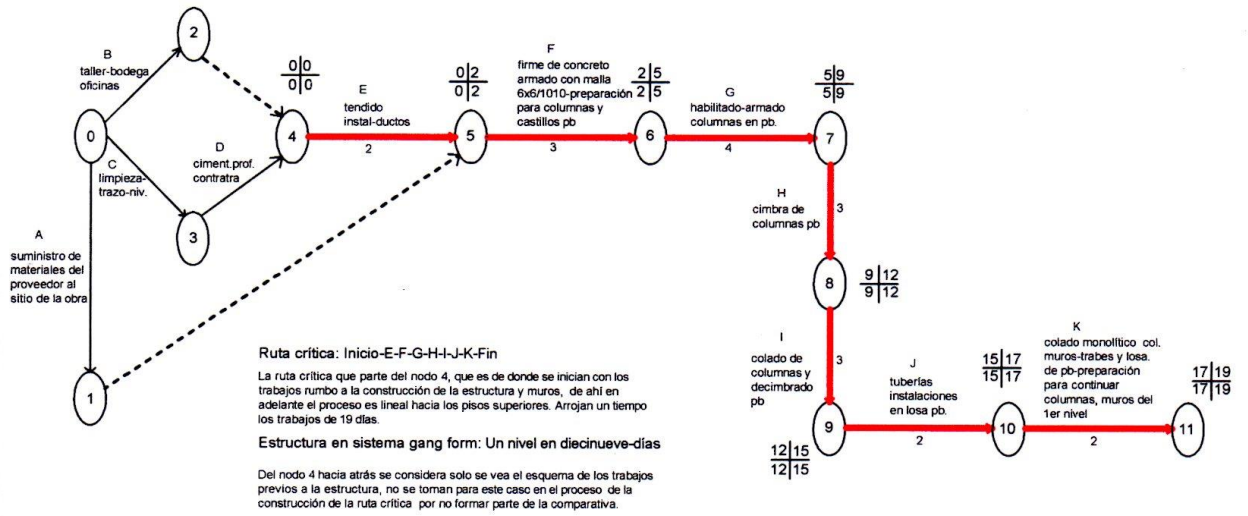




ALZADO 16 NIVELES-AMBOS SISTEMAS







**SISTEMA TRADICIONAL**

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS; 30 DEPTOS DE 59.92 y 1 penthouse de 40M2=

m2				
1837.6	\$948,247.78	\$/DEPTO	\$15,825.23	\$/m2

Edificio departamentos de nivel medio, 16 niveles y estacionamiento en área exterior, elevador para 6 personas

Departamento tipo: sala-comedor, cocina, patio de servicio, 2 baños y dos recámaras. Estructura de concreto

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	\$/M2	%	30		40	
					m2/dep.	\$/DEPTO 59.92 M2	m2/ penth.	\$/DEPTO 40 M2
A01	PRELIMINARES	\$26,172.40	14.24	0.09%	\$853.42		\$569.71	
A02	EXCAVACIONES	\$593,241.03	322.83	2.04%	\$19,344.25		\$12,913.39	
A03	CIMENTACIÓN	\$2,585,251.35	1406.86	8.89%	\$84,299.23		\$56,274.52	
A04	ESTACIONAMIENTO(Área exterior)	\$2,274,090.62	1237.53	7.82%	\$74,152.98		\$49,501.32	
A05	ESTRUCTURA DE CONCRETO	\$3,914,227.58	2130.08	13.46%	\$127,634.15		\$85,203.04	
A06	ALBAÑILERÍA(castillos, muros, etc)	\$3,123,239.54	1699.63	10.74%	\$101,841.81		\$67,985.19	
A07	ACABADOS	\$4,271,917.02	2324.73	14.69%	\$139,297.60		\$92,989.05	
A08	HERRERÍA	\$337,333.13	183.57	1.16%	\$10,999.67		\$7,342.91	
A09	CANCELERÍA	\$1,198,114.24	652.00	4.12%	\$39,067.81		\$26,079.98	
A10	CARPINTERÍA	\$2,823,710.98	1536.63	9.71%	\$92,074.86		\$61,465.19	
A11	MUEBLES DE BAÑO	\$1,442,389.96	784.93	4.96%	\$47,033.09		\$31,397.26	
A12	INST. HIDROSANITARIA	\$1,538,355.42	837.15	5.29%	\$50,162.31		\$33,486.19	
A13	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$2,276,998.66	1239.12	7.83%	\$74,247.80		\$49,564.62	
A14	INSTALACIÓN DE GAS	\$505,999.70	275.36	1.74%	\$16,499.51		\$11,014.36	
A15	JARDINERÍA	\$20,356.31	11.08	0.07%	\$663.77		\$443.11	
A16	LIMPIESA	\$226,827.45	123.44	0.78%	\$7,396.33		\$4,937.47	
A17	ELEVADOR Y EQUIPOS	\$1,340,608.41	729.54	4.61%	\$43,714.22		\$29,181.72	
A18	COCINA INTEGRAL	\$581,608.85	316.50	2.00%	\$43,714.22		\$12,660.18	
		\$29,080,442.65	\$15,825.23	100.00%	\$948,247.78		\$633,009.20	

partidas consideradas para fines de estimar el costo de la comparativa

Para fines de estimar el costo de la comparativa, únicamente se toman las partidas de la estructura y de los muros (albañilería), para empatar con el sistema gang form que los incluye en su proceso constructivo.

**SISTEMA DE MOLDES**

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS; 30 DEPTOS DE 59.92 y 1 penthouse de 40M2=

m2				
1837.6	\$1,029,770.14	\$/DEPTO	\$17,185.75	\$/m2

Edificio departamentos de nivel medio, 16 niveles y estacionamiento en área exterior, elevador para 6 personas  
Departamento tipo: sala-comedor, cocina, patio de servicio, 2 baños y dos recámaras. Estructura de concreto

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	\$/M2	%	m2/dep.	
					30	59.92
					\$/DEPTO 59.92 M2	\$/DEPTO 40 M2
A01	PRELIMINARES	\$28,422.47	15.47	0.09%	\$926.79	\$618.69
A02	EXCAVACIONES	\$644,242.75	350.59	2.04%	\$21,007.31	\$14,023.57
A03	CIMENTACIÓN	\$2,807,508.83	1527.81	8.89%	\$91,546.57	\$61,112.53
A04	ESTACIONAMIENTO(Área exterior)	\$2,469,597.19	1343.93	7.82%	\$80,528.02	\$53,757.03
A05	ESTRUCTURA DE CONCRETO	\$4,250,738.90	2313.20	13.46%	\$138,607.06	\$92,528.08
A06	ALBAÑILERÍA(muros de concreto, etc)	\$4,174,945.63	2271.96	13.22%	\$136,135.61	\$90,878.25
A07	ACABADOS	\$4,639,179.38	2524.59	14.69%	\$151,273.23	\$100,983.47
A08	HERRERÍA	\$366,334.11	199.35	1.16%	\$11,945.33	\$7,974.19
A09	CANCELERÍA	\$1,301,117.70	708.05	4.12%	\$42,426.53	\$28,322.12
A10	CARPINTERÍA	\$2,750,663.88	1496.88	8.71%	\$89,692.98	\$59,875.15
A11	MUEBLES DE BAÑO	\$1,566,394.13	852.41	4.96%	\$51,076.60	\$34,096.53
A12	INST. HIDROSANITARIA	\$1,670,609.86	909.13	5.29%	\$54,474.84	\$36,365.05
A13	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$2,472,755.24	1345.64	7.83%	\$80,631.00	\$53,825.77
A14	INSTALACIÓN DE GAS	\$233,695.90	127.17	0.74%	\$7,620.30	\$5,086.98
A15	JARDINERÍA	\$22,106.37	12.03	0.07%	\$720.84	\$481.20
A16	LIMPIEZA	\$246,328.11	134.05	0.78%	\$8,032.21	\$5,361.95
A17	ELEVADOR Y EQUIPOS	\$1,111,634.54	604.94	3.52%	\$36,247.91	\$24,197.54
A18	COCINA INTEGRAL	\$824,251.75	448.55	2.61%	\$26,877.00	\$17,941.92
		<b>\$31,580,526.74</b>	<b>\$17,185.75</b>	<b>100.00%</b>	<b>\$1,029,770.14</b>	<b>\$687,430.00</b>

partidas consideradas para fines de estimar el costo de la comparativa

Para fines de estimar el costo de la comparativa, únicamente se toman las partidas de la estructura y de los muros (albañilería), para empatar con el sistema tradicional que los incluye en su proceso constructivo.

4.1 Cuadro comparativo en costo, tiempo y procedimiento entre los sistemas tradicional y de moldes gang form.

DESCRIPCIÓN	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA DE MOLDES
Sistema constructivo	<p>Método de construcción basado en una estructura de marcos rígidos, desplantando en primera instancia las columnas, acto seguido las traveses y para concluir la estructura, la losa empleando muros divisorios de mampostería para fachadas e interiores.</p> <p>El sistema es un poco más lento en la ejecución de las diferentes etapas utilizando más tiempo.</p>	<p>Innovación del sistema constructivo para construcción de edificios con más de diez niveles. Proceso constructivo, fundamentado en un método estructural mixto, colados monolíticos por medio de una fusión de moldes compatibles fabricados en acero, lámina de acero para el exterior deslizante a base de una grúa torre y aluminio para el interior, se logra el objetivo de abatir el tiempo.</p>
TIEMPO	De acuerdo al diagrama de red CPM para un solo nivel el tiempo de 31 días	De acuerdo al diagrama de red CPM para un solo nivel el tiempo de 19 días
COSTO	De los datos que se proporcionan por partida en la tabla del sistema tradicional por departamento respecto a estructura y muro dan un total promedio de	De los datos que se proporcionan por partida en la tabla del sistema gang form por departamento respecto a estructura y muro dan un total promedio de

	<b>\$127, 634.15 estructura</b>	<b>\$138, 607.06 estructura</b>
	<b>\$101,841.81 –albañilería</b>	<b>\$136,135.61 –albañilería</b>
	<b>\$229,475.96 -total</b>	<b>\$274,742.67 -total</b>

## **Conclusiones**

En esta comparativa de sistemas entre el tradicional y el de moldes, y tomando en consideración la conveniencia de ampliar la perspectiva de utilizar con mayor eficiencia los recursos disponibles en el sector de la construcción contribuyendo con ello a disminuir la problemática en la entrega de las obras en tiempo y calidad, y nos sugiere la necesidad de incurrir en el conocimiento de nuevos sistemas constructivos como es el caso del “Sistema de moldes Gang Form”, el cual se convierte en una gran alternativa para ser aplicado en proyectos de edificación,

Es a través de éste trabajo comparativo, que se evidencia la necesidad de aplicar este sistema constructivo para un proyecto de edificación, preferentemente para edificios de tipo habitacional de más de diez niveles, y que a su vez se pudiese repetir dada la circunstancia teniendo la certeza de que con éste sistema se ahorra tiempo en comparación con el sistema tradicional, por considerarse viable y relativamente más sencillo su procedimiento constructivo.

Dos fueron los modelos seleccionados: sistema tradicional y sistema de moldes, éste último llamado “Gang Form” el cual consideramos novedoso en nuestro país, sin embargo ya ha sido utilizado y con resultados convenientes dentro de los esquemas de productividad, además de los de tiempo, costo y alcance esperados.

Del cuadro comparativo presentado en el capítulo IV, se rescata la facilidad que da el sistema de moldes Gang Form, por su facilidad de manejo dando una mayor rapidez en su aplicación, respecto al sistema

tradicional, por lo tanto se disminuye el tiempo en la construcción. Se hace énfasis de que el costo es menor en el sistema tradicional en los primeros tres niveles, pero conforme se va requiriendo de mayores usos de cimbra para pisos consecuentes, la situación de economía se revierte por las razones de que en el sistema constructivo tradicional la cimbra de madera, a mayor número de niveles o usos, se desgasta más y se tendrá que reponer de manera frecuente en comparación al sistema de moldes.

...

## Referencias

- Arnal, S. (2005). *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*. 5ªed. México: Trillas.
- Ferry, G. (2001). *Principios de Administración*. México: CECSA.
- H. Congreso de la Unión. *Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas*. (2000). Última Reforma DOF 11-08-2014). Capítulo segundo de la ejecución. México.
- H. Congreso de la Unión. *Reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas*. Capítulo cuarto de la ejecución (DOF 28-07-2010). México.
- IMCYC. (1995). *Manual de Inspección del Hormigón Informe del Comité ACI-311. SP-2 ACI*, Detroit.
- LS. FORMWORK CO. *Catálogo del sistema de moldes Gang Form*.
- Pérez V. (1983). *Diseño y cálculo de estructuras de concreto reforzado*. México: Trillas.
- Reza, A. (2012). *Manual de administración de obra 1*. México: Trillas.
- Schmitt, H. (1970). *Tratado de construcción*. 5ª ed. España: Gustavo Gili.
- Sidney, M. (1997). *Administración de proyectos de construcción*. 2ª ed. México: MC Graw Hill.

Suárez, C. (2001). *Administración de Empresas Constructoras*. 3ª ed. México: Limusa.

Suárez, C. (2005). *Administración de la construcción*. 4ª ed. México: Limusa.

## INTERNET

<http://definicion.de/norma/#ixzz3roXTvFPm>

<http://www.archdaily.mx/mx/02-232304/primer-lugar-proyecto-puerto-salguero-ign-arquitectos-contrafuerte-arquitectura/5126770ab3fc4bed0d0000b4>

[ccoria@semgroupcorp.com](mailto:ccoria@semgroupcorp.com)

<http://www.westernforms.com/Home/Videos/tabid/157/language/es-CO/Default.aspx>

[http://www.arqred.mx/blog/wp-content/Cimy\\_User\\_Extra\\_Fields/Fernanda%20Garcia/file/Portada.pdf](http://www.arqred.mx/blog/wp-content/Cimy_User_Extra_Fields/Fernanda%20Garcia/file/Portada.pdf)

<https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fwww.arqchile.cl%2Fcanda.htm&ei=LoqxVcuEI4igyQSOLZWIDw&bvm=bv.98476267,d.aWw&psig=AFQjCNHy17iCiEXMmAleUQXGhXpb5Cje4g&ust=1437785006966008>

[https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAYQjB1qFQoTCO\\_InebU8sYCFQNCkgodyhgO5w&url=http%3A%2F%2Fwww.latam.discovery.com%2Fnaturaleza%2Fimpactantes-edificios-que-actuan-como-mini-bosques-urbanos%2F&ei=F5uxVa\\_-LoOEyQTKsbi4Dg&bvm=bv.98476267,d.aWw&psig=AFQjCNHy17iCiEXMmAleUQXGhXpb5Cje4g&ust=1437785006966008](https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAYQjB1qFQoTCO_InebU8sYCFQNCkgodyhgO5w&url=http%3A%2F%2Fwww.latam.discovery.com%2Fnaturaleza%2Fimpactantes-edificios-que-actuan-como-mini-bosques-urbanos%2F&ei=F5uxVa_-LoOEyQTKsbi4Dg&bvm=bv.98476267,d.aWw&psig=AFQjCNHy17iCiEXMmAleUQXGhXpb5Cje4g&ust=1437785006966008)

[https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAYQjB1qFQoTCOf\\_0YTY8sYCFVcXkgodB64Lng&url=http%3A%2F%2Fgrupohero.com.mx%2Fel-reto-para-mexico-es-contar-con-construcciones-sustentables-arquitectura%2F&ei=fJ6xVefRM9euyASH3K7wCQ&bvm=bv.98476267,d.aWw&psig=AFQjCNHy17iCiEXMmAleUQXGhXpb5Cje4g&ust=1437785006966008](https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAYQjB1qFQoTCOf_0YTY8sYCFVcXkgodB64Lng&url=http%3A%2F%2Fgrupohero.com.mx%2Fel-reto-para-mexico-es-contar-con-construcciones-sustentables-arquitectura%2F&ei=fJ6xVefRM9euyASH3K7wCQ&bvm=bv.98476267,d.aWw&psig=AFQjCNHy17iCiEXMmAleUQXGhXpb5Cje4g&ust=1437785006966008)

<http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/biblioteca/archivos/CEV%20PDF.pdf>

<http://www.arca-lab.com/la-historia-de-mexico-vista-traves-de-su-arquitectura/>

[http://www.cec.org/storage/61/5388\\_gb\\_report\\_sp.pdf](http://www.cec.org/storage/61/5388_gb_report_sp.pdf)

[atencionclientes@mail.onncce.org.mx](mailto:atencionclientes@mail.onncce.org.mx)

<http://www.iiarquitectos.com/2010/marcos-rigidos-de-acero>

<https://www.mexicodesconocido.com.mx/ciudad-de-mexico-distrito-federal-1.html>

<http://www.admexico.mx/arquitectura/articulos/cinco-edificios-historicos-en-la-ciudad-de-mexico/682>

<http://www.anadisec.com/disenio.html>

<https://tuinterfaz.mx/articulos/13/99/industria-de-la-construccion-en-mexico-edificacion-de-la-economia-nacional/>

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/analisis-edificios/analisis-edificios.shtml>

[http://www.sgmagic.com/Mi\\_pagina/Pagina\\_3\\_cast/Articles\\_innovacio/7\\_cast.pdf](http://www.sgmagic.com/Mi_pagina/Pagina_3_cast/Articles_innovacio/7_cast.pdf)

[www.meccano.mx/vivienda-multifamiliar](http://www.meccano.mx/vivienda-multifamiliar)