



**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación N° 8727-15  
a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA CASA MODULAR DE  
DOS NIVELES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE  
ACERO Y PLACAS DE CONCRETO.**

Tesis  
que para obtener  
el título de:

Ingeniero Civil.

Presenta:

**Teódulo Iván Cornejo Vázquez.**

Asesor: M. I Enrique Omar Navarro Caballero.

Uruapan, Michoacán; 2008.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE.

### INTRODUCCIÓN.

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	4
Objetivos. . . . .	4
Pregunta de investigación. . . . .	5
Justificación. . . . .	6
Delimitación. . . . .	7
Marco de referencia. . . . .	8

### CAPÍTULO 1. HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN.

1.1 Historia de la prefabricación. . . . .	10
1.2 Concepto de prefabricado. . . . .	17
1.3 Clasificación de los prefabricados. . . . .	18
1.4 Características de los prefabricados. . . . .	19

### CAPÍTULO 2. SISTEMAS PREFABRICADOS.

2.1 Sistemas prefabricados de concreto. . . . .	21
2.1.1 Losas con elementos prefabricados. . . . .	21
2.1.1.1 Vigueta y bovedilla. . . . .	21

2.1.1.2 Losa alveolar o extruida. . . . .	23
2.1.1.3 Losacero. . . . .	25
2.1.1.4 Sistema a base de elementos T, TT y ATT. . . . .	27
2.2 Sistemas mixtos acero y concreto. . . . .	28
2.3 Tecnología para la vivienda. . . . .	29
2.4 Ventajas y desventajas de los sistemas prefabricados. . . . .	32

### **CAPÍTULO 3. ELEMENTOS PREFABRICADOS.**

3.1. Elementos prefabricados de concreto. . . . .	35
3.1.2 Vigas. . . . .	36
3.1.3 Columnas. . . . .	37
3.1.4 Cimentación. . . . .	37
3.2 Normas técnicas sobre concreto prefabricado. . . . .	38
3.2.1 Requisitos generales. . . . .	38
3.2.2 Estructuras prefabricadas. . . . .	39
3.2.3 Conexiones. . . . .	39
3.2.4 Sistemas de piso. . . . .	42
3.3 Elementos prefabricados de acero. . . . .	42
3.3.1 Acero laminado en caliente. . . . .	43
3.3.2 Acero laminado en frío. . . . .	43
3.3.3 Perfiles. . . . .	43

3.4 Aceros estructurales. . . . .	44
3.5 Tipos de construcción en acero. . . . .	46

## **CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICA.**

4.1 Descripción general. . . . .	48
4.1.1 Entrepiso y azotea. . . . .	49
4.1.2 Columnas. . . . .	51
4.1.3 Placas de revestimiento. . . . .	52
4.1.4 Conexiones. . . . .	52
4.1.5 Cimentación. . . . .	53
4.2 Descripción arquitectónica. . . . .	54

## **CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA.**

5.1 Enfoque de investigación. . . . .	60
5.2. Alcance de la investigación. . . . .	61
5.3 Diseño de la investigación. . . . .	61
5.3.1 Diseño transeccional. . . . .	62
5.4 Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	63
5.5 Descripción del proceso de investigación. . . . .	63

## **CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES.**

6.1 Análisis de cargas. . . . .	65
6.1.2 Áreas tributarias. . . . .	66
6.1.3 Canalización de las cargas a las vigas. . . . .	67
6.2 Análisis sísmico. . . . .	68
6.3 Diseño de placas para entrepiso y azotea. . . . .	73
6.4 Diseño de vigas polines. . . . .	75
6.5 Diseño de las vigas conexión. . . . .	79
6.6 Diseño de columnas. . . . .	83
6.7 Conexiones. . . . .	88
6.7.1 Conexión de viga con columna. . . . .	88
6.7.2 Conexión columna con cimentación. . . . .	91
6.7.3 Conexión de las placas laterales. . . . .	92
6.7.4 Diseño de la placa base para columnas y anclas. . . . .	93
6.8 Diseño de la cimentación. . . . .	95
6.9 Gráficos de elementos diseñados. . . . .	97
6.9.1 Placa de entrepiso y azotea 50x50 cm. . . . .	97
6.9.2 Vigas polines y vigas conexión. . . . .	98
6.9.3 Columnas. . . . .	99
6.9.4 Conexión viga-columna. . . . .	100
6.9.5 Conexión Columna-cimentación. . . . .	100
6.9.6 Placas de revestimiento. . . . .	101
6.9.7 Cimentación. . . . .	102

**CONCLUSIONES.** . . . . . 105

**BIBLIOGRAFÍA.** . . . . . 109

**ANEXOS**

Resumen.

La presente tesis titulada “Diseño estructural de una casa modular de dos niveles con elementos prefabricados de acero y placas de concreto” tuvo como finalidad diseñar un módulo que basado en el se construyese una casa habitación, dicho módulo está elaborado con perfiles de acero polin monten, ángulo y PTR, también cuenta con placas de concreto y tornillos para las conexiones de todos los elementos.

Se comienza abordando la historia y características de la prefabricación, posteriormente se describen los principales sistemas prefabricados que existen en el mercado y que han sido utilizados en edificaciones.

También se describen los elementos prefabricados refiriéndose a los más comerciales como lo son las vigas, columnas y cimentación.

Una vez referido los elementos prefabricados, se describe estructural y arquitectónicamente un módulo y la conformación de varios para la integración de una casa habitación, así como la metodología con enfoque cualitativo, alcance exploratorio con diseño no experimental transeccional.

Finalmente se realizó el análisis y diseño de los elementos resistentes que dicto las características de los elementos de acero, concreto y conexiones que conforman la estructura de un módulo que beneficiará a la investigación en temas de sistemas prefabricados por existir, en México, poco desarrollo en ello.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Desde que el ser humano se volvió sedentario surgió la necesidad de refugiarse del medio ambiente y de los animales construyendo casas cada vez más resistentes.

Según la página electrónica [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) (2007), una casa es una edificación construida para ser habitada; además de que indica que las primeras casas fueron elaboradas con palos y ramas, evolucionando desde entonces hasta ahora que se construyen con elementos prefabricados como la vigueta y bovedilla, losacero, losa alveolar o extruida y sistema a base de elementos T, TT y ATT.

La primera construcción hecha de piezas prefabricadas, según [www.encarta.com](http://www.encarta.com) (2007) fue el palacio de cristal hecho en Londres en 1851, que era un edificio con elementos de acero y cristal. Desde entonces se han seguido realizando investigaciones sobre todo en el continente Europeo.

Sriramulu Vinnakota en su libro sobre estructuras de acero comenta que en Estados Unidos se han construido varias estructuras de acero con elementos prefabricados y ensambladas en lugar como el Millar Park Stadium, el centro Al McGuire y la biblioteca Raynor.

En México en el año de 1994, la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) realizó un catálogo sobre tecnologías para la vivienda de interés social, donde describe métodos y materiales que se basan en elementos prefabricados de concreto, acero y madera.

En el presente trabajo se propone un diseño estructural de una casa de dos niveles, usando módulos base que están elaborados con columnas de acero prefabricadas y placas de concreto, siendo la cimentación fabricada en sitio con concreto reforzado.

La cimentación cuenta con anclas roscadas en la parte superior para poder conectar las columnas con tuercas. Las uniones columna-viga estarán elaboradas a base de tornillos y tuercas, ángulos y PTR habilitadas para colocar los tornillos y tuercas.

Las placas de concreto estarán sujetas por medio de tornillos a los elementos columna de acero. Están elaboradas con acero de refuerzo según el cálculo, sus dimensiones son de 50x50x.025 cm., tienen habilitados los elementos que permitirán colocar los tornillos para sujetarlas y cuentan con un terminado tanto las que se colocarán de revestimiento como las que servirán para el entrepiso.

La azotea constará de las mismas placas que tendrá el entrepiso, las placas son colocadas sobre vigas de acero y sujetas con tornillos. En la parte

inferior también se colocarán placas de concreto pero de dimensiones 100x100x2.5 cm. esto formaría un sándwich.

Respecto al tema de la presente tesis, se puede señalar que no existen investigaciones en este sentido en la Universidad Don Vasco A.C., por lo que se innovará en este tema.

## **Planteamiento del problema.**

¿Cuales serán las características de los elementos que conforman una casa prefabricada modular para que dos personas puedan ensamblarla? .Estas características las determinan las cargas a las que este sometida la estructura, que también determinarán las dimensiones y espesores de las vigas y columnas de acero, las características de las conexiones para atornillar. Las dimensiones de la cimentación también dependen de las cargas a las que estará sujeta así como las acciones sísmicas.

La separación de las columnas es a cada metro y de las vigas de entrepiso y piso a cada 50 cm porque están en función de la geometría de las placas, estas deben cumplir el requisito de peso para que una persona pueda manejarlas en su transporte, colocación y ensamblado.

## **Objetivos.**

La presente investigación se regirá por los siguientes objetivos:

Objetivo general:

El objetivo general de la presente tesis es diseñar un módulo, para en base a el construir una casa habitación, con perfiles laminados de acero existentes en el mercado como polin monten, ángulo y PTR, además diseñar las placas de concreto de azotea/entrepiso y de recubrimiento y las conexiones con tornillos.

Objetivos particulares:

1.- En función de las características de las placas de concreto tanto las de entepiso como las laterales de revestimiento, colocar adecuadamente los elementos para sujetarlas como tornillos y mecanismo de unión entre ellas.

2.- Diseñar las uniones de acero con PTR o ángulo para resistir esfuerzos cortantes y definir las características del sistema de conexión y de los tornillos para conectar.

3.- Diseñar los elementos para que dos personas puedan transportar y manejar los elementos de perfiles de acero y placas de concreto para su colocación final y apriete de tornillos.

### **Pregunta de investigación.**

Desde que el ser humano comenzó a construir los lugares donde habitaría surgieron diversos métodos de llevar a cabo su elaboración, desde la construcción con palos y ramas, construcción con tierra, con materiales prefabricados como tabicón, vigueta y bovedilla, concreto colado en sitio hasta llegar a mecanizar e industrializarlos. Pero ¿Cuáles son las características de los elementos de un módulo con estructura de acero y terminada con placas de concreto?, quizá no se ha elaborado por ser un método más costoso que el sistema de construcción tradicional de concreto armado y tabique.

## **Justificación.**

En Uruapan no se cuenta con un sistema prefabricado para ensamblar una casa a base de módulos donde se tome en cuenta al diseñar las acciones sísmicas, por lo que es importante la presente investigación, ya que se propondrá un diseño estructural con base en módulos prefabricados, beneficiando a la población al proporcionar un método relativamente nuevo y hará aportación a la ingeniería civil en el área de la prefabricación ligera.

No se cuenta con una tesis que describa el tema a tratar, es un sistema innovador y proporciona un punto de partida en posibles investigaciones futuras para mejorarla.

Una vivienda a pesar de ser una estructura pequeña es de importancia que sea calculada adecuadamente, ya que el ingeniero civil tiene como objetivo la seguridad de las estructuras para preservar la especie humana.

En caso de un desastre natural será una opción para obtener refugios de manera rápida debido a que es prefabricada y se arma en tiempo menor a que si fueran construidas con concreto reforzado y mampostería.

Por contar con peso menor a las construcciones elaboradas con concreto y ladrillos puede ser transportada fácilmente en camiones unitarios, lo que es

favorable para construir campamentos en la elaboración de una presa que posteriormente pueden desarmarse y ser reutilizados.

Se pueden armar y desarmar las veces que sean necesarios, esto trae como beneficio que pueden ser casas rentadas o utilizar los módulos como almacén de materiales para protegerlos de la intemperie, siempre y cuando se utilice la parte inferior para su almacén y la parte superior para ser habitada.

Dos personas pueden ensamblar los módulos, lo que trae como consecuencia ahorro en la mano de obra.

### **Delimitación.**

La presente investigación se enfoca en el diseño, en base al análisis sísmico, de las vigas y columnas de acero, de la cimentación de concreto reforzado, de las dimensiones de los tornillos en cada unión, de las uniones viga columna y columna cimentación de las características de las placas de concreto de entrepiso y de revestimiento, todo ello para la conformación de un modulo que determinará la estructura y la distribución de los espacios para la integración de una casa habitación de dos niveles.

## **Marco de referencia.**

El análisis de la estructura de acero de esta tesis esta elaborado para el estado de Michoacán, específicamente para el municipio de Uruapan. Michoacán se localiza hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.

La ciudad de Uruapan se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1, 620 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km.

Cuenta con una superficie de 954.17 km<sup>2</sup> y representa 1.62 por ciento del total del Estado. Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal, y los cerros de Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena.

Su hidrografía se constituye por el río Cupatitzio, las presa Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua.

Su clima es templado y tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1, 759. 3, milímetros y temperaturas que oscilan entre 8. 0 a 37. 5 grados centígrados.

En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical deciduo, con parota, guaje, cascalote y cirián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

La superficie forestal maderable es ocupada por pino encino y oyamel, en el caso de la no maderable, es ocupada por matorrales de distintas especies.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

## **CAPÍTULO 1**

### **HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN.**

En este capítulo se abordará el concepto de prefabricado, su historia, el desarrollo que se ha tenido en la prefabricación, su clasificación y las características generales.

#### **1.1 Historia de la prefabricación.**

La prefabricación tiene sus orígenes en la revolución neolítica, al surgir la economía con los pobladores agrícolas debida a la labranza y la ganadería generaron aglomeración de civilizaciones quienes requerían de un refugio contra el medio ambiente.

Posteriormente el cambio climático de la época neolítica fue un factor que influyo, al traer sequías en grandes áreas de tierra, formando el cinturón desértico que comprende desde el Sahara a la estepa de los Kirguises, esto trajo como consecuencia la emigración de los habitantes de las áreas afectadas hacia lugares fértiles que se encontraban cerca de ríos como el Nilo en Egipto, Indo en la India, Hoahg en China, Tigris y Eufrates en Mesopotamia, nuevamente se formó una multitud de gente entorno a estos ríos, por lo que surgió la problemática del refugio de estas personas.

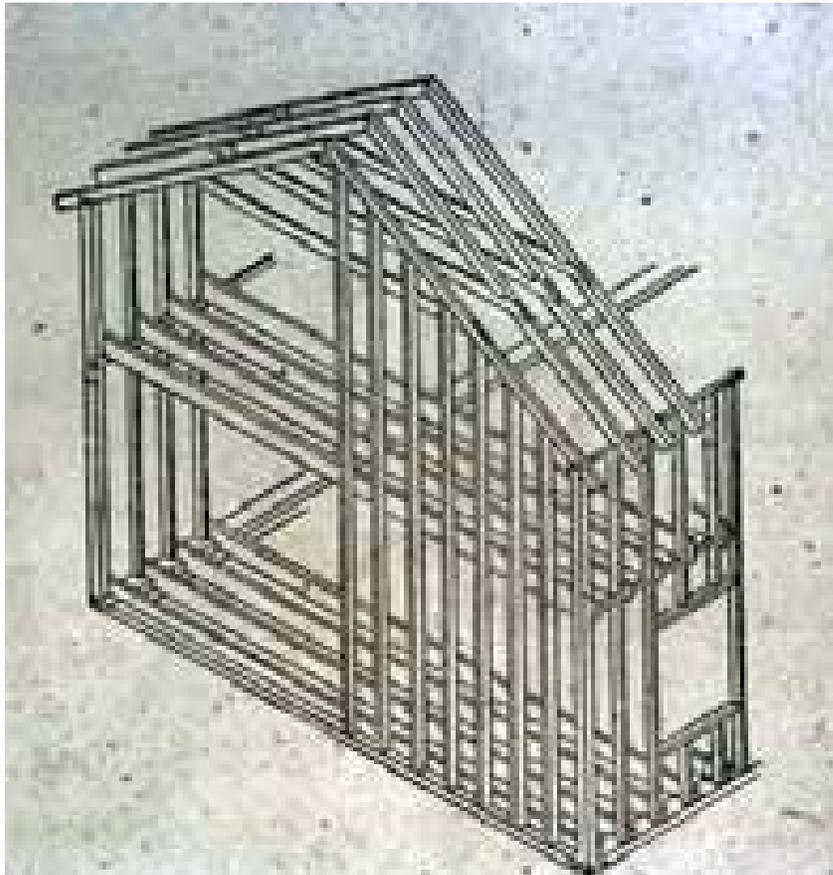
De esta manera, según Miguel Alonso (1974), una vez satisfecha la demanda de los alimentos se puso mas énfasis en la elaboración de las casas tomando elementos naturales como piedra, madera y adobe, los materiales dependía del área geográfica.

Se implementaron diversos tipos de muros con adobe y arcilla cocida lo que usualmente llaman ladrillo o tabique rojo. Todas las civilizaciones desarrollaron técnicas que estaban encaminadas a la elaboración estandarizada de elementos que les facilitaran realizar una edificación rápida y segura.

En la revolución industrial, siglo XVIII, se dió otro aumento en la producción, esto gracias a la introducción del trabajo organizado y mecánico, por lo que nuevamente se aglomero una gran cantidad de personas que trajo como consecuencia una fuerte demanda de vivienda y de servicios a la sociedad como hospitales, salas de reunión, bodegas y los mismos talleres donde se alojaban los trabajos con las nuevas maquinarias.

Dentro de esta revolución surge la industrialización de la construcción, uno de los intentos fueron las estructuras tipo Balloon Frame, que se desarrolló en Chicago y San Francisco donde se situaba la fiebre de los buscadores de oro. Estas estructuras eran de madera de bajo costo ya que no requería de mano de obra especializada, eran piezas numeradas que se montaban en el lugar con un mínimo de herramientas. Se le atribuye la invención de este tipo de estructuras a George W. Show.

Las estructuras Balloon fueron implementadas hasta 1872 cuando se suscitó un incendio que acabó con el centro de Chicago, después se comenzó a utilizar el hierro fundido y el acero lo que permitió construcciones altas e hizo aumentar la densidad de las poblaciones.



1. Estructuras tipo "Balloon frame"

Fuente: [www.brynmawr.edu](http://www.brynmawr.edu)

El primer elemento prefabricado de hierro fundido fué la columna elaborada en 1780 con la finalidad de sustituir los pilares de madera que se encontraban en

las hilanderías de algodón, posteriormente en la edificación de la librería londinense “templo de las Musas” y en el pabellón Real de Brighton.

En 1839 se elaboró un sistema cerrado de prefabricación, un molino de trigo, todas las piezas se elaboraron en taller donde se realizó un rápido montaje de prueba para después enviar el molino al lugar donde sería instalado.

A mediados del siglo XIX Enrique Labrouste Arquitecto e Ingeniero, realizó el primero edificio con elementos de hierro, vigas, columnas, arcos y cerchas. En 1884 se empiezan a realizar estructuras en esqueleto, James Bogardus patentó un sistema a base de elementos metálicos que se caracterizaba por emplear un solo tipo tanto de vigas prefabricadas como de paredes de cerramiento, suelos y techos.

Debido al aumento de las mercancías y de la población nuevamente, el hierro fundido es un materia que ya no satisface los esfuerzos a los que está sometido por lo que se comienza a optar por el acero laminado para poder construir edificios más resistentes proyectados para que el montaje y desmontaje fuera en el menor tiempo posible. Un ejemplo de estos es el Cristal Palace de Londres construido en 1851 obra de Joseph Pastón, que constaba de una armadura de elementos de acero trabajados en taller para montarlos en el lugar donde estaría la obra, el revestimiento exterior era de cristal, para la época fue una idea novedosa.

Con el hormigón armado, patentado en 1867 por Joseph Monnier, en 1891 la empresa Ed. Coignet de París, elabora vigas prefabricadas de concreto reforzado para construir el casino Biarritz y para 1900 en EUA se incorpora elaborando elementos de gran tamaño de concreto reforzado para cubiertas industriales.

A principios del siglo XX la situación de las viviendas en cuanto a demanda era muy fuerte sobre todo en las ciudades industriales, a tal grado que se requería una revolución en la construcción de vivienda para evitar una revolución civil según Miguel Alonso (1974), por lo que el arquitecto inglés John Brodie, el estadounidense Thomas A. Edison y Grosvenor Atterbury desarrollaron proceso y técnicas de fabricación para intentar satisfacer dicha demanda.

John Brodie desarrolla en Liverpool el primer sistema cerrado de grades paneles de hormigón prefabricado, cada módulo “se forma acoplado de suelo a techo los elementos de pared, consistentes cada uno en una placa de hormigón vertido sobre un molde en el que se coloca una malla de acero. Las uniones estaban resueltas por encajes de salientes y entrantes que se preveían en los elementos a lo largo de su perímetro” (Miguel Alonso, 1974: 108), la primera aplicación de esta técnica fue para un edificio de tres niveles sobre la calle Eldon en Liverpool en 1904.

Thomas A. Edison en 1908 patentó un sistema para construir edificios de tres niveles que consta de cimbra o moldes de metal para verter concreto, o sea, la construcción constaba de paredes y techo de una capa de concreto que se vertía sobre los moldes, pero fue rechazado por la dificultad que presentaba el hormigonado en dichas condiciones, aún así elaboró varias viviendas en cuatro días, en la ciudad de New Jersey.

Grosvenor Atterbury enfocó su desarrollo en la construcción mediante grandes elementos de hormigón aligerado fabricado en serie, en 1907 propuso construir viviendas mediante paneles aligerados.

De esta manera se vino desarrollando tecnología de prefabricación hasta el estallido de la segunda guerra mundial que frenó un poco dicho desarrollo, para 1941 en USA se desarrolló un sistema basado en una rigurosa coordinación modular con un módulo de panel de 100 cm. donde el tiempo de fabricación de una vivienda era de 20 minutos en taller y el montaje era realizado en 38 horas.

En Francia, Le Corbusier, Pret, Prouvé, Sauvage, Lods y Beaudoin son quienes realizan los primeros experimentos en prefabricación. Corbusier presento varias soluciones como la llamada Dom-in en 1915, la casa Citroham, en 1926 Henri Sauvage presenta una construcción célula a célula muy difícil de llevarla a cabo. Lods y Beaudoin se encargan de realizar los primeros barrios prefabricados donde utilizaron una estructura metálica que sostenía de suelo a techo los paneles de concreto tanto de fachada como de muro divisorio.

La Unión Soviética fué quien dio una gran aportación debido a que en la segunda Guerra Mundial se habían devastado muchas edificaciones y la solución que tomaron fué construir ciudades con grandes paneles de concreto que para 1942 se propusieron construir 200 grandes ciudades nuevas.

Ahora lo que impulsa el desarrollo de la prefabricación es la segunda guerra al provocar falta de edificaciones, viviendas, escuelas, talleres industriales, comercios etc. También provocó una escasez de materiales de construcción y de mano de obra por lo que cada año se incorporan nuevos sistemas, procesos y elementos prefabricados.

Como se ha mencionado, cada vez que ocurre una catástrofe, ya sea natural o provocada por el hombre, surgen nuevas ideas sobre los procesos de construcción y de prefabricación, por lo menos eso marca la historia.

En México la prefabricación se inició en 1927 cuando el ingeniero Rebolledo realizó la construcción del hotel Regis con vigas prefabricadas de concreto armado. Desde dicha fecha la prefabricación ha ganando terreno, ya que al principio las técnicas de prefabricación se copiaban de otros países hasta los años 60, posteriormente en México comenzaron a surgir empresas especializadas en el ramo.

Así surge el concreto presforzado, “que consiste en crear deliberadamente esfuerzos permanentes en un elemento estructural para mejorar su comportamiento de servicio y aumentar su resistencia”, (anippac, 2007; 3)

La prefabricación surgió con la aparición de los materiales industriales, como el hierro, el acero, el aluminio, el hormigón armado o el vidrio plano en grandes dimensiones, se desarrolla con las producciones en serie y de esta manera es posible que se tenga una obra terminada en el menor tiempo comparando un sistema de edificación tradicional que es a base de mampostería y colados en sitio contra un sistema a base de elementos prefabricados, incluso se tiene la obra antes de comenzar a cimentar.

## **1.2 Concepto de prefabricado.**

La palabra prefabricar se refiere a la elaboración de piezas que serán colocadas con la finalidad de construir una estructura. “Un prefabricado es un elemento o sistema constructivo manufacturado y posteriormente transportado para su puesta en obra”, (www.encarta.com, 2007)

De acuerdo con el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), un prefabricado es la producción de elementos constructivos fuera o al pie de la obra. Cuando estos elementos constructivos son producidos en serie se dice que son industrializados, pues en su fabricación se siguen procedimientos industriales.

Según la Revista de obras (febrero 2005) el término prefabricado se refiere a los sistemas constructivos diseñados y producidos en serie o de manera simultánea a la obra, lo que la prefabricación hace es trasladar la mano de obra del sitio de construcción a la fábrica.

Un elemento prefabricado es aquel que se realiza fuera del sitio donde estará desempeñando el trabajo para el cual fue diseñado,

Se analiza de manera tradicional, agregando esfuerzos que pueda sufrir el elemento durante su traslado o su montaje, según sea el método elegido por el diseñador y se trabaja en un taller de tal manera que solo se colocara en el sitio donde desarrollara los esfuerzos para lo cual fue elaborado.

### **1.3 Clasificación de los prefabricados.**

Los prefabricados se clasifican primeramente de acuerdo a sus materiales:

- 1.-Prefabricados de concreto.
- 2.-Prefabricados de acero.
- 3.-Prefabricados de aluminio, plástico y vidrio.

1.- Los prefabricados de concreto son los que están elaborados con cemento pòrtland, agua, agregado pétreo, con o sin acero. Son los que han tenido mayor aceptación en México, especialmente por su economía.

2.- Los prefabricados de acero están elaborados básicamente de planchas de acero, los más comerciales son los ángulos, canales (CPS), vigas (IPS e IPR), lamina, placa, polines, PTR cuadrado y rectangular, tubo cuadrado, rectangular y circular y perfiles tubulares.

3.- Este tipo de prefabricados son principalmente para dar terminados en fachadas o interiores, cabe mencionar que el aluminio también ha sido utilizado como elemento estructural.

#### **1.4 Características de los prefabricados.**

La prefabricación representa, esencialmente, una notable reducción de tiempo y precio, sobre todo en los países donde la mano de obra resulta costosa, así como una enorme fiabilidad en las medidas, resistencias y propiedades intrínsecas. Pero, gracias a los sistemas prefabricados también se han podido lograr conquistas estructurales: en el hormigón armado, permitiendo la aparición de las piezas pretensadas y postensadas; en el acero y otros metales, controlando con precisión la soldadura, produciendo piezas en moldes y reduciendo las tolerancias de montaje, y en la madera, gracias a los diversos procesos industriales de encolado y laminado.

Esta forma de construir es mucho más racional que la de los sistemas tradicionales y conlleva una serie de ventajas que permiten construcciones

rápidas, con mayor calidad y más económicas. También una de las características es su repetitividad.

## **CAPÍTULO 2**

### **SISTEMAS PREFABRICADOS**

En este capítulo se mencionan los sistemas prefabricados más conocidos de concreto y acero que elabora la industria de la construcción, así como algunos de los sistemas que concursaron en la SEDESOL en el año 1992 en el desarrollo de tecnología para la vivienda de interés social. También se comentan las principales ventajas y desventajas de la prefabricación

#### **2.1 Sistemas prefabricados de concreto.**

Los sistemas prefabricados de concreto se pueden clasificar de acuerdo a la función estructural que ejecuta ya sea como losa, viga, columna o cimentación.

##### **2.1.1 Losas con elementos prefabricados.**

Las losas son elementos sujetos a cargas normales a su plano y apoyadas en sus bordes o en alguno de sus lados. El trabajo que realiza una losa es transmitir las cargas verticales hacia sus extremos.

###### **2.1.1.1 Vigüeta y bovedilla.**

Este sistema consta de dos elementos que son la vigüeta y la bovedilla, según Meli Piralla (2004), las vigas son prefabricadas de concreto presforzado,

adicionalmente se coloca una capa de compresión que es colada en sitio, se recomienda en zonas sísmicas colocar las viguetas en una sola dirección con la finalidad de crear líneas resistentes, además de colocar viguetas en los ejes de muro. En tableros donde se tengan cargas concentradas considerables este sistema no es recomendado.

Las viguetas están compuestas de una armadura tridimensional. Consta de 3 varillas de acero corrugadas longitudinales, una en la parte superior de acero 5000 kg/cm<sup>2</sup> y dos inferiores de acero 6000 kg/cm<sup>2</sup>. Las tres varillas están unidas por medio de varillas diagonales de acero 5000 kg/cm<sup>2</sup> en forma de zigzag. La parte inferior esta colada hasta una altura de 5 cm. de concreto F'c=200 kg/cm<sup>2</sup> que sirve de apoyo para las bovedillas. Estas son los elementos más importantes del sistema porque son las responsables de absorber todas las cargas a que estará sometido el sistema.



## 2. Sistema vigueta y bovedilla

Fuente: [www.armasel.com.mx](http://www.armasel.com.mx)

Las bovedillas son elementos que no cumplen una función estructural, sirven de cimbra y aligeramiento, pueden ser de concreto, poliestireno, barro o algún material que no perjudique al concreto y a la estructura en si.

Las bovedillas están apoyadas sobre las viguetas, sus dimensiones están entre 50 cm. y 70 cm. según la anippac y su altura esta en función del peralte necesario de la losa que va desde 10 cm. hasta 20 cm.

La capa de compresión de concreto  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$  varia entre 3 y 6 cm., sirve como unión entre las viguetas para que la losa trabaje en conjunto, se coloca una malla electrosoldada de acero  $5000 \text{ kg/cm}^2$ , para el efecto de los cambios volumétricos por temperatura y evitar de esta manera los agrietamientos.

#### **2.1.1.2 Losa alveolar o extruida.**

Es un elemento de concreto extruido presforzado que cuenta con huecos en la sección transversal en toda su longitud cuya función es reducir el peso y son aprovechados para las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias.

Según “Servicios y Elementos Presforzados” (SEPSA 2007), estos elementos se utilizan para entresijos, muros de fachada y muros de carga. El concreto con el que están elaborados es de  $F'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  y acero  $Fsp = 19000 \text{ kg/cm}^2$  en torones o alambres.

Sus características geométricas y mecánicas permiten cubrir claros de 4m a 14.5m dependiendo de la carga a que este sometida logrando soportar hasta 2000 kg/m<sup>2</sup>, sobre las placas alveolares se coloca una capa de concreto de F'c= 250 kg/cm<sup>2</sup> y una malla electrososldada 6x6-6/6, para que los elementos sean monolíticos, lograr el efecto de diafragma rígido y evitar la infiltración del agua en las juntas de los elementos.

Los peraltes más comunes que se fabrican en México son de 10, 15, 20, 25 y 30 cm. y de ancho varia entre 1 y 1.20 m.



### 3. Placas de concreto presforzado extruido para conformar una losa.

Fuente: [www.viguetasribe.com](http://www.viguetasribe.com)

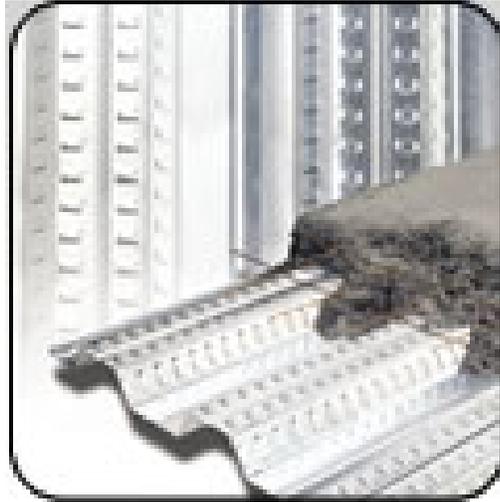
Según Meli Piralla (2004), en zonas sísmicas se pueden presentar movimientos laterales o inversiones de momentos cuando ocurre un sismo, por lo que se recomienda proporcionar refuerzo y anclajes adicionales para lograr continuidad tanto para momento positivo como negativo.

Para proporcionar el refuerzo se requiere que los alvéolos sean colineales, de esta manera el acero de refuerzo para momento negativo se coloca en la parte superior y para momento positivo en la parte inferior, generalmente el refuerzo se coloca en los huecos del alveolo, por lo que se debe rellenar una parte de concreto de tal manera que se verifique la resistencia por adherencia del acero con el concreto.

#### **2.1.1.3 Losacero.**

Este sistema consta de láminas corrugadas de acero apoyadas sobre vigas ya sean de acero o concreto con conectores de cortante y una capa de compresión de concreto colado en sitio con una malla electrosoldada para cambios volumétricos por temperatura. La lámina de acero trabaja a tensión por lo que se reduce o elimina la necesidad de reforzar la parte inferior y el sistema es “particularmente indicado para pisos que debe soportar cargas elevadas” (Meli Piralla, 2004: 319).

La lámina está fabricada con acero estructural galvanizado con un recubrimiento metálico de zinc que da al sistema protección catódica para alargar su vida útil. En ambientes salinos es necesaria la colocación pintura anticorrosiva.



#### 4. Losacero

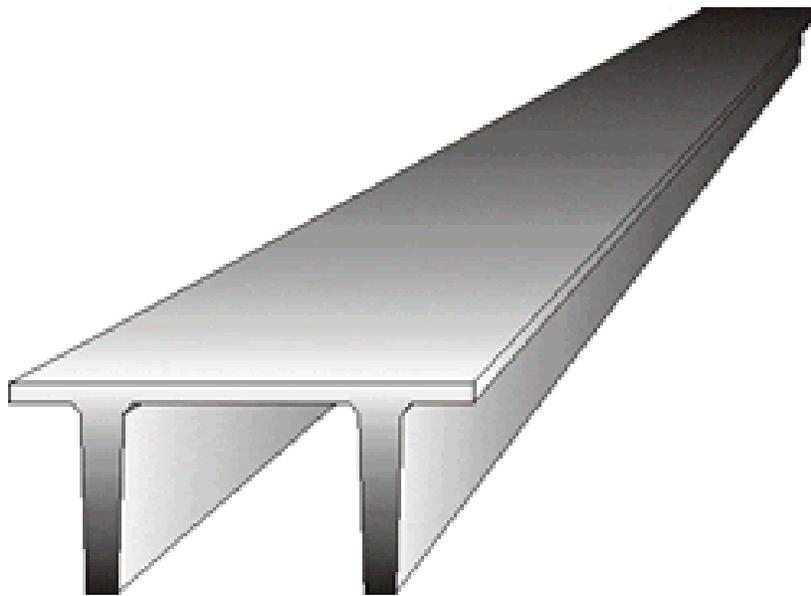
Fuente: [www.imsanet.com](http://www.imsanet.com)

Las secciones comerciales son 36/15 y 4. La primera sección tiene un ancho efectivo de 91.44 cm. y un peralte de 3.81 cm. Para la sección 4 su ancho es de 95 cm. y peralte de 6.35 cm. en esta sección los valles son mas anchos que las crestas, por lo que permite tener un mayor volumen de concreto y gracias a su mayor peralte tiene mas capacidad de carga que la sección 36/15.

Según Meli Piralla (2004), estos sistemas tanto losacero como vigueta y bovedilla pretenden simplificar la cimbra y la propia construcción de la losa que es una de las características de los prefabricados.

#### 2.1.1.4 Sistema a base de elementos T, TT y ATT.

Este sistema consta de traves tipo T, TT o ATT, es muy similar a las losas alveolares, sólo que la sección transversal de las placas tiene forma de T o TT. Son elementos presforzados en forma de T.



#### 5. Trabe tipo TT

Fuente: [www.anippac.org.mx](http://www.anippac.org.mx)

Por la geometría de la sección transversal, estos elementos cuentan con un momento de inercia mayor a los anteriores sistemas mencionados, por lo que es posible cubrir claros grandes que van de 6 m a 12 m en el caso de elementos T, y

de 10 m a 25 m para elementos TT. Los elementos ATT son similares a los TT solo que tienen forma de un parteaguas.

## **2.2 Sistemas mixtos acero y concreto.**

Cabe mencionar que uno de los adelantos en la prefabricación se ha desarrollado en los sistemas mixtos, en estos se trata de aprovechar las características de cada elemento para ubicarlos del material adecuado con el cual desarrolle mayor su trabajo sin dejar afuera el aspecto económico.



### **6. Sistema constructivo mixto (esqueleto de acero y entrepisos de losacero)**

Fuente: [www.lh3.ggpht.com](http://www.lh3.ggpht.com)

En este sistema principalmente se colocan las vigas de acero para los entrepisos y para posteriormente colocar una losacero, siendo también viable

colocar todo el esqueleto de acero y darle terminaciones con el concreto hidráulico.

### **2.3 Tecnologías para la vivienda.**

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en el año de 1992, realizó una convocatoria para concursar tecnologías para la vivienda de interés social, se recibieron 160 trabajos.

Las propuestas fueron diversas, desde la elaboración de casas con materias como tierra, blocks de de polietileno, tableros, concreto presforzado, tecnologías de cimbra, adobe, blocks modulares, tierra estabilizada, paneles de tabique, madera, elementos de acero galvanizado, ferrocemento, etc.

Dentro de los 160 trabajos, algunos proponen la siguiente tecnología:

- 1- Sistema constructivo a base de cimentación convencional, y muros y techos elaborados a base de madera o perfil tubular, bastidores, malla de metal desplegado y aplanados de mezcla.
  
- 2- Sistema “multipanel”, son paneles prefabricados producidos en línea continua, están compuestos por dos laminas de acero galvanizado y

pintado, unidas por un núcleo de espuma rígida de poliuretano, formando un elemento tipo sándwich y con un diseño de unión hembra y macho.

- 3- Panel “struco”, modular, ligero y estructural, formado por 2 caras laminadas exteriores y alma en forma de nido de abeja, es ligero y resistente. Existen dos tipos de paneles el estructural y el no estructural, el primero cuenta con un núcleo formado por celdillas hexagonales de celulosa Kraft y el no estructural esta formado por espuma de poliestireno.
- 4- Sistema constructivo llamado CASAPAK constituido por cimentación de concreto armado, así como muros y techos a base de bastidores de madera y fibrocemento MURECA.
- 5- Sistema constructivo “CLIMATEX” a base de cimentación prefabricada, muros y techos con paneles ligeros, prefabricados de fibra larga de madera y cemento Pórtland.
- 6- Estructura metálica que consiste en la producción industrial de elementos estructurales(trabes y columnas, de lamina negra o galvanizada de diversos calibres (20, 14, 13, 10) con placas de acero que contienen tuercas soldadas las que permiten fijar los elementos horizontales a las verticales con tortillería convencional.

Los vanos entre los elementos verticales y horizontales se complementan, con elementos tradicionales (tabique, block, placas de concreto).

7- Construcción de adobe avanzada utilizando blocks de adobe para acoplarlos sin la necesidad de unidores, la estructura es de acero.

8- Sistema constructivo a base de “series de blocks modulares y comprimidos” con distintos diseños de acuerdo al lugar que ocupan y el destino que tienen en el muro.

Su diseño facilita el ensamblaje, formando muros que se traslapan en todas direcciones sin la necesidad del uso de aglutinantes o pegamentos. No forman muros monolíticos lo que les confiere gran elasticidad.

Con los diferentes tipos de blocks se obtienen desviaciones en cualquier dirección que reclame el proyecto arquitectónico.

Partiendo de la cimentación, sustituyen columnas, trabes y cadenas de cerramiento en casas de un nivel. Así mismo se puede calcular para dos plantas o como muros divisorios o de carga en estructuras tradicionales.

9- Sistema constructivo que emplea elementos prefabricados de concreto reforzado PANELCRETO con dimensiones de 60x250x 14 cm de sección transversal en forma de doble T. su peso es de 190 kg y presenta un acabado aparente liso para ser utilizado en muros y losas.

10- Sistema constructivo que emplea la tecnología de ferrocemento. La cimentación es a base de concreto armado y la estructura de muros y techos con membranas de ferrocemento. Dicha estructura tiene una consistencia monolítica de gran resistencia.

Todos estos datos fueron obtenidos del catalogo del 1<sup>er</sup> concurso nacional de tecnologías para la vivienda de interés social, mismo donde se puede obtener mayor información sobre alguna de estas tecnologías.

Al analizar los procesos constructivos de estas tecnología todas presentan la necesidad de elaborar concreto hidráulico en el sitio de la obra, lo que tiene como antecedente la especialización de una persona para elaborarlo y las posibles deficiencias de su elaboración o colocación.

Algunos elementos superan el peso que dos personas podrían manejar y es necesario utilizar grúas para su colocación final.

#### **2.4 Ventajas y desventajas de los sistemas prefabricados.**

El costo de construcción de una obra es lo que determina el procedimiento constructivo de un proyecto, dicho costo esta en función de los tiempos de construcción y en ocasiones la decisión final sobre el procedimiento esta en función de el tiempo de terminado de la obra porque al parecer quien esta interesado en la ejecución sabe que entre más tarde la obra el dinero no esta

dando utilidades y si la obra se ejecuta en menor tiempo pues es obvio que el inversionista esta obteniendo las utilidades pronto, cabe mencionar también que el dinero que no tiene flujo se vuelve más caro conforme el tiempo, por lo que un peso al no estar en circulación al siguiente día ese peso ya cuesta 1.1 peso y así sucesivamente, de modo que el valor del dinero varia con el tiempo.

Dentro de las ventajas de los sistemas prefabricados se encuentran:

- 1- Mejores materiales a emplear: aceros y concretos de mejor comportamiento y resistencia.
- 2- Mayor control de calidad.
- 3- Curado con vapor en el caso del concreto hidráulico.
- 4- Aprovechamiento de tiempos muertos de obra para la producción de elementos. Por ejemplo durante la preparación del terreno se pueden ir ensamblando algunos elementos que lo requieran.
- 5- Reducción del personal de obra.
- 6- Menor tiempo de ejecución lo que hace que la inversión se recupere mas pronto. Por ejemplo una cadena de tiendas realiza ventas desde el momento de su apertura.
- 7- Se ahorra considerablemente en la cimbra de contacto, aproximadamente el 95% según anippac.
- 8- Los acabados de la obra pueden quedar integrados para dar un mejor aspecto.
- 9- Al ser industrializados, los moldes se pueden usar de manera repetitiva, en consecuencia son mas económicos.

10-Existen en el mercado perfiles de acero con características variables para seleccionar el adecuado.

11-Se pueden salvar claros grandes ya sea con elementos presforzados de concreto o con vigas de acero IPS.

#### Desventajas:

1- Los planos deben estar más detallados tanto los de construcción como los de montaje.

2- Debe existir una planeación mas detallada, desde el transporte de los materiales como de su colocación y movimientos para especificar que maquinaria y espacios son requeridos.

3- La inversión se hace en menos tiempo, por lo que es más fuerte la inversión inicial.

4- De acuerdo al proyecto en ocasiones se requiere de maquinaria pesada.

5- Mano de obra especializada.

6- Son elementos pesados.

## **CAPÍTULO 3**

### **ELEMENTOS PREFABRICADOS**

En este capítulo se menciona los tipos de elementos prefabricados como lo son las vigas, columnas y cimentación de concreto, así como las normas que rigen estos elementos. También se refiere a los elementos prefabricados de acero, aceros estructurales y tipos de construcción en acero.

#### **3.1 Elementos prefabricados de concreto.**

El concreto es una piedra artificial resultado de “una mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua” (McCormac, 2006: 1), también se puede incorporar aditivos que sirven para modificar sus características como el revenimiento, tiempo de fraguado, inclusión de aire, ductilidad, etc. según sea el uso que tendrá.

El concreto se caracteriza por tener una alta resistencia a la compresión y poca resistencia a la tensión. Los esfuerzos de tensión son absorbidos por el acero por lo que en este caso se llama concreto reforzado.

En la actualidad se ha implementado otro tipo de concreto llamado “concreto presforzado” que según McCormac (2006) es la adición de esfuerzos internos que son inversos a los causados por las cargas de servicio o de trabajo. Estos esfuerzos se logran con alambres de acero de alta resistencia tensados.

El concreto prefabricado es la elaboración del concreto, de acuerdo a las características del proyecto, en un taller especializado, el concepto prefabricado se refiere según [www.encarta.com](http://www.encarta.com) (2007) a un elemento o sistema constructivo manufacturado y posteriormente transportado para su puesta en obra; de acuerdo con el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC) es la producción de elementos constructivos fuera o al pie de la obra.

Lo que hace la prefabricación es trasladar la mano de obra del lugar de construcción a una fábrica y de ser posible producir los elementos en serie.

### **3.1.2 Vigas.**

Las vigas son elementos que trabajan esencialmente a flexión, el desarrollo de este elemento prefabricado se ha dado con la implementación de esfuerzos contrarios a los que estará sometido, o sea, son elementos presforzados, donde los tendones se presfuerzan antes de colocar el concreto. Se requieren de moldes enterrados en el suelo que sean capaces de resistir las fuerzas del preesfuerzo durante el curado y el colado para que la fuerza pueda ser transmitida al elemento. Están elaboradas con concreto y acero o torones para el preesfuerzo. Los torones constan de siete alambres torcidos cuya resistencia a la ruptura es de 19000 kg/cm<sup>2</sup>, los diámetros de los alambres van desde 3/8" hasta 0.6.

### **3.1.3 Columnas.**

Estos elementos trabajan a compresión y en zonas sísmicas como es el municipio de Uruapan, trabajan además de compresión a flexión, las columnas prefabricadas se utilizan en edificios de poca altura. También se le impone un preesfuerzo cuya finalidad es resistir los esfuerzos de traslado y claro esta que al presforzarlas disminuye la resistencia a compresión y aumenta un poco la resistencia de fuerzas laterales. La empresa de Servicios y Elementos Presforzados (SEPSA) patentó una conexión de columnas con viga que garantiza que sean elementos monolíticos y consta de un nudo donde existe el armado del acero sin concreto que una vez colocados adecuadamente los elementos se cuela en sitio dicho nudo con aditivos que estabilizan el volumen y le dan fluidez al concreto.

### **3.1.4 Cimentación.**

La cimentación es la parte que recibe los esfuerzos de toda la estructura para trasladarlos a suelo, este elemento trabaja a flexión y compresión, el suelo es una estructura que no resiste esfuerzos de tensión por lo que se debe diseñar de tal manera que no existan dichos esfuerzos.

Existen elementos prefabricados de cimentación que comúnmente son llamados candeleros y consta de un canal de concreto donde se colocan las

columnas o dados de cimentación donde se coloca la columna con geometría determinada para posteriormente nivelarla y colocar concreto de relleno.

### **3.2 Normas técnicas sobre concreto prefabricado.**

A continuación se menciona lo referente a concreto prefabricado, lo cual se describe en las normas técnicas complementarias para el Distrito Federal 2004.

#### **3.2.1 Requisitos generales.**

Las estructuras prefabricadas se deben diseñar con los criterios que se emplean para estructuras coladas en el sitio, tomando en cuenta los esfuerzos que tendrán durante su fabricación, transporte y montaje, “así como las condiciones de restricción que den las conexiones, incluyendo la liga con la cimentación” (Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (NTC), 2004: 194)

“En la estructuración de edificios se deberá proporcionar marcos o muros con resistencia a cargas laterales en dos ejes ortogonales de la estructura”. (NTC, 2004: 194)

En elementos estructurales donde se empleen prefabricados y colados en sitio se aplicara los requisitos de vigas de sección compuesta.

### **3.2.2 Estructuras prefabricadas.**

Se deben diseñar las estructuras prefabricadas por sismo con un factor Q igual a 2.

“Se podrá usar un factor Q igual a 3, cuando la estructura prefabricada emule a una colada en sitio y la conexión de los elementos se lleve a cabo en una sección donde los momentos flexionantes de diseño debidos a sismo tengan un valor no mayor que el 60 por ciento del momento flexionante total debido a cargas muerta, viva y accidental en la sección crítica por sismo, del elemento de que se trate. Además, la estructura debe cumplir con los requisitos para Q igual a 3 que se especifican en el Capítulo 5 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo y en el Capítulo 7 de estas Normas. Cuando el signo de los momentos flexionantes se invierte a causa del sismo, se diseñarán las conexiones viga–columna de acuerdo con la sección 7.5”. (NTC, 2004: 194)

### **3.2.3 Conexiones.**

“Las conexiones se diseñarán de modo que el grado de restricción que proporcionen esté de acuerdo con lo supuesto en el análisis de la estructura, y deberán ser capaces de transmitir todas las fuerzas y momentos que se presentan en los extremos de cada una de las piezas que unen. Cuando una conexión forme parte del sistema estructural de soporte ante acciones laterales, deberá resistir no menos que 1.3 veces el valor de diseño de las fuerzas y momentos internos que transmita. En marcos formados por elementos prefabricados se define como nudo

aquella parte de la columna comprendida en el peralte de las vigas que llegan a ella. La conexión viga–columna entre elementos prefabricados puede efectuarse dentro del nudo o en las zonas adyacentes o alejadas del mismo. Cuando se aplique  $Q$  igual a 3, no deberán hacerse dentro del nudo. Las conexiones deberán cumplir los requisitos siguientes:

a) En conexiones que formen parte del sistema estructural de soporte ante cargas laterales, la resistencia,  $f_c$ , del concreto empleado en las conexiones entre elementos prefabricados, requerido para transmitir esfuerzos de tensión o compresión, deberá ser al menos igual a la mayor que tengan los elementos que conectan.

b) El acero de refuerzo localizado en las conexiones de elementos prefabricados, requerido para transmitir esfuerzos de tensión o compresión, deberá tener un esfuerzo especificado de fluencia no mayor que 412 MPa (4 200 kg/cm<sup>2</sup>).

c) En las conexiones se deberá colocar refuerzo transversal con el diámetro y la separación indicados en estas Normas para estructuras coladas en el lugar de manera que se asegure la resistencia y el confinamiento requeridos en la conexión, de acuerdo con el valor de  $Q$  usado al diseñar.

d) Si la conexión se realiza dentro del nudo deberá cumplir con los requisitos mencionados en la sección 6.2.5. Se deberá asegurar el confinamiento del nudo como se indica en la sección 6.2.6. Se deberá asegurar que la articulación plástica se presente en la viga y se deberá cumplir con lo especificado en la sección 6.8.

e) Cuando se utilicen colados en sitio para garantizar la continuidad de una conexión, donde quiera que ésta se encuentre, deberán realizarse por la parte superior de ella obligando al uso de cimbras en caras laterales (costados) e inferiores (fondo) de la conexión.

f) Al detallar las conexiones deben especificarse las holguras para la manufactura y el montaje. Los efectos acumulados de dichas holguras deberán considerarse en el diseño de las conexiones. Cuando se diseñe la conexión para trabajar monolíticamente, las holguras deberán rellenarse con mortero con estabilizador de volumen de manera que se garantice la transmisión de los esfuerzos de compresión y cortante.

g) Cada ducto que atraviesa un nudo deberá tener un diámetro de por lo menos el doble del diámetro de la barra que contiene y se rellenará con lechada a presión de modo que asegure la adherencia de las barras.

h) Todas las superficies de los elementos prefabricados que forman parte de una conexión deberán tener un acabado rugoso, de 5 mm de amplitud aproximadamente; estas superficies se limpiarán y se saturarán de agua cuando menos 24 horas antes de colar la conexión. En el colado de la conexión se incluirá un aditivo estabilizador de volumen”. (NTC, 2004: 195)

#### **3.2.4 Sistemas de piso.**

“En edificios con sistemas de piso prefabricados se deberá garantizar la acción de diafragma rígido horizontal y la transmisión de las fuerzas horizontales a los elementos verticales. Para este fin se aplicará lo dispuesto en la sección 6.6. El firme estructural que allí se menciona puede estar reforzado con malla o barras de acero colocadas al menos en la dirección perpendicular al eje de las piezas prefabricadas. Cuando no pueda garantizarse mediante un firme la acción conjunta de los elementos prefabricados, se deben proveer conectores mecánicos a lo largo de los lados de las piezas adyacentes, según se requiera para transmitir las fuerzas cortantes en el plano, la tensión por cambio de temperatura y los efectos por contracción”. (NTC, 2004: 195).

#### **3.3 Elementos prefabricados de acero.**

El acero es un material compuesto de hierro y carbono, estos son dos componentes principales además de otros minerales como el silicio, manganeso,

en poca proporción. El principal componente del acero es el hierro. Los aceros prefabricados pueden ser elaborados en frío o en caliente.

### **3.3.1 Acero laminado en caliente.**

Es donde el lingote o la plancha colada se calienta al rojo vivo en un horno denominado foso de termodifusión y a continuación se hace pasar entre una serie de rodillos metálicos colocados en pares que lo aplastan hasta darle la forma y tamaño deseados.

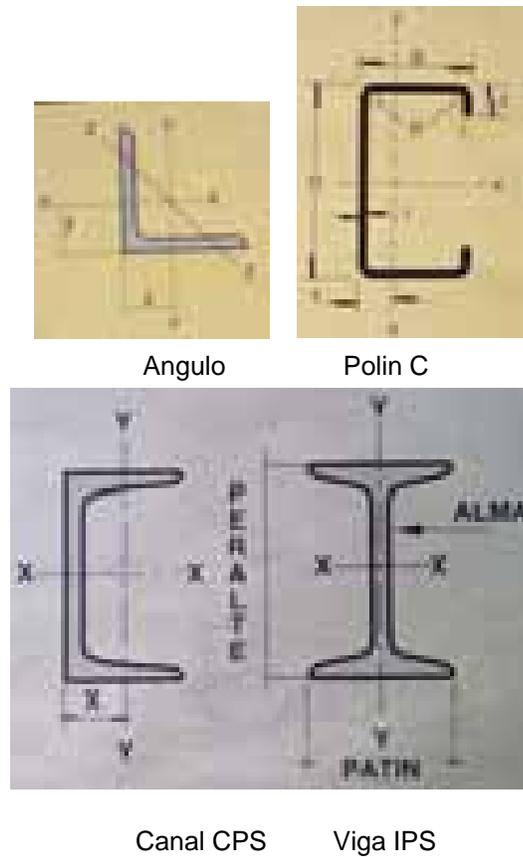
### **3.3.2 Acero laminado en frío.**

Es el que se forja al pasar las hojas de metal por rodillos mecánicos o prensas a temperatura ambiente para doblarlo y obtener la geometría deseada. Se distinguen del laminado en caliente por contener esquinas redondeadas y elementos planos esbeltos.

### **3.3.3 Perfiles.**

Los perfiles son elementos Prefabricados de acero que se denominan con literales de acuerdo a la geometría de la sección transversal, por ejemplo para perfiles en ángulo se designa la L, secciones estructurales huecas HSS, Tes estructurales (WT, ST, MT), canales C, perfiles diversos M, perfiles de pilotes de punta HP y tubos circulares P. Las secciones en forma de I pueden clasificarse

como perfiles de patín ancho denominando con la W, vigas estándar americanas (S).



## 7. Algunos perfiles prefabricados.

Fuente: Iván Cornejo Vázquez

### 3.4 Aceros estructurales.

A36

Es el acero que tiene un contenido máximo de carbono que varía entre 0.25% y 0.29 % dependiendo del espesor, es el acero utilizado para los perfiles M, S, HP, C, MC, MT, ST y L así como placas. Este acero tiene un esfuerzo de fluencia de 36 ksi, el esfuerzo último de tensión es de 58 ksi, y es el acero que en

México se utiliza para la elaboración de los perfiles más comerciales como polin monten, ángulo, PTR, tubulares, canales CPS, vigas IPS e IPR, tubo OR que algunos de ellos son los que se utilizarán en la presente tesis.

#### A572

Es un acero de alta resistencia de calidad estructural y baja aleación, cuentan con cantidades moderadas de elementos de aleación diferentes del carbono como cromo, columbio, cobre, magnesio, molibdeno, níquel, vanadio y zirconio. Existen cinco grados de acero 42, 50, 55, 60 y 65, el termino grado especifica el nivel de esfuerzo de fluencia. El esfuerzo último de tensión de estos aceros corresponde a 60, 65, 70,75 y 80 ksi respectivamente.

#### A992

Es un acero de alta resistencia de calidad estructural y baja aleación; solo cubre los perfiles W con el fin de utilizarlos en la construcción de edificios. Su límite de fluencia es superior a 65 ksi y tiene relación con el esfuerzo último a tensión de 0.85. El porcentaje máximo de carbono es de 0.5%, cuanta con características de buena soldabilidad y excelente ductilidad.

#### A588

Es un acero resistente a la corrosión atmosférica, tiene color púrpura, baja aleación con fluencia mínima de 50 ksi, es producido principalmente para estructuras soldadas y atornilladas, resiste a la corrosión atmosférica cuatro veces más que el A36.

A514

Es un acero de baja aleación enfriado y templado, se especifica para las placas cuyo esfuerzo de fluencia mínima es de 90 a 1000 ksi. Este acero se utiliza para edificaciones muy altas, donde se requieren límites grandes de esfuerzo de fluencia.

### **3.5 Tipos de construcción en acero.**

De acuerdo con el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA). Se clasifican tres tipos de construcción básicos:

Tipo 1: “marco rígido”, es el que es capaz de transmitir, en las conexiones entre vigas y columnas, los esfuerzos a los que estará sometido el marco de tal manera que no se modificará el ángulo original en dicha junta. Existe empotramiento en la conexión de sus miembros.

Tipo 2: “apoyo simple”, es el que tiene un apoyo de tal manera que los extremos están diseñados para resistir solo fuerza cortante y están libres para girar.

Tipo 3: “marco semirrígido”, es aquel donde sus extremos están parcialmente empotrados. Supone en las conexiones de las vigas una capacidad

conocida y confiable de momento, intermedia entre la rigidez del Tipo 1 y la flexibilidad del Tipo 2.

## CAPÍTULO 4

### DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICA

En este capítulo se verá la descripción estructural, los elementos que conforman un módulo y cómo se pretende construirlo. También se propone la distribución arquitectónica en base a dicho módulo para una casa habitación de dos niveles.

#### 4.1. Descripción general.

El proyecto de la casa habitación objeto de esta investigación se basa en la repetición de un módulo, cuyas dimensiones son 3x3x3m, que determina tanto la estructura como la distribución de los espacios. Cada módulo está diseñado con el espacio para una ventana de 1x1.5m y una puerta de 1x2m, como se muestra en la figura 8, para que en caso de ser necesario se instalen o no dependiendo de los requisitos arquitectónicos.

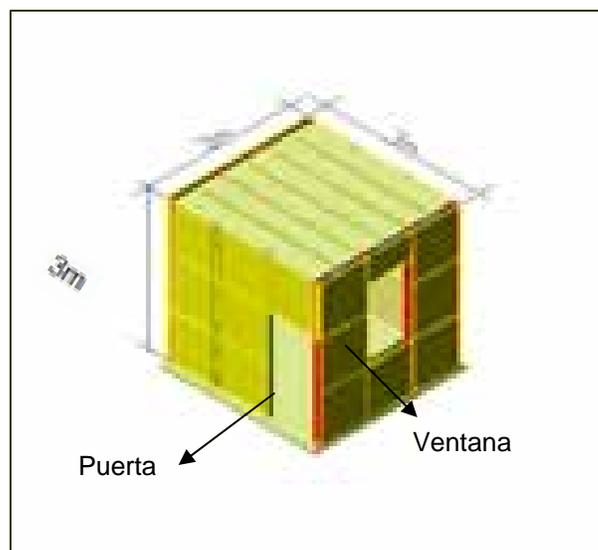


Figura 8. Módulo

Fuente: Iván Cornejo Vázquez.

El módulo está conformado con una estructura de perfiles de acero, dicha estructura cuenta con revestimiento interno y externo a base de placas de concreto, el sistema de entepiso y azotea esta compuesto con perfiles de acero y placas de concreto reforzado, la cimentación es una losa de cimentación de concreto reforzado.

Todos lo elementos de la estructura de un módulo tienen el peso para que dos personas puedan transportarlos y colocarlos en el lugar donde será ensamblados por medio de tornillos, a excepción de la losa de cimentación que debe ser colada en sitio.

#### **4.1.1. Entepiso y azotea.**

El entepiso y la azotea es un sistema de vigas de acero y placas de concreto como se muestra en la figura 8.1.

Dicho sistema está compuesto de 7 vigas de perfiles de acero 5x2" calibre 14 y 2 de 4x2" calibre 14, las primeras 7 vigas tienen la función de sostener las placas de concreto y las ultimas 2 son para lograr la conexión con las columnas, todas cuentan con agujeros en toda su longitud para la colocación de los tornillos que unen las placas de concreto o las conexiones con las columnas según sea el caso, Figura 8.2.

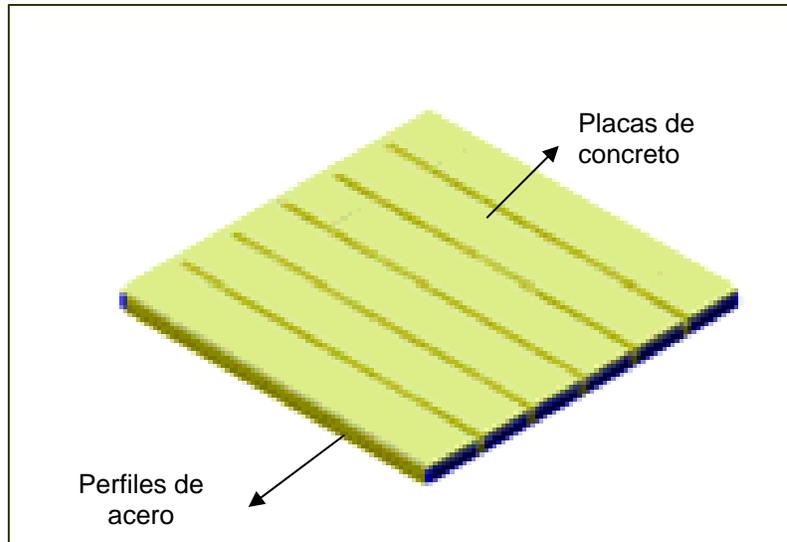


Figura 8.1. Entresuelo y azotea.

Fuente: Iván Cornejo Vázquez.

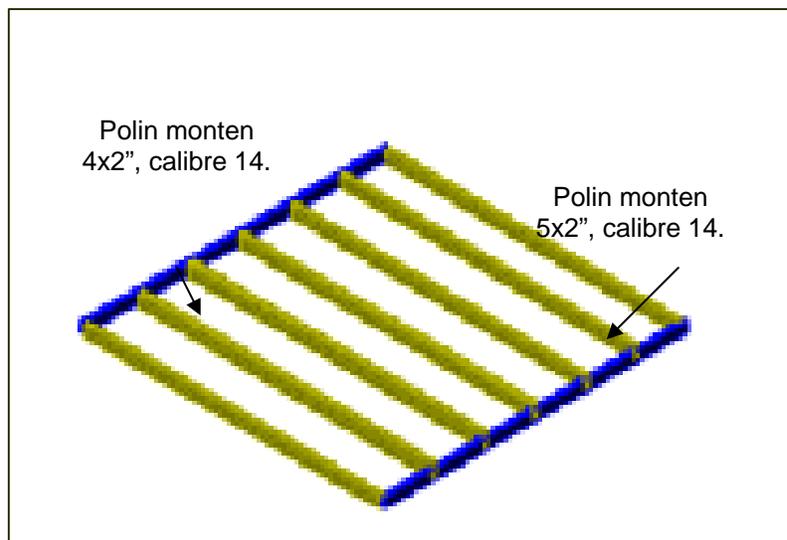


Figura 8.2. Perfiles de acero en entresuelo y azotea.

Fuente: Iván Cornejo Vázquez.

También lo conforman 36 placas de concreto reforzado  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$  de 5cm, las dimensiones de cada placa son de 50x50cm, cada placa tiene 4 tubos de 3/8" de diámetro ahogados en el concreto para la colocación de los tornillos, con la finalidad de no dañar al concreto con la presión de apriete de los tornillos, figura 8.3.

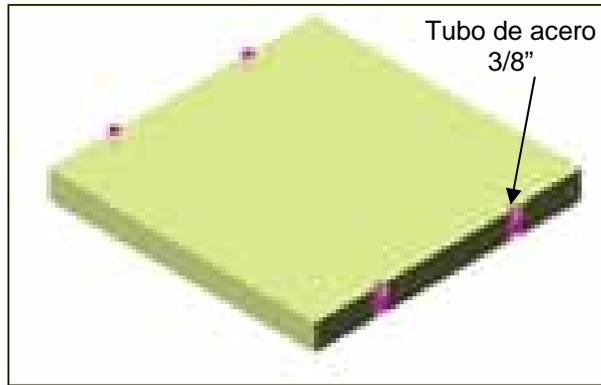


Figura 8.2. Placas de concreto reforzado.  
Fuente: Iván Cornejo Vázquez.

#### 4.1.2. Columnas.

Las columnas son de perfiles de acero polin monten 5x2" calibre 14 con una longitud de 3m, también se colocan 4 perfiles tubulares 2x1" calibre 18 que tienen la función de sujetar las placas de concreto donde no hay columnas. Están distribuidas como se muestra en la figura 9, los polines y los tubulares tienen en toda su longitud agujeros que sirven para la sujeción de las placas de concreto de revestimiento, además de que las 8 columnas tienen en sus extremos agujeros para la colocación de las conexiones en cimentación y en las vigas de entrepiso o azotea según sea el caso.

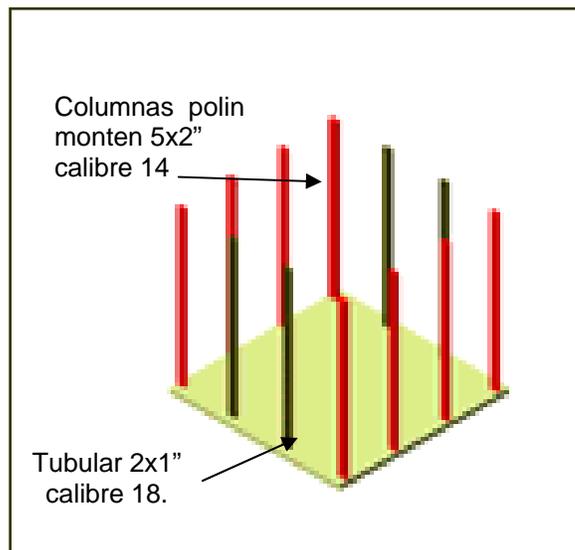


Figura 9. Columnas.  
Fuente: Iván Cornejo Vázquez.

#### **4.1.3. Placas de revestimiento.**

Las placas de revestimiento tienen dimensiones 1x1x0.025m, las internas son de concreto  $F'c = 30 \text{ kg/cm}^2$  elaboradas de cemento con aserrín para que sean térmicas y las exteriores de  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , cada placa tiene 4 tubos de 3/8" unidos con alambres #2 ahogados en el concreto para la colocación de los tornillos.

#### **4.1.4 Conexiones.**

El sistema de conexión que se forma entre las placas de entrepiso o azotea y las vigas es similar al de las bisagras que están formadas por dos laminas y un pasador que las une permitiendo su movimiento, la diferencia en este sistema es que no permite el movimiento por la presión de apriete de los tornillos.

Se utilizan tornillos de 1/4 x 2" A-380 y los tubos que se colocara para insertar los tornillos son de 3/8" con una longitud de 4 cm para dejar 1 cm y la cabeza del tornillo alcance a quedar 0.5 cm debajo del nivel superior de dicha placa.

El sistema de conexión en las placas de revestimiento es similar al de las placas de entrepiso solo que los tubos son de una longitud de 2 cm.

Las conexiones entre vigas de entrepiso y columnas constan de ángulo de 1/8x2" y PTR 1/8x2x2", figura 10, ambos con una longitud de 8 cm, se diseñarán

para resistir el esfuerzo cortante. La conexión entre columna y cimentación también es por medio de ángulo de 1/8x2", como se ilustra en la figura 10.1.

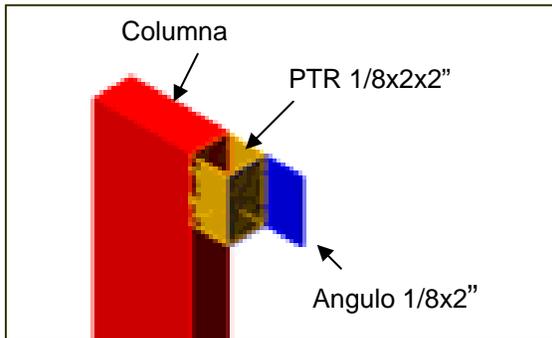


Figura 10. Conexión viga-columna.  
Fuente: Iván Cornejo Vázquez

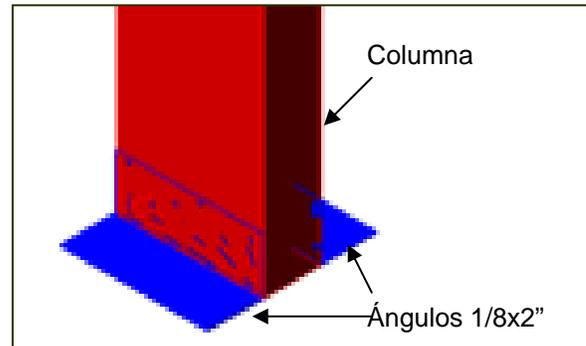


Figura 10.1. Conexión columna-cimentación.  
Fuente: Iván Cornejo Vázquez

#### 4.1.5. Cimentación.

Se pretende colocar una losa de cimentación de concreto reforzado  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , colada en sitio, habilitada con anclas donde se colocarán las columnas. Las dimensiones de dicha losa son 3x3m, el espesor lo dictara el diseño.

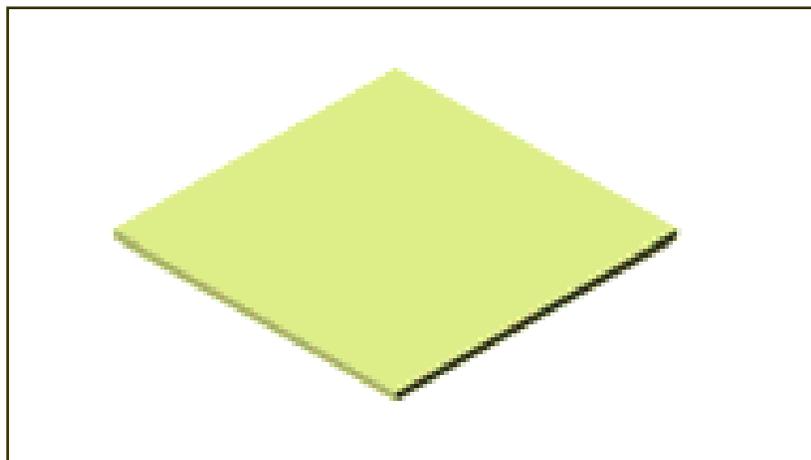


Figura 11. Losa de cimentación.  
Fuente: Iván Cornejo Vázquez

## 4.2 Descripción arquitectónica.

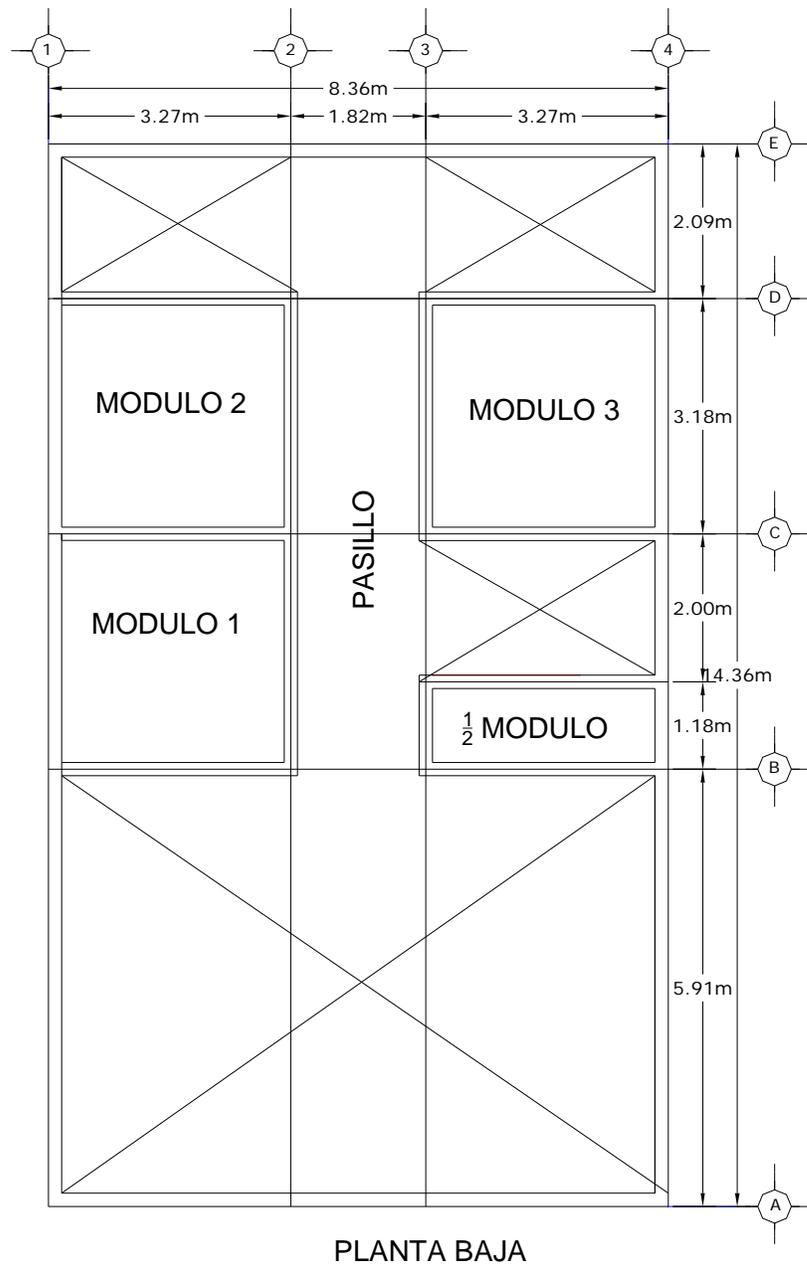
La casa habitación se basa en la repetición del módulo descrito en el inciso 4.1 y determina tanto la estructura como la distribución de los espacios. El terreno es una superficie de 8.5x14.5 m, constará de 2 plantas; 3.5 módulos en la planta baja, 2 para sala-comedor, 1 para cocina y  $\frac{1}{2}$  para baño y 3.5 en la planta alta, 3 para dormitorios y  $\frac{1}{2}$  para baño. También se cuenta con cochera para 2 autos compactos.

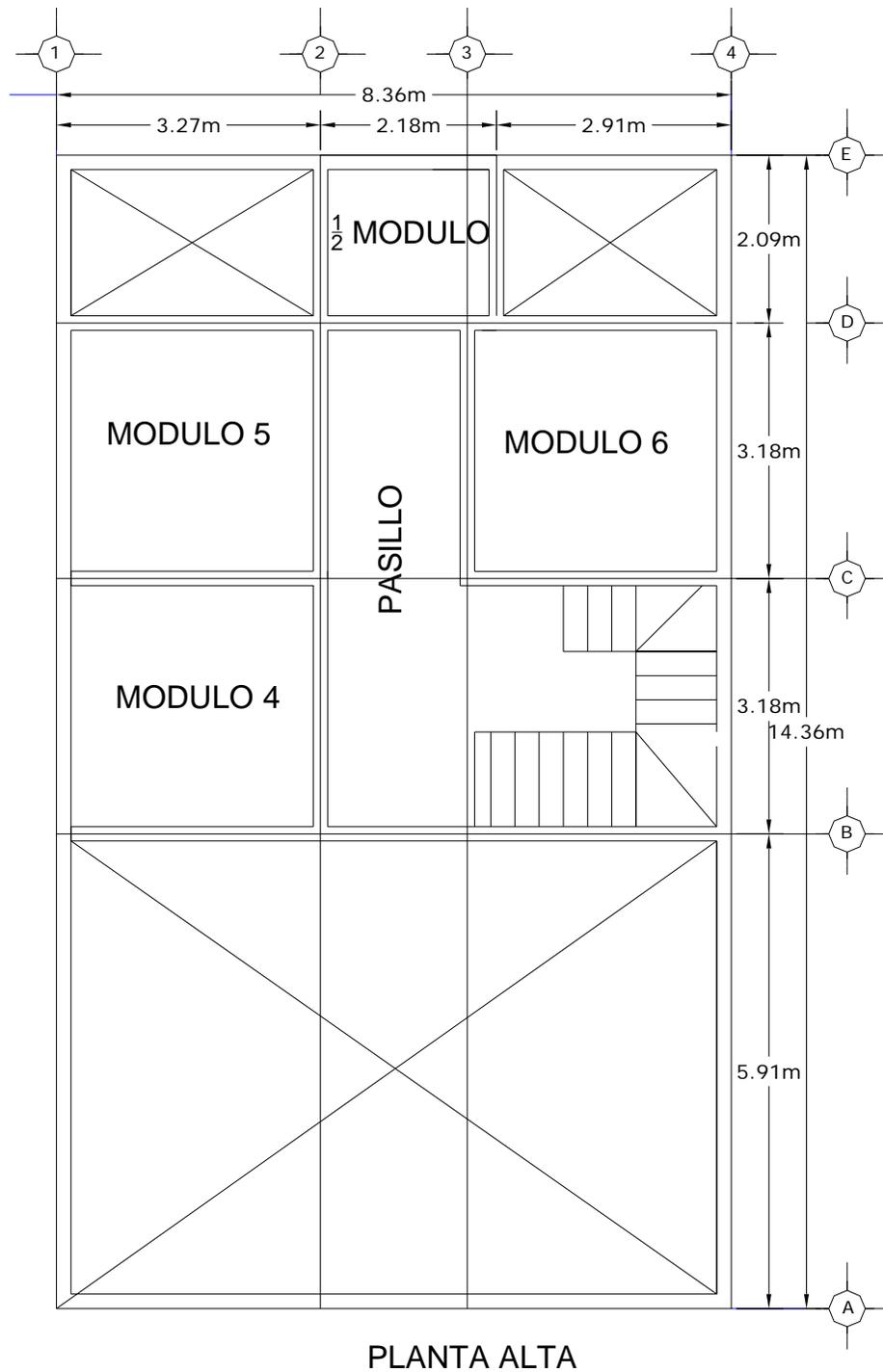
En la planta baja se distribuye el espacio para colocar dos módulos a un costado y dos hacia el otro costado, dejando un pasillo al centro, dicho pasillo tiene dimensiones de tal manera que se pueda construir con el mismo sistema, ósea, que las placas de entrepiso restringen el ancho, por lo que debe ser un espacio con dimensiones tomando como base los 50cm para que se puedan colocar 3 placas.

Se instalarán los módulos 1 y 2 seguidos que harán la función de sala-comedor colocando el espacio para la puerta y ventana en cada uno de ellos y no contarán con las paredes colindantes para dejar el espacio comunicado, en el módulo 3 se destina la cocina y se le instalarán 2 puertas y un espacio para una tercera pero sin colocarla. Finalmente en el lugar para un 4 módulo se instalan las escaleras y bajo ellas un baño.

En la planta alta están los módulos 4, 5 y 6 distribuidos con las mismas características que los de la planta baja y también el pasillo, al final de este se coloca un baño completo regido por las placas de entrepiso.

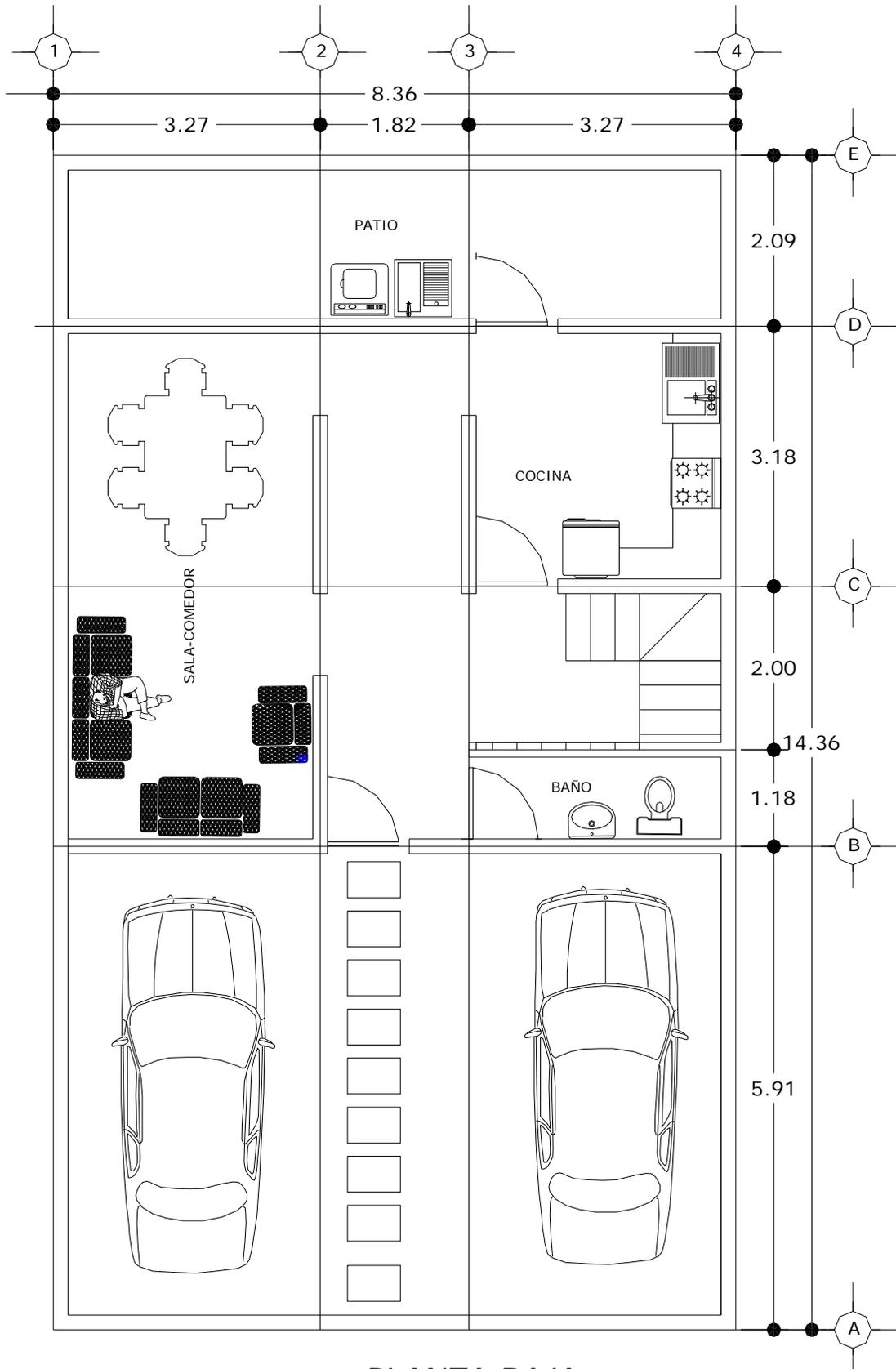
En los siguientes 2 planos se muestra la distribución de los módulos en la planta baja y alta.



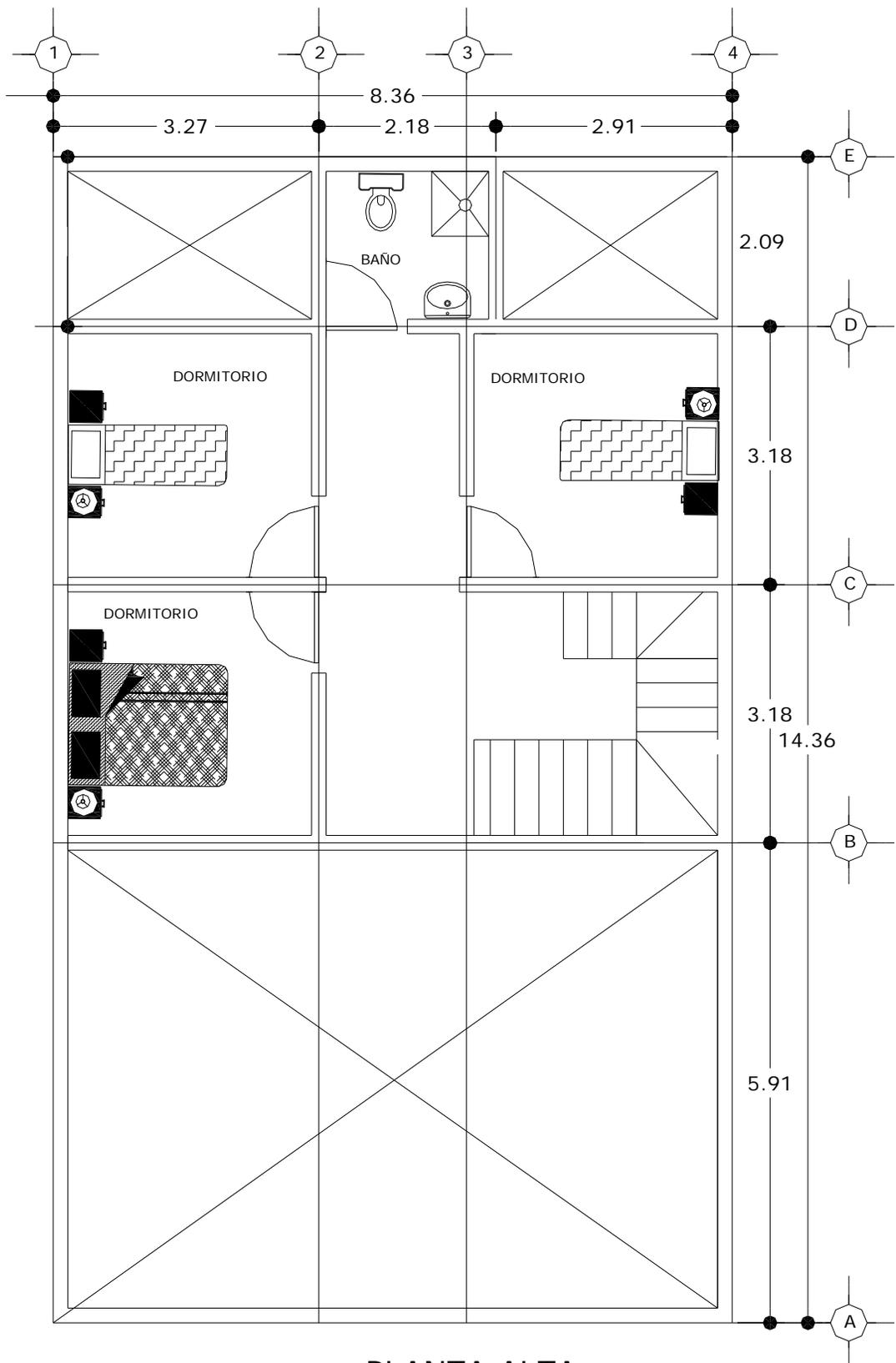


De esta manera se pretende tener la distribución para la casa habitación como se ilustra en los siguientes 2 planos que corresponden a planta baja y alta.

Acotaciones en metros.



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Como se explicó en este capítulo, con los elementos de acero y concreto se conformará un módulo prefabricado para armarlo con tornillos y en base a éste hacer la distribución de la estructura y de espacios como se ilustra en los planos y así armar una casa habitación de dos niveles, con tres dormitorios, 1 ½ baño, cochera para dos autos compactos, sala-comedor, cocina y patio de servicio.

## **CAPÍTULO 5**

### **METODOLOGÍA**

Este capítulo contiene la metodología que se siguió para la realización de este trabajo de investigación, la metodología de investigación, se basa en la aplicación del método científico, para así garantizar que la investigación tiene un sustento en la ciencia y por lo tanto se puede considerar fiable y verídica.

También se menciona el enfoque cualitativo, alcance de la investigación que es exploratorio y diseño no experimental que se le dio a esta investigación, se analizan las herramientas o instrumentos de recopilación de datos, así pues de manera general se realizará una descripción del procedimiento de investigación que se llevo acabo para la ejecución de este trabajo de investigación.

#### **5.1 Enfoque de investigación.**

Este trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo, ya que según Sampieri se utiliza para responder preguntas de investigación y probar hipótesis por medio de la correlación y el análisis de datos basados en la medición numérica.

Este enfoque elige una idea que lleva a una pregunta de investigación o varias según sea el caso lo que hace generar hipótesis y variables, una ves

establecida la idea, la o las preguntas de investigación, variables e hipótesis se procede a genera un plan para probarlas, se miden las variables para proceder al análisis de las mediciones y finalmente llegar a las conclusiones.

## **5.2. Alcance de la investigación.**

En la presente investigación se tuvo un alcance exploratorio debido a que ha sido poco estudiado y existen muchas preguntas sin respuesta.

Los estudios exploratorios son aquellos que sirven para preparar los conocimientos sobre algo totalmente desconocido o si existe poca información sobre lo estudiado, en dicho estudio pocas veces constituye un fin en si mismo y se caracteriza por ser mas flexible en su metodología, es mas amplio y disperso.

## **5.3 Diseño de la investigación.**

En el presente trabajo se utilizó investigación no experimental, esta investigación se clasifica en dos tipos, transeccional y longitudinal. La investigación longitudinal es aquella que se centra en estudiar como evolucionan las variables y analiza los cambios a través del tiempo de un evento y la investigación transeccional de acuerdo con Sampieri se centra en analizar en un momento dado el fenómeno, esta última investigación experimental es la que se utilizó en la presente investigación.

### **5.3.1 Diseño transeccional.**

Como ya se mencionó los diseños de investigación transeccional recolectan datos en un solo momento y su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento específico. El diseño transeccional se clasifica en exploratorio, descriptivo y de correlación-causal.

El diseño transeccional exploratorio es el que comienza a conocer un fenómeno, variable, evento o situación y se aplica a investigaciones nuevas o poco conocidas, sirven para inmersiones iniciales en el evento o fenómeno que se quiere estudiar.

El diseño descriptivo es el que tiene como objetivo indagar en la incidencia y valores donde intervienen una o más variables.

El diseño correlacional-causal es el que describe relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento específico para proporcionar su descripción.

En la presente investigación se utilizó el diseño transeccional del tipo exploratorio porque su propósito fué comenzar a conocer una situación ya que el problema de investigación es poco conocido y relativamente nuevo.

#### **5.4 Instrumentos de recopilación de datos.**

Los instrumentos empleados para la recopilación de datos fueron la investigación documental porque se emplearon diversos libros y revistas sobre la construcción prefabricada además de consultar las Normas Técnicas Complementarias, que rigen en la República Mexicana, las del Distrito Federal publicadas en el año 2004.

Otro instrumento fue el software conocido como Excel de Microsoft Office para introducir los datos de elementos mecánicos y características numéricas de dicha construcción, también se utilizó el software llamado Sap2000 que fue utilizado para la modelación del sistema prefabricado y así analizar el comportamiento ante un sismo y poder dictar una solución ante dicho fenómeno.

#### **5.5 Descripción del proceso de investigación.**

La investigación se inició con la recopilación de información sobre perfiles de acero existentes en el mercado para tomarlos como base en la construcción, sus características físicas como dimensiones y espesores y sus características mecánicas como sus módulos de sección, momentos de inercia y tipo de acero, esta información se encontró en los manuales que proporcionan diversos fabricantes.

Posteriormente se investigaron los elementos prefabricados de concreto para conocer sus características físicas y mecánicas para determinar si alguno de ellos sería útil para el proyecto llegando a la conclusión que ninguno lo fue.

También se analizaron los diversos sistemas de construcción prefabricada que han surgido en la República Mexicana para verificar si eran de utilidad para el proyecto, dando como resultado que en base a los objetivos no eran útiles porque se requieren de maquinaria para mover y colocar la mayoría de los elementos y uno de los objetivos de este proyecto es que entre dos personas puedan moverlos y colocarlos en su sitio.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES

En este capítulo se hace el análisis sísmico de la estructura para en base a ello diseñar los elementos que conforman toda la estructura, tales como las placas de entrepiso, las vigas, columnas, conexiones, los tornillos y la cimentación.

#### 6.1 Análisis de cargas.

De acuerdo con el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal del 2004, las cargas vivas unitarias permanentes para una casa habitación debe ser de  $170 \text{ kg/cm}^2$  para el destino de entrepiso y de  $100 \text{ kg/cm}^2$  para azoteas con pendiente no mayor que 5%, para cargas permanentes y accidentales en entrepiso  $90 \text{ kg/cm}^2$  y azoteas  $70 \text{ kg/cm}^2$ .

Carga de azotea:

Material	Peso	Peso total	
Placas de concreto en celosía.	1 ton/m <sup>3</sup>	0.025	ton/m <sup>2</sup>
	CM=	0.025	ton/m <sup>2</sup>

Cargas permanentes

$$CM= 0.025 \text{ ton/m}^2$$

$$CV= 0.100 \text{ ton/m}^2$$

$$Ws= 0.125 \text{ ton/m}^2$$

Carga de entrepiso:

Material	Peso	Peso total	
Placas de concreto en celosía.	1 ton/m <sup>3</sup>	0.025	ton/m <sup>2</sup>
	CM=	0.025	ton/m <sup>2</sup>

Cargas permanentes

$$CM = 0.025 \text{ ton/m}^2$$

$$CV = 0.170 \text{ ton/m}^2$$

$$Ws = 0.195 \text{ ton/m}^2$$

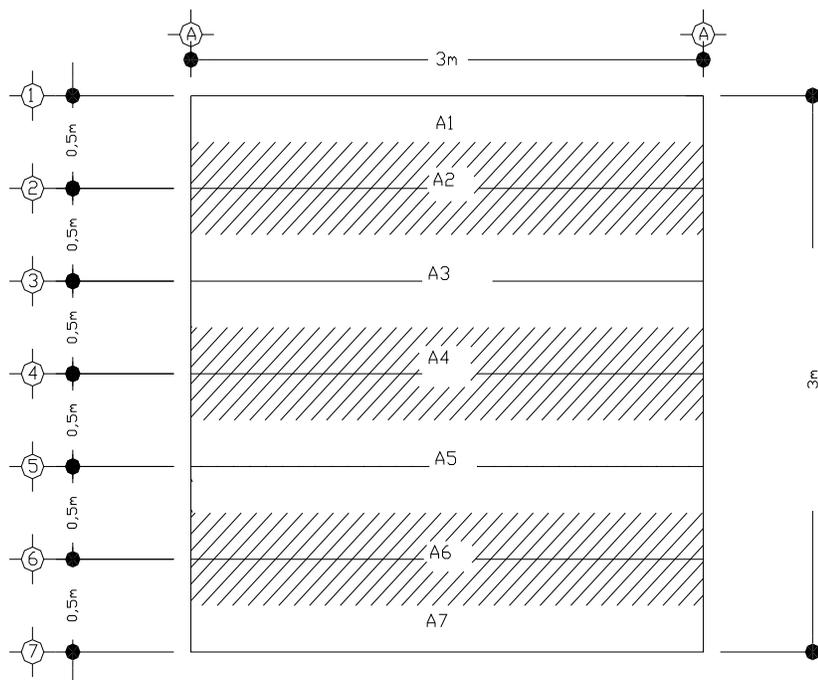
Carga en columnas:

Material	Peso	Peso total
Placas de concreto para acabado interno	1 ton/m <sup>3</sup>	0.025 ton/m <sup>2</sup>
		$W = 0.025 \text{ ton/m}^2$

### 6.1.2 Áreas tributarias.

Las áreas tributarias de la azotea y entrepiso se tomaran de la siguiente

manera:



Corte en planta

$$A1 = A7 = 0.25 \times 3 = 0.75 \text{ m}^2.$$

$$A2 = A3 = A4 = A5 = A6 = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ m}^2.$$

### 6.1.3. Canalización de las cargas a las vigas.

Considerando el criterio de las áreas tributarias

En la losa de azotea:

$$W = 0.125 \text{ ton/ m}^2 ,$$

$$\text{Área tributaria} = 1.5 \text{ m}^2$$

$$Wt = A \times W$$

$$Wt = 1.5 \times 0.125$$

$$Wt = 0.188 \text{ ton}$$

$$W_{dis} = 0.188 / 3 = \underline{\underline{0.063 \text{ ton/m}}}$$

$$W = 0.125 \text{ ton/ m}^2 .$$

$$\text{Área tributaria} = 0.75 \text{ m}^2$$

$$Wt = A \times W$$

$$Wt = 0.75 \times 0.125$$

$$Wt = 0.094 \text{ ton}$$

$$W_{dis} = 0.094 / 3 = \underline{\underline{0.031 \text{ ton/m}}}$$

En losa de entrepiso:

$$W = 0.195 \text{ ton/ m}^2$$

$$\text{Área tributaria} = 1.5 \text{ m}^2$$

$$Wt = A \times W$$

$$Wt = 1.5 \times 0.195$$

$$Wt = 0.293 \text{ ton}$$

$$Wdis = 0.293 / 3 = \underline{\underline{0.098 \text{ ton/m}}}$$

$$W = 0.195 \text{ ton/ m}^2$$

$$\text{Área tributaria} = 0.75 \text{ m}^2$$

$$Wt = A \times W$$

$$Wt = 0.75 \times 0.195$$

$$Wt = 0.146 \text{ ton}$$

$$Wdis = 0.146 / 3 = \underline{\underline{0.049 \text{ ton/m}}}$$

Con estas cargas distribuidas se procederá a realizar el análisis sísmico.

## **6.2 Análisis sísmico.**

Se utilizará el Método de Análisis Sísmico Estático, ya que este método es aplicable a estructuras regulares cuya altura no excede de 60 metros; en este caso la estructura es de 6 metros de altura máxima por lo que está dentro del rango para el análisis por dicho procedimiento.

Datos:

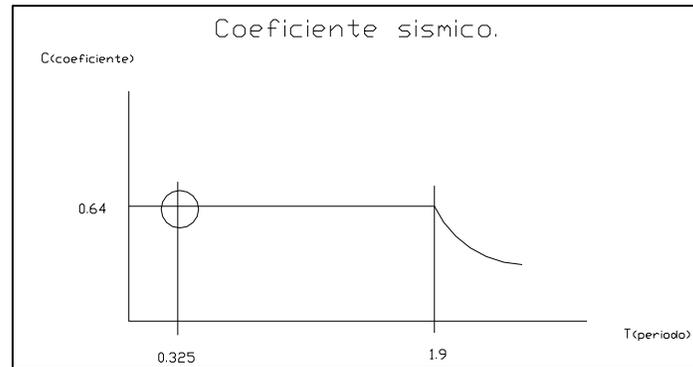
Terreno tipo III, por ser el terreno más desfavorable.

Zona sísmica C, destinada para el municipio de Uruapan, Michoacán.

Destino de la estructura: casa habitación.

Periodo de la estructura:  $T = \alpha H^{3/4}$

$$T = 0.085 \times 6^{3/4} = 0.325 \text{ seg.}$$



De la tabla 3.1 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Espectros de diseño para estructuras del grupo B.

Zona sísmica	Tipo de suelo	a0	C	Ta	Tb	r
C	III	0.64	0.64	0	1.9	1

Factor de comportamiento sísmico, según el reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 (RCDF),  $Q = 2$ .

Peso por cada nivel:

Nivel 2

Elemento.	Kg.
Losa, 5cm de espesor, $(120\text{kg/m}^2)(3 \times 3\text{m}) =$	1080
Vigas polin, $(3.68\text{kg/m})(3\text{m})(7) =$	77.28
Vigas conexión, $(3.29\text{kg/m})(3\text{m})(2) =$	19.74
Columnas, $(3.68\text{kg/m})(1.5\text{m})(8) =$	44.16
Placas plafón, $(25 \text{ kg/m}^2)(3 \times 3\text{m}) =$	225
Placas de recubrimiento externo, $(18)(0.025 \times 1 \times 1\text{m})(2400 \text{ kg/m}^3)$	1080
Placas de recubrimiento interno, $(18)(0.025 \times 1 \times 1\text{m})(1000 \text{ kg/m}^3)$	450
	W2= 2976.18

Nivel 1

Elemento.	Kg.
Losa, 5cm de espesor, (120kg/m <sup>2</sup> )(3x3m)=	1080
Vigas polin, (3.68kg/m)(3m)(7)=	77.28
Vigas conexión, (3.29kg/m)(3m)(2)=	19.74
Columnas, (3.68kg/m)(3m)(8)=	88.32
Placas plafón, (25 kg/m <sup>2</sup> )(3x3m)=	225
Placas de recubrimiento externo, (33)(0.025x1x1m)(2400 kg/m <sup>3</sup> )	1980
Placas de recubrimiento interno, (33)(0.025x1x1m)(1000 kg/m <sup>3</sup> )	825
	<u>W1= 4295.34</u>

Nivel	Wi	hi	Wi*hi	Fi
2	2976.18	6	17857.1	<b>1351.57</b>
1	4295.34	3	12886	<b>975.32</b>
Σ=	<u>7271.52</u>	Σ=	<u>30743.10</u>	

Fuerzas sísmicas:

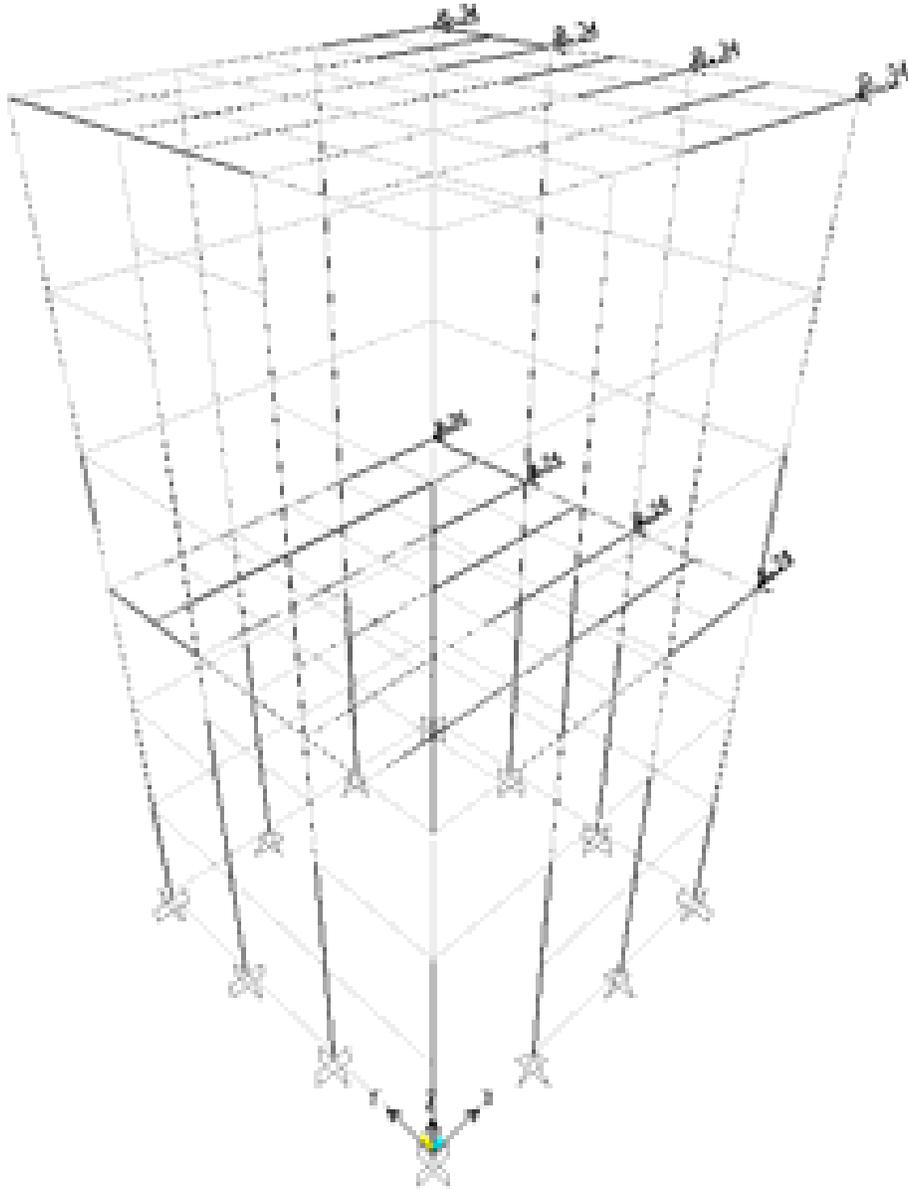
$$F_i = \frac{c}{Q} \sum W_i \left( \frac{W_i * h_i}{\sum W_i * h_i} \right)$$

F2= 337.89 kg

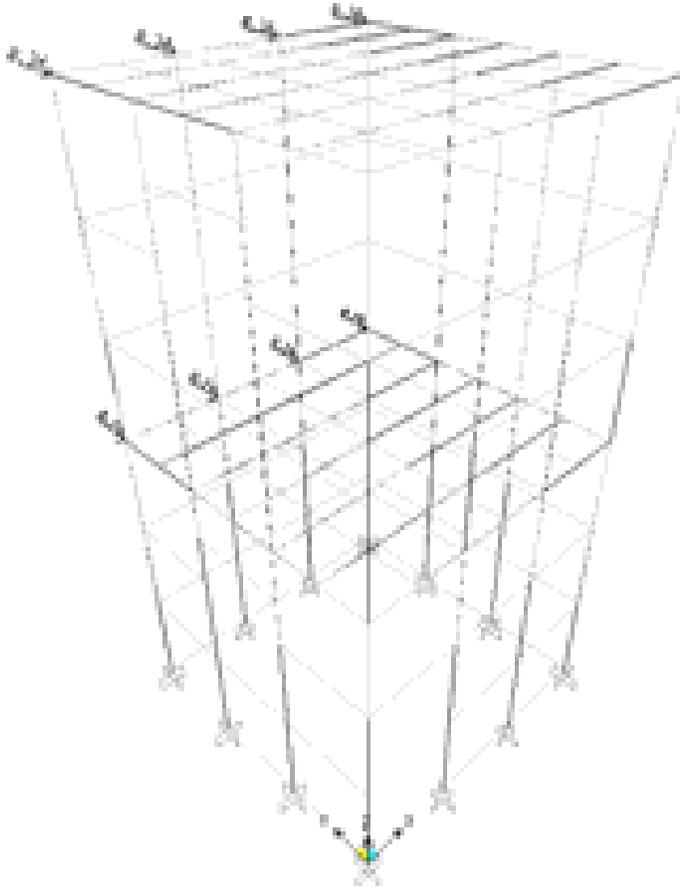
F1= 243.83 kg

Se dividió cada una de las fuerzas sísmicas entre 4 por ser el número de columnas que se están proponiendo, para quedar como se muestra en las siguientes figuras, tanto para sismo en X como en Y:

Sismo en X  
(Toneladas)



Sismo en Y  
(Toneladas)



Una vez obtenidas las fuerzas sísmicas se procede a analizar la estructura en el software conocido como Sap2000, dentro del cual se analizarán los siguientes casos de combinaciones de cargas:

- 1.- 1.4 CM (carga muerta).
- 2.- 1.1 (CM + 33% Sismo X + Sismo Y).
- 3.- 1.1 (CM + Sismo X + 33% Sismo Y).

Se analizan sólo 3 casos por ser una estructura con geometría cuadrada, donde se observa que la combinación 3 es el más crítico y de dicho caso se tomarán los elementos mecánicos para el diseño de los miembros de acero de la estructura. En el programa también se metieron las placas de concreto laterales y las placas de concreto de entrepiso y piso, además de colocar 4 perfiles tubulares a manera de columnas por cuestiones constructivas.

Los desplazamientos permisibles deben cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{Q\delta_i}{H_i} \leq 0.0012$$

donde  $\delta_i$  son los desplazamientos mas críticos obtenidos, en este caso fué de 0.056, H es la altura de cada nivel de la estructura, H =300 cm, Q es el factor de comportamiento sísmico Q=2, por lo que  $0.056(2)/100= 0.00037 < 0.012$ , por lo que las dimensiones de los perfiles propuestas inicialmente son aceptables para las fuerzas sísmicas.

### **6.3 Diseño de placas para entrepiso y azotea.**

Las placas se analizan como una mezcla entre losa ligera, losa unidireccional y losacero, las placas deben de trabajar como una capa de compresión y los polines deben tomar el esfuerzo a flexión, aunque también cuentan con el acero de refuerzo requerido según el cálculo siguiente:

Para seleccionar el peralte como losa maciza

$$h \geq \frac{l}{24} = \frac{50}{24} = 2.08cm$$

La carga de servicio  $W_s$  es:

$$CM \text{ (carga muerta)} = 2.4 \text{ ton/m}^3 (0.05 \text{ m}) = 0.120 \text{ ton/m}^2$$

$$CV \text{ (carga viva)} = 0.170 \text{ ton/m}^2$$

$$W_s = CM + CV = 0.120 + 0.170 = 0.290 \text{ ton/m}^2$$

Dicha carga se aplicará sobre una viga de  $0.5 \times 0.5 \times 0.05 \text{ m}$ , por lo que:

$$A = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{total}} = 0.25 \times 0.290 = 0.073 \text{ ton}$$

$$W_{\text{distribuida}} = 0.073 / 0.5 = \underline{\underline{0.145 \text{ ton/m}}}$$

Obteniendo los elementos mecánicos como viga simplemente apoyada:

$$V_u = 1.1(wl/2) = 1.1(0.145 \times 0.50 / 2) = 0.040 \text{ ton}$$

$$M_u = 1.1(wl^2/8) = 1.1(0.145 \times 0.50^2 / 8) = 0.003 \text{ ton-m}$$

Datos:

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 3 \text{ cm}$$

$$Rec = 2 \text{ cm}$$

$$F'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F''_c = 136 \text{ kg/cm}^2$$

$$F^*_c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$FR = 0.9$$

$$M_u = 0.003 \text{ ton-m} = 300 \text{ kg-cm}$$

$$V_u = 0.04 \text{ ton} = 40 \text{ kg}$$

1.- Diseño por momento flexionante

$$\rho = \frac{F''_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F'_c b d^2}} \right] = 0.00015$$

$$p_{\min} = 0.00198$$

$$p_{\max} = 0.00946$$

$$p < p_{\min} < p_{\max} \quad \text{rige } p_{\min}$$

$$A_s = p b d = 0.2970 \text{ cm}^2/0.5\text{m}$$

Proponiendo malla electrosoldada 66-1010:

$$\text{Área transversal} = 0.61 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Área transversal} = 0.305 \text{ cm}^2/0.5\text{m}$$

2.- Diseño por cortante.

$$V_u = 0.04 \text{ ton}$$

$$V_{cr} = 758.95 \text{ kg} = 0.76 \text{ ton}$$

$V_{cr} > V_u$ , por lo que el peralte es adecuado para resistir el esfuerzo cortante.

Así se concluye que cada placa de concreto reforzado  $F'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  de entrepiso deben contar con un espesor de 3 cm + recubrimiento de 2cm, ósea, un total de 5cm y con una malla electrosoldada 66-1010  $F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 6.4 Diseño de las vigas polines.

Datos:

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

$$R_{\max} = 0.37 \text{ ton} = 370.00 \text{ kg}$$

$$V_u = 0.37 \text{ ton} = 370.00 \text{ kg}$$

$$M_u = 0.30 \text{ ton-m} = 30000 \text{ kg-cm}$$

$$\delta_{\max} = 0 \text{ m}$$

a) Diseño por momento flexionante.

a.1) Propuesta de solución:

$$\text{Suponiendo } F_b = 0.66 F_y = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de sección requerido } S_x = M_d / F_b = 17.97 \text{ cm}^3$$

Del manual de Aceros Corey se propone:

Polin monten 5"x2"x3.68 kg/m

$$S_x = 17.90 \quad \text{cm}^3$$

$$I_x = 114.00 \quad \text{cm}^4$$

$$A = 4.68 \quad \text{cm}^2$$

$$b = 5.08 \quad \text{cm}$$

$$d = 12.70 \quad \text{cm}$$

$$t = 0.18974 \quad \text{cm}$$

a.2) Sujeción lateral requerida

$$l \leq \frac{640bp}{\sqrt{fy}} = 64.64 \text{ cm}$$

$$l \leq 1490000 \frac{Ap}{dfy} = 44.70 \text{ cm}$$

De las dos longitudes anteriores la menor rige, por lo que las placas deben estar sujetas a los polines para que los restrinjan a menos de 44.7 cm y se cumple con dicho requerimiento al estar sujetos a cada 25 cm.

a.3) Verificación de la sección compacta

1.- Unión continua de patín con alma, se cumple por ser sección laminada.

2.- Relación ancho-espesor del patín para elementos atiesados (b / t)

$$\frac{b}{t} \leq \frac{1600}{\sqrt{fy}}$$

$$b / t = 26.77$$

$$\frac{1600}{\sqrt{fy}} = 31.81$$

$$26.77 < 31.81$$

### 3.- Relación ancho-espesor de alma (d / t)

$$\frac{d}{t} \leq \frac{3450}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - 2.33 \frac{f_a}{f_y} \right] \dots \text{si} \dots \frac{f_a}{f_y} < 0.16$$

Por flexión simple:  $f_a = 0 < 0.16$

$$d / t = 66.93$$

$$\frac{3450}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - 2.33 \frac{f_a}{f_y} \right] = 68.59$$

$$66.93 < 68.59$$

### 4.- Sujeción lateral efectiva, se cumple (verificada en a.2)

Por los 5 puntos anteriores la sección debe considerarse compacta.

#### a.6) Esfuerzo de flexión permisible

$$F_b = 0.66 F_y = 1669.80 \text{ cm}^2$$

#### a.7) Momento resistente

$$M_r = S_x F_b = 29889.42 \text{ kg-cm}$$

#### a.8) Tolerancia

$$T = -0.37 \%$$

La sección es adecuada a flexión por tener una tolerancia  $> -10\%$

#### b) Revisión por esfuerzo cortante.

##### b.1) Esfuerzo cortante real

$$F_v = V_{\max} / d t = 153.55 \text{ kg/cm}^2$$

##### b.2) Esfuerzo cortante permisible

De acuerdo con la tabla 330-I del manual de diseño de la UMSH 1987

$$\text{Caso a} \quad \frac{d}{t} < \frac{3700}{\sqrt{f_y}}$$

$$d/t = 66.93$$

$$\frac{3700}{\sqrt{f_y}} = 73.56$$

$$66.93 < 73.56$$

La desigualdad se cumple por lo que se debe cumplir con la siguiente desigualdad

$$F_v \leq 0.4 f_y$$

$$0.4 \cdot F_y = 1012.00 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$F_v = 153.55 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$153.55 < 1012.00$$

La sección es adecuada a cortante por que el esfuerzo admisible al corte es menor que el 40% de la fluencia del acero.

c) Revisión por flecha.

$$\delta_{\max} < \delta_{\text{perm}}$$

$$\delta_{\text{perm}} = 0.5 \text{ cm} + \frac{L}{240} = 1.75 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max} = 0.00 \text{ cm}$$

$$0.00 < 1.75$$

La sección es adecuada por flecha

## 6.5 Diseño de las vigas conexión.

Datos:

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$R_{\max} = 0.36 \text{ ton} = 360.00 \text{ kg}$$

$$V_u = 0.27 \text{ ton} = 270.00 \text{ kg}$$

$$M_u = 0.07 \text{ ton-m} = 7000.00 \text{ kg-cm}$$

$$\delta_{\max} = 0 \text{ m}$$

a) Diseño por momento flexionante.

a.1) Propuesta de solución

$$\text{Suponiendo } F_b = 0.6 F_y = 1518 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de sección requerido } S_x = M_d / F_b = 4.61 \text{ cm}^3$$

Polin monten 4" x 2" x 3.29kg/m

$$S_x = 13.22 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 67.00 \text{ cm}^4$$

$$A = 4.19 \text{ cm}^2$$

$$b = 5.08 \text{ cm}$$

$$d = 10.16 \text{ cm}$$

$$t = 0.18974 \text{ cm}$$

a.2) Sujeción lateral requerida

La distancia más chica de las dos siguientes:

$$l \leq \frac{640bp}{\sqrt{f_y}} = 64.64 \text{ cm}$$

$$l \leq 1490000 \frac{Ap}{df_y} = 55.87 \text{ cm}$$

Se requiere una sujeción lateral a 55.87 cm

Se cumple por tener una sujeción lateral @ 50 cm

a.3) Verificación de la sección compacta

1.- Unión continua de patín con alma, se cumple ya que es sección laminada.

2.- Relación ancho-espesor del patín para elementos atiesados (b / t)

$$\frac{b}{t} \leq \frac{1600}{\sqrt{fy}}$$

$$b / t = 26.77$$

$$\frac{1600}{\sqrt{fy}} = 31.81$$

$$26.77 < 31.81$$

3.- Relación ancho-espesor de alma (d / t)

$$\frac{d}{t} \leq \frac{3450}{\sqrt{fy}} \left[ 1 - 2.33 \frac{fa}{fy} \right] \dots \text{si} \dots \frac{fa}{fy} < 0.16$$

Por flexión simple  $fa = 0$

$$d / t = 53.55$$

$$\frac{3450}{\sqrt{fy}} \left[ 1 - 2.33 \frac{fa}{fy} \right] = 68.59$$

$$53.55 < 68.59$$

4.- Sujeción lateral efectiva, se cumple (verificada en a.2)

Cumple los requisitos para que sea una sección compacta por lo que se toma un esfuerzo admisible a flexión de  $0.66F_y$ .

a.6) Esfuerzo de flexión permisible

$$F_b = 0.660 F_y = 1669.80 \text{ cm}^2$$

a.7) Momento resistente

$$M_r = S_x F_b = 22074.76 \quad \text{kg-cm}$$

a.8) Tolerancia

$$T = 215.35 \%$$

La sección es adecuada a flexión por tener tolerancia  $> 10\%$

b) Revisión por fuerza cortante.

b.1) Esfuerzo cortante real

$$F_v = V_u / d t = 140.06 \text{ kg/cm}^2$$

b.2) Esfuerzo cortante permisible

$$\text{Caso a} \quad \frac{d}{t} \leq \frac{3700}{\sqrt{f_y}}$$

$$d / t = 53.55$$

$$\frac{3700}{\sqrt{f_y}} = 73.56$$

$$53.55 < 73.56$$

Por lo tanto el esfuerzo admisible debe cumplir la siguiente desigualdad

$$F_v \leq 0.4 f_y$$

$$0.4 f_y = 1012.00 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$F_v = 140.06 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$140.06 < 1012.00$$

La sección es adecuada a cortante por que el esfuerzo admisible al corte es menor que el 40% de la fluencia del acero.

c) Revisión por flecha.

$$\delta_{\max} < \delta_{perm}$$

$$\delta_{perm} = 0.5cm + \frac{L}{240} = 1.75 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max} = 0.00 \text{ cm}$$

$$0.00 < 1.75$$

La secciona es adecuada por flecha

c) Revisión por aplastamiento del alma.

$$\frac{R}{(N + K)t} \leq 0.75 f_y$$

$$R = 360.00 \text{ kg}$$

$$N = 5.08 \text{ cm}$$

$$K = 0.19 \text{ cm}$$

$$0.75F_y = 1897.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{R}{(N + K)t} = 360.03$$

$$360.03 < 1897.50$$

No hay problema por aplastamiento del alma.

Se tiene una tolerancia del 215.35% por haber propuesto el perfil de 4"x2"x3.29kg/m y se eligió dicho perfil por cuestiones constructivas de las conexiones como se vera en su análisis.

## 6.6 Diseño de columnas.

Datos:

$$\begin{aligned}F_y &= 2530 \text{ kg/cm}^2 \\P &= 3.50 \text{ ton} = 3500.000 \text{ kg} \\M_x &= 0 \text{ ton-m} = 0.000 \text{ kg-cm} \\M_y &= 0 \text{ ton-m} = 0.000 \text{ kg-cm}\end{aligned}$$

A) Revisión a carga axial.

$$\begin{aligned}F_a \text{ supuesto} &= 800 \text{ kg/cm}^2 \\A \text{ requerido} &= 4.38 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Proponiendo polin monten 5"x2" x 3.68 kg/m

$$\begin{aligned}A &= 4.68 \text{ cm}^2 \\b &= 5.08 \text{ cm} \text{ patin} \\d &= 12.7 \text{ cm} \text{ alma} \\t_a &= 0.189738 \text{ cm} \\t_p &= 0.189738 \text{ cm} \\S_x &= 17.9 \text{ cm}^3 \\S_y &= 4.9 \text{ cm}^3 \\r_x &= 4.93 \text{ cm} \\r_y &= 1.89 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_x &= 2M_x/d = 0.00 \text{ kg} \\P_y &= 6M_y/b = 0.00 \text{ kg} \\P_t &= P_x + P_y + P = 3500.00 \text{ kg}\end{aligned}$$

a.1) Relación de esbeltez

$$\frac{kl}{r} < 200$$

Para traslación libre y rotación impedida

$$K_x = 2$$

$$K_y = 2$$

Las columnas están restringidas a cada 50 cm por lo que se tomará ese valor como longitud para la relación de esbeltez donde regirá el menor de los siguientes dos:

$$k_x l / r_x = 2 \cdot 50 / 4.93 = 20.28$$

$$k_y l / r_y = 2 \cdot 50 / 1.89 = 52.91$$

a.2) Verificación del pandeo local

Patin

$$\text{Caso B2} \quad \frac{b}{t_p} \leq \frac{2100}{\sqrt{f_y}}$$

$$b / t_p = 26.77$$

$$\frac{2100}{\sqrt{f_y}} = 41.75$$

$$26.77 < 41.75$$

Alma

$$\text{Caso B2} \quad \frac{d}{t_a} \leq \frac{2100}{\sqrt{f_y}}$$

$$d/ t_a = 66.93$$

$$\frac{2100}{\sqrt{f_y}} = 41.75$$

$$66.93 > 41.75$$

No se cumple la desigualdad, lo que indica que existe pandeo local prematuro en el alma y se tomará como caso c2.

$$\left. \frac{kl}{r} \right)_c = \frac{6340}{\sqrt{f_y}} = 126.05$$

$$kl / r = 52.91$$

$$52.91 < 126.05$$

En base a este caso se tomará la fuerza admisible siguiente

$$F_a = \frac{12}{23} \left[ 1 - \frac{\left(\frac{kl}{r}\right)^2}{2\left(\frac{kl}{r}\right)_c^2} \right] f_y = 1203.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left(\frac{kl}{r}\right)_c = \frac{6340}{\sqrt{Q_s Q_a} f_y} = 137.99$$

El valor de  $Q_s$  para elementos atiesados es 1.

$$Q_s = 1$$

$$Q_a = \frac{A - (d - b_e)t}{A} = 0.83$$

$$b_e = \frac{2720t}{\sqrt{f_y}} \left[ 1 - \frac{540}{\frac{d}{t} \sqrt{f_y}} \right] \leq d$$

$$b_e = 8.61$$

$$d = 12.7$$

$$8.61 < 12.7$$

Por lo que se toma  $b_e = 8.61$

$$F_a = \frac{12}{23} \left[ 1 - \frac{\left(\frac{kl}{r}\right)^2}{2\left(\frac{kl}{r}\right)_c^2} \right] f_y = 1222.97 \text{ kg/cm}^2$$

De esta manera se obtiene el esfuerzo resistente a compresión ( $P_r$ ).

$$P_r = F_a(A) = 5723.48 \text{ kg} \quad (\text{esfuerzo resistente a compresión}).$$

$$P_t = 3500.00 \text{ kg} \quad (\text{esfuerzo requerido a compresión}).$$

$$P_r > P_t$$

El esfuerzo resistente es mayor que el requerido por lo que se acepta dicho perfil

b) Revisión a flexocompresión.

$$P/A = 747.86 \text{ kg/cm}^2$$

$$P/A / F_a = 0.62 > 0.15$$

$$M_x / S_x = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_y / S_y = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

Para miembros en flexocompresión cuyos nudos no se desplazan linealmente

$$C_{mx} = C_{my} = 1$$

$$F'_{ex} = \frac{12}{23} \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k_x l}{r_x}\right)^2} = 25030.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{ey} = \frac{12}{23} \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k_y l}{r_y}\right)^2} = 3678.80 \text{ kg/cm}^2$$

Por sismo,  $F'_{ex}$  y  $F'_{ey}$  se tiene:

$$F'_{ex} (1.33) = 33291.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{ey} (1.33) = 4892.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 - \frac{\frac{P}{A}}{F'_{ex}} = 0.978$$

$$1 - \frac{\frac{P}{A}}{F'_{ey}} = 0.847$$

Esfuerzos de flexión permisibles

$$F_{by} = 0.66F_y = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{bx} = ?$$

Verificación de la sujeción lateral

$$l \leq \frac{640bp}{\sqrt{f_y}} = 64.64 \text{ cm}$$

$$l_{\text{real}} = 50 \text{ cm}$$

$$50 \text{ cm} < 64.64 \text{ cm}$$

La sujeción lateral es efectiva, por lo que:

$$F_{bx} = 0.66F_y = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\frac{P}{A}}{F_a} + \frac{C_{mx} \frac{M_x}{S_x}}{\left[1 - \frac{\frac{P}{A}}{F'_{ex}}\right] F_{bx}} + \frac{C_{my} \frac{M_y}{S_y}}{\left[1 - \frac{\frac{P}{A}}{F'_{ey}}\right] F_{by}} \leq 1$$

$$\begin{aligned} & 0.62 + \\ & 0.0000 + \\ & 0.0000 + \\ \Sigma & = 0.62 < 1 \end{aligned}$$

$$T = 38\% > -10\%$$

La sección es adecuada a flexocompresión.

## 6.7 Conexiones.

Todas las conexiones se harán con tornillería, por lo cual en el programa Sap2000 se analizó la estructura para que se transmitiera sólo fuerza cortante en ellas y ejecutar conexiones a cortante. Se analizarán las conexiones con tornillos de alta resistencia grado 5 y 8.8 (A-325 y A-490 respectivamente), PTR y ángulos.

Las conexiones se analizarán de tal manera que los tornillos sean apretados al contacto, esto es, que una persona con una llave de tuercas ordinaria pueda dejar las juntas en contacto firme.

### 6.7.1 Conexión de viga con columna.

Datos:

Tornillos A-409

$F_n = 4220 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia nominal del tornillo al cortante según RCDF 2004.

$D = 8 \text{ mm}$ , con cuerdas no excluidas del plano de corte.

$F_u = 2530 \text{ kg/cm}^2$ , acero de conexión, polin monten, PTR y ángulo.

$V_u = 0.37 \text{ ton}$ , esfuerzo cortante que se transmite en las conexiones viga-columna.

Conexión por aplastamiento del acero de contacto

1. Separación mínima entre tornillos

$$S_{\min} \geq 3d$$

$$3d = 2.4 \text{ cm}$$

$$S_{\min} = 3 \text{ cm}$$

Por lo que rige la separación de 3 cm

## 2. Distancia mínima al borde

El RCFD 2004 especifica que para un tornillo de diámetro 12.7 mm se debe dejar una distancia mínima de 19.1 mm, por lo que será de 20 mm.

## 3. Resistencia de los tornillos

$$R = F_R A_b F_n$$

$$F_R = 0.75$$

$$A_b = 0.503 \text{ cm}^2$$

$$F_n = 4220 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 1590.903 \text{ kg por tornillo}$$

Número de tornillos

$$N = 0.233 \text{ tornillos}$$

Se pondrán 2 tornillos de 8 mm por especificación de conexiones mínimas

RCFD 2004 inciso 5.1.1 .

## 4. Resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos

$$R = F_R R_n$$

$$F_R = 0.75$$

$$F_n = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

### 4.1 Revisión por resistencia al desgarre

$$R_n = 1.2 L_c t F_u$$

Revisión por resistencia al desgarre en el Polin monten

$$L_c = 2 \text{ cm}$$

$$t = 0.190 \text{ cm}$$

$$F_u = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = 1152.089 \text{ kg}$$

$$R = 864.067 \text{ kg}$$

Un sólo agujero resiste 864.067 kg, dos resisten 1728.134 kg

$$1728.1337 > 370$$

#### 4.2 Revisión por resistencia al desgarre en PTR y ángulo

$$L_c = 2 \text{ cm}$$

$$t = 0.318 \text{ cm}$$

$$F_u = 2530$$

$$R_n = 1927.860 \text{ kg}$$

$$R = 1445.895 \text{ kg}$$

Un sólo agujero resiste 1445.89 kg, dos resisten 2891.79 kg

$$2891.79 > 370$$

Revisión por resistencia a la penetración o aplastamiento

$$R_n = 2 dt F_u$$

Revisión por resistencia a la penetración o aplastamiento del Polin monten

$$d = 0.8 \text{ cm}$$

$$t = 0.190 \text{ cm}$$

$$F_u = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = 921.671 \text{ kg}$$

$$R = 691.253 \text{ kg}$$

Cada tornillo se debe tensionar con 691.25 kg para que no exista penetración en el material a conectar.

Revisión por resistencia a la penetración o aplastamiento del PTR y ángulo

d= 0.8 cm  
t= 0.318 cm  
Fu= 2530 kg/cm<sup>2</sup>  
Rn= 1542.288 kg  
  
R= 1156.716 kg

El ángulo y el PTR tienen mayor resistencia por penetración que el polin monten por lo que son adecuados para hacer la conexión.

### 6.7.2 Conexión columna con cimentación.

Datos:

Tornillos A-409

Fn= 4220 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia nominal del tornillo al cortante según RCDF 2004.

D=10 mm, con cuerdas no excluidas del plano de corte.

Fu= 2530 kg/cm<sup>2</sup>, acero de conexión, polin monten, PTR y ángulo.

Vu= 3.5 ton, esfuerzo cortante que se transmite en las conexiones viga-columna.

Conexión por aplastamiento del acero de contacto

1. Separación mínima entre tornillos

$$S_{\min} \geq 3d$$

3D= 3 cm  
Smin=3 cm

2. Distancia mínima al borde

El RCFD 2004 especifica que para un tornillo de diámetro 12.7 mm se debe dejar una distancia mínima de 19.1 mm

### 3. Resistencia de los tornillos

$$R = F_R A_b F_n$$

$$F_R = 0.75$$

$$A_b = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$F_n = 4220 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 2485.785 \text{ kg por tornillo}$$

Número de tornillos

$$N = 1.408 \text{ tornillos}$$

Se pondrán 2 tornillos de 10 mm en la conexión entre columna cimentación

### 6.7.3 Conexión de las placas laterales.

Datos:

Tornillos A-325

$F_n = 3380 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia nominal del tornillo al cortante según RCDF 2004.

$D = 6 \text{ mm}$ , con cuerdas no excluidas del plano de corte.

$F_u = 2530 \text{ kg/cm}^2$ , acero de conexión, polin monten.

$V_u = 0.06 \text{ ton}$ , esfuerzo cortante que se transmite una placa.

Conexión por aplastamiento del acero de contacto

Resistencia de los tornillos

$$R = F_R A_b F_n$$

$$F_R = 0.75$$

$$A_b = 0.283 \text{ cm}^2$$

$$F_n = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 536.505 \text{ kg, por tornillo.}$$

Número de tornillos

$N = 0.112$  tornillos

Por cuestiones constructivas se pondrán 4 tornillos compartidos por lo que se tendrá una resistencia a cortante total de 2.146 ton.

Las placas laterales se conectarán con tornillos de grado 5 de  $\frac{1}{4}'' \times 1 \frac{1}{2}''$  mediante anclajes de alambros que estarán embebidos en las placas, es el mismo sistema que se utiliza en las placas de entrepiso solo que en estas se coloca por medio de pasadores de alambros.

#### **6.7.4 Diseño de la placa base para las columna y anclas.**

El diseño de la placa base de cada columna se realizará con ángulos, con la finalidad de colocarlos en la parte interna y externa, de ser necesarios, del polin monten  $5'' \times 2''$  que actúa como columna.

Datos:

$$F'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 3.50 \text{ ton} = 3500.000 \text{ kg}$$

a) Esfuerzo en la base

$$F_p = 0.375 F'_c = 75 \text{ kg/cm}^2$$

b) Dimensionamiento de la placa base

$$A = P / F_p = 46.667 \text{ cm}^2$$

Un ángulo de 2 1/2 x 5" tiene un área de:  
A= 80.645 cm<sup>2</sup>

c) Esfuerzo real en la base

$$F_p = P/A_{\text{real}} = 43.40 \text{ kg/cm}^2$$

d) Espesor del ángulo

$$t = \sqrt{\frac{3F_p m^2}{F_b}}$$

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = 1.59$$

$$t = 0.44 \text{ cm}$$

$$t = 3/16''$$

Se colocará un ángulo de 3/16" x 2 1/2 "x 5"

e) Diámetro de las anclas

$$V = 2.5\%P = 87.5 \text{ kg}$$

$$V_{\text{tot}} = V + R_x + R_y$$

$$R_x = 170 \text{ kg}$$

$$R_y = 460 \text{ kg}$$

$$V_{\text{tot}} = 717.5 \text{ kg}$$

Cortante en cada ancla

$$V = 358.75 \text{ kg}$$

Área del ancla:

$$A = V/f_v 1.33 = 0.16 \text{ cm}^2$$

$$f_v = 0.4f_y = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

Varilla 3/8"  $A = 0.49 \text{ cm}^2$

Con una varilla de 3/8" es suficiente pero por cuestiones constructivas se colocarán 2.

f) Longitud de anclaje

$$l_a = \frac{\phi F_y}{4 \mu} = 58.68 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{6.4 \sqrt{F'c}}{2\phi} = 47.64$$

$$47.64 > 17$$

Se toma el menor de la desigualdad

El anclaje de la columna a la losa de cimentación se hará con varilla 3/8" con una longitud de 60 cm.

## 6.8 Diseño de la cimentación.

La cimentación propuesta es una losa de cimentación totalmente superficial con la finalidad de facilitar la construcción, el concreto a utilizar es  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Datos:

$$F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^*c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = 136 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 9.38 \text{ ton, es la suma de las cargas puntuales en la zapata corrida.}$$

$$P_t = 3.12 \text{ ton/m}$$

### 1.- Dimensionamiento

$$\begin{aligned} B &= 0.39 \\ B_{real} &= 1.5 \text{ m} \\ L_{real} &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2.- Presión de contacto

$$q = 2.60 \text{ ton/m}^2$$

Presión de diseño

$$q_{nu} = 0.69 \text{ ton/m}^2$$

### 3.- Diseño de la losa de la zapata

#### a) diseño por cortante

$$\begin{aligned} d &= 0.02 = 0.05 + 0.05 \text{ rec} = 0.1 \text{ m} \\ l &= 1.373 \text{ m} \\ v_{cr} &= 44.27 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

#### b) diseño por flexión

$M_u = 0.05 \text{ ton-m}$  Se considera que existe empotramiento en ambos extremos

$$\begin{aligned} p &= 0.000488 \\ p_{min} &= 0.001980 \\ p_{max} &= 0.012611 \end{aligned}$$

$$A_s = 0.99 \text{ cm}^2$$

Se propone malla electrosoldada 66-66

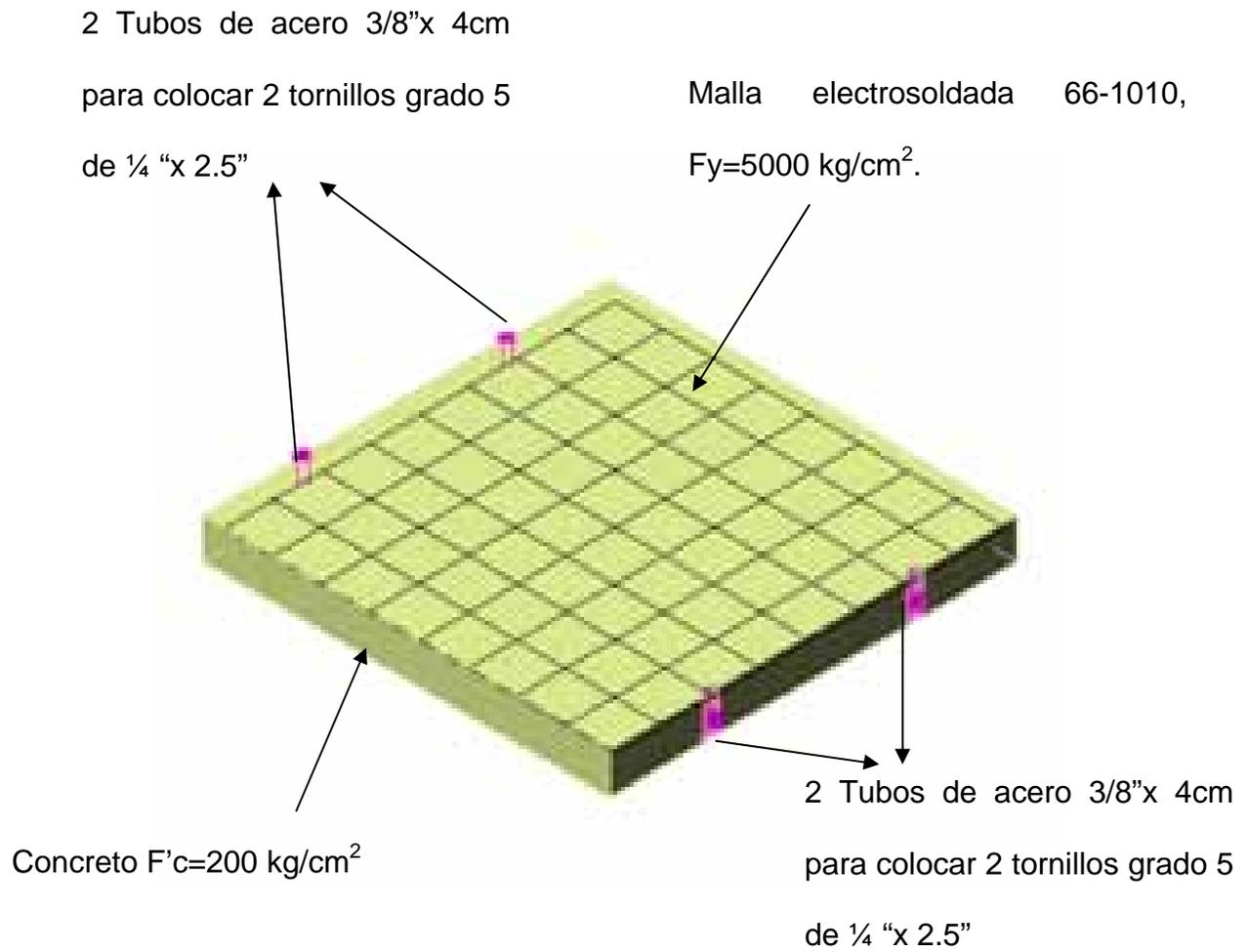
$$A_{sreal} = 1.23 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Se confirma que este tipo de cimentación se puede colocar en terrenos que tengan una resistencia mayor que la presión de contacto de 2.60 ton/m<sup>2</sup>, lo cual sería un terreno sumamente desfavorable.

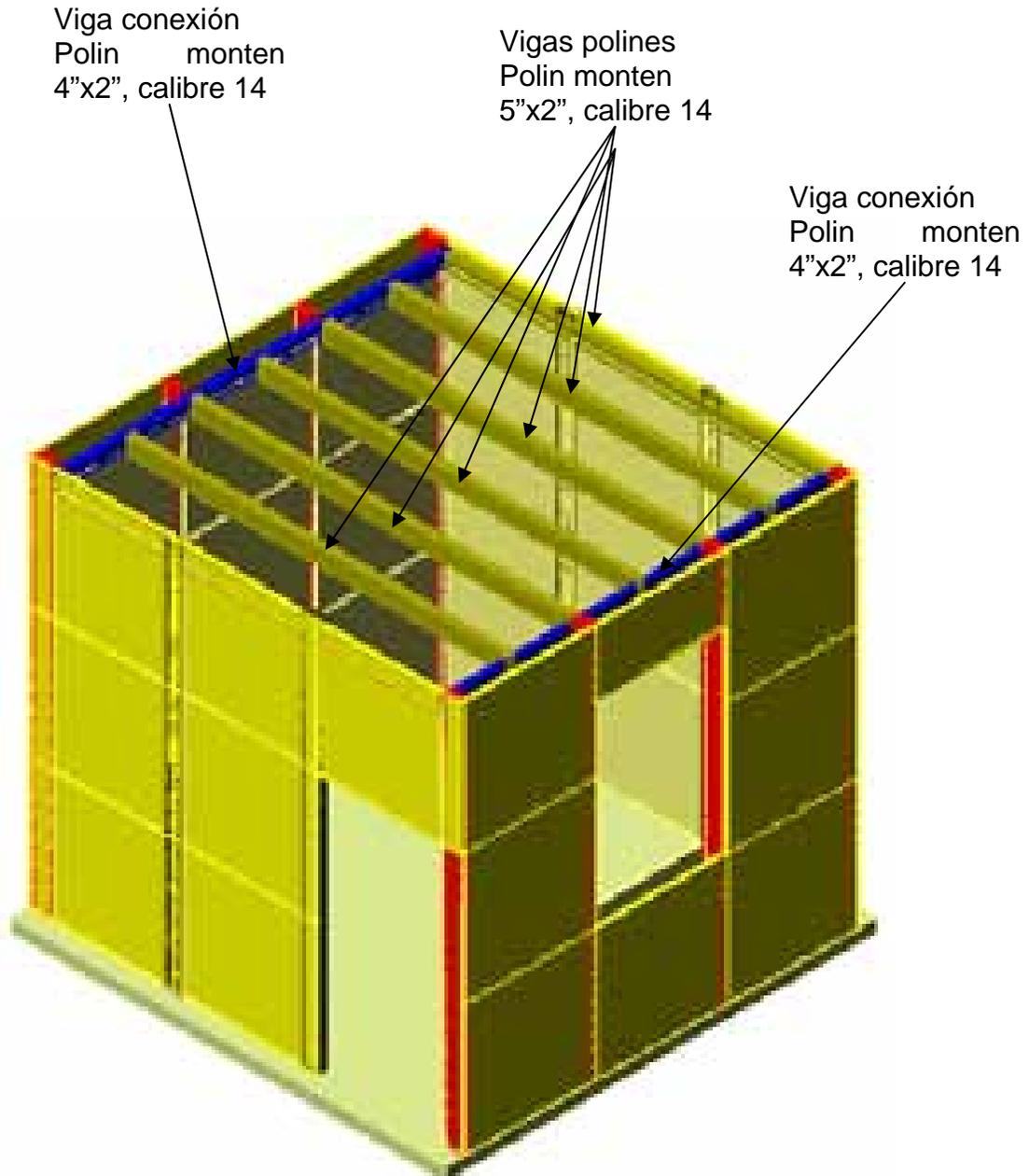
## 6.9 Gráficos de elementos diseñados.

A continuación se presentan los gráficos de cada elemento que fue diseñado.

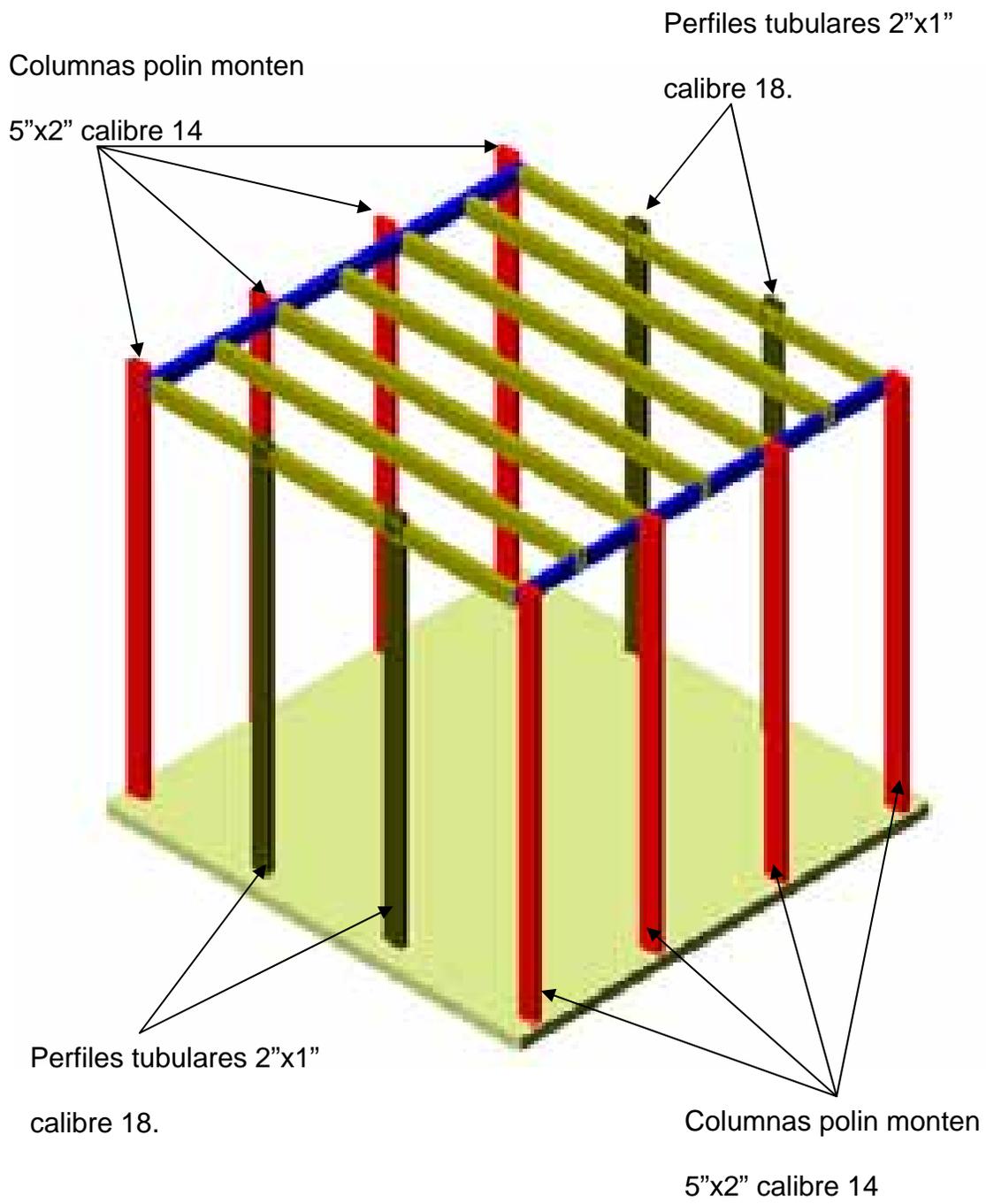
### 6.9.1 Placa de entepiso y azotea 50x50cm.



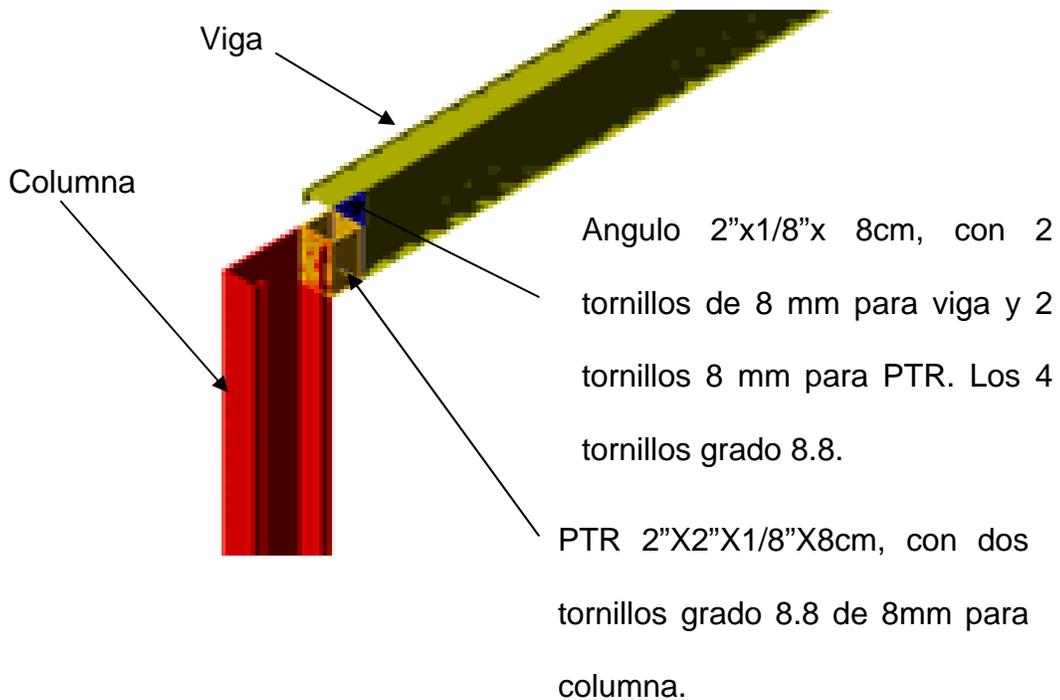
### 6.9.2 Vigas polines y vigas conexión.



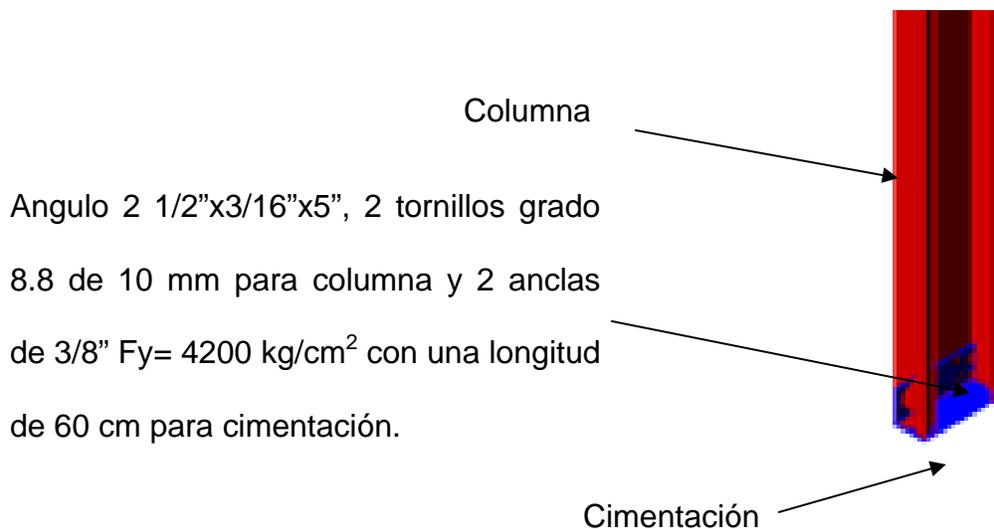
### 6.9.3 Columnas.



#### 6.9.4 Conexión viga-columna.

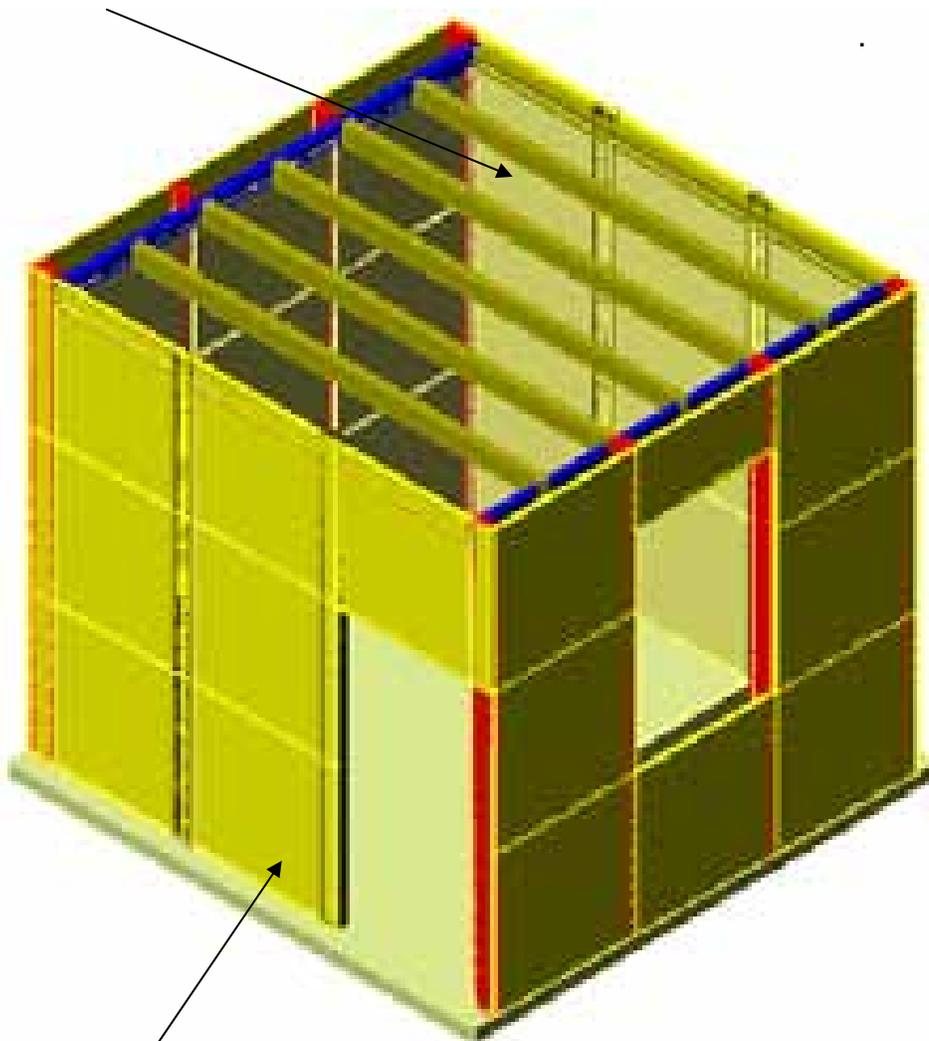


#### 6.9.5 Conexión columna-cimentación.



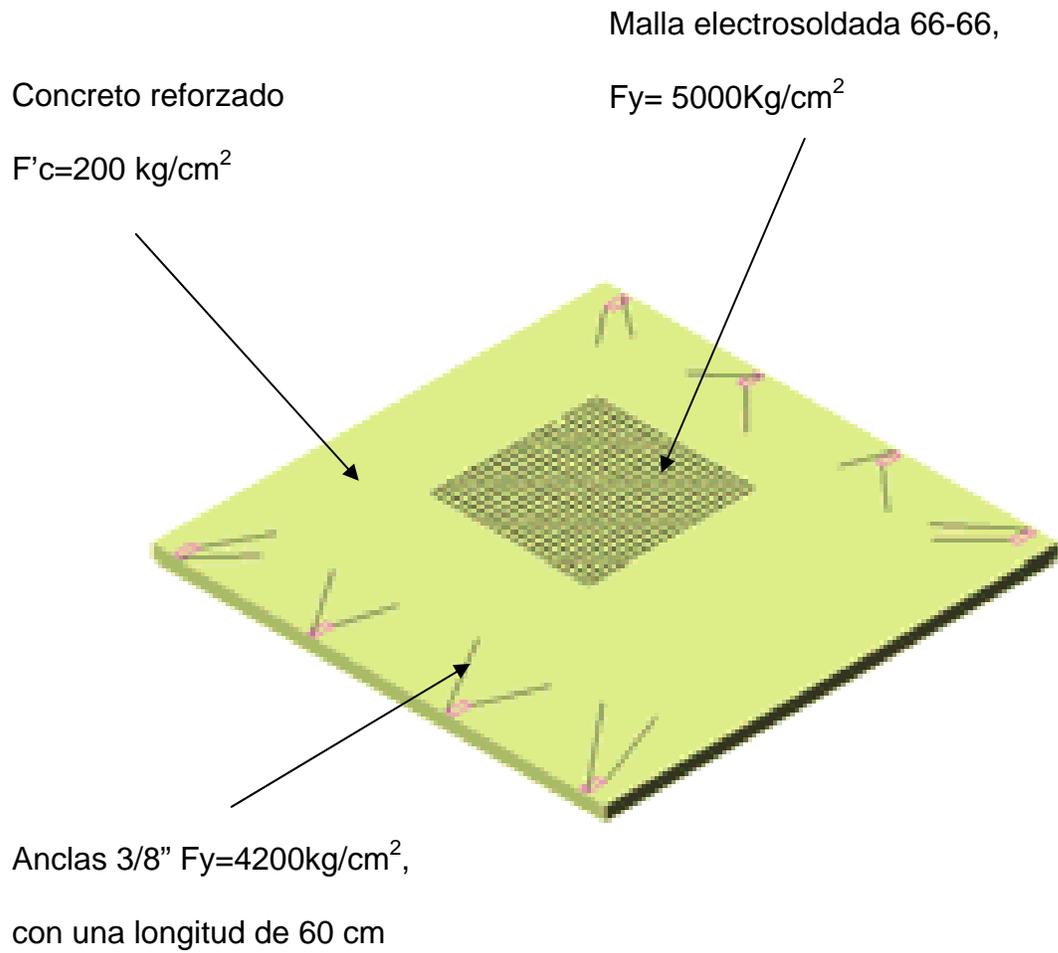
### 6.9.6 Placas de revestimiento.

Placas internas de concreto  $F'c=30\text{kg/cm}^2$ ,  
con 4 tubos de acero para la colocación de  
4 tornillos grado 5 de  $\frac{1}{4}''\times 1\frac{1}{2}''$ , alambren #2



Placas externas de concreto  $F'c=200\text{kg/cm}^2$ ,  
con 4 tubos de acero para la colocación de  
4 tornillos grado 5 de  $\frac{1}{4}''\times 1\frac{1}{2}''$ , alambren #2

### 6.9.7 Cimentación.



En este capítulo luego de consultar el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, el manual de diseño de acero de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y el manual de acero Corey, se analizó y diseñó cada uno de los elementos estructurales, las vigas, columnas, conexiones, tornillos, entrepiso, y cimentación que conforman un modulo prefabricado, cabe mencionar que en donde se requieren tornillos en el perfil de acero o la placa de concreto estará perforada para colocarlos, las anclas de la losa de cimentación también estarán rocadadas en la parte superior para colocar tuercas en el ángulo que une la columna con la cimentación.

La losa de cimentación se propuso totalmente superficial por el hecho de tener una estructura ligera, pero cabe mencionar que es necesario hacer un estudio de mecánica de suelos para tener una cimentación apropiada al tipo de suelo.

Los tornillos utilizados son de grado 5 y 8.8 que son los existentes en el mercado, los perfiles son de acero  $F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ , las placas de concreto  $F_c=200 \text{ kg/cm}^2$  y  $F_c=30 \text{ kg/cm}^2$ , cabe mencionar que al modelar la estructura en el Sap200 las placas de recubrimiento externo le dan buena rigidez a la estructura y sin ellas los perfiles de acero serían completamente diferentes.

En cuanto a las conexiones se analizaron por cortante tanto en el Sap200 como en el cálculo en Excel, en el tema de las conexiones se vuelve complejo su análisis cuando se transmite momento es por ello que se optó por el análisis a cortante.

En el punto 6.9 se describe literal y visualmente las características de los elementos y su configuración para un módulo, así como también en el anexo con los planos E-1 a E-4.

Las placas de recubrimiento interno no cumplen con alguna función estructural es por ello que se planteo colocarlas de un tipo de concreto con agregado de partículas de madera de aproximadamente 5mm.

## CONCLUSIONES.

Luego de culminar la presente investigación, se puede señalar que sí se cumplió el objetivo de diseñar un módulo, para en base a el construir una casa habitación, con perfiles laminados de acero existentes en el mercado ya que se propone utilizar Perfiles polin monten, ángulo, PTR y tornillos así como las placas de concreto de azotea/entrepiso y de recubrimiento y las conexiones con tornillos con las características citadas en el capítulo 6.

En lo que respecta a la pregunta de investigación que fué la siguiente:  
¿Cuáles son las características de los elementos de un módulo con estructura de acero y terminada con placas de concreto?

Se puede señalar que un módulo se construye con los siguientes elementos de acero: columnas polin monten, tubulares rectangulares, vigas polin monten, ángulo, PTR y tornillos, los elementos de concreto son placas entrepiso/azotea y placas de recubrimiento, las características de dichos elementos son:

- a) Placas de concreto entrepiso/azotea  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$  con dimensiones 50x50x5cm con acero de refuerzo de malla electrosoldada 66-1010 y habilitada en dos extremos para sujetarlas con tornillos de  $\frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{2}$ " de grado 5.
- b) Vigas y columnas polin monte de 5"x2" calibre 14 y 4"x2" calibre 14.

- c) Conexiones por cortante formadas por PTR de 2"x2"x1/8", ángulo de 2"x1/4", ángulo de 2 1/2"x 3/16" y tornillos de 8x 25mm y 10x25mm de grado 8.8.
- d) Las placas de recubrimiento de concreto  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$  para exteriores y  $F'c=30 \text{ kg/cm}^2$  para interiores, ambas de dimensiones 100x100x2.5cm con tornillos 1/4"x 1 1/2".
- e) Cimentación de concreto reforzado  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$  con malla electrosoldada 66-66, anclas y varilla de 3/8". Castillo electrosoldado 15-25-4.

Para más detalles de las características consultar los planos E-1 a E-4 ubicados en anexos.

Durante esta investigación también se hicieron importantes hallazgos teóricos por ejemplo que no existe actualmente un sistema de prefabricación como se propone en el presente proyecto basado en perfiles laminados como los mencionados en la conclusión 2. También se encontró que en México existe un retraso en investigación sobre prefabricación de aproximadamente 60 años y la información que existe es poca y restringida.

También que los sistemas de prefabricación en el mundo están basados en los desarrollos que se hicieron en los países desarrollados como Estados Unidos, España y Francia en los años 60's.

La finalidad de diseñar módulos de 3.3x3.15m prefabricados es para que sea una construcción flexible y de esta manera se puede dar la configuración adecuada para la distribución deseada de espacios para una casa habitación en base a ellos.

Ahora bien, hay que considerar que la construcción industrializada es menos costosa por el hecho de que al hacer más unidades en un mismo lapso de tiempo el costo tanto de producción como la mano de obra es menor que si fuera el caso del sistema constructivo tradicional basado en muros de mampostería.

En la presente investigación se optó por una losa de cimentación totalmente superficial porque la estructura tiene un peso ligero por el hecho de tener un esqueleto de acero, además de que las placas de recubrimiento externo le ayudan en el comportamiento ante un sismo.

En cuanto a las placas de concreto de recubrimiento interno se proponen con agregado de partículas de madera de aproximadamente 5mm con la finalidad de que el módulo cuente con propiedades térmicas, sería tema de otra investigación corroborarlo.

Es importante señalar también que el peso de los elementos es el adecuado para que dos personas puedan manejarlos, esto con la finalidad de que los interesados en este sistema puedan construirlo ellos mismos.

Al ser módulos prefabricados para armar tienen la funcionalidad de poder desarmarlos completamente para trasladarlo a otro sitio si fuese necesario.

Así Este sistema tiene la opción a crecimiento, en un principio se puede hacer la distribución de una planta y armarla. En un futuro armar la planta superior de acuerdo a la planeación hecha en un inicio.

Por tener un peso ligero se puede construir el primer nivel de mampostería y concreto para que sobre esta se puedan colocar 2 niveles más con este sistema.

Finalmente la cimentación propuesta es apta para colocar en terrenos cuya resistencia sea hasta  $3 \text{ ton/m}^2$ , pero es necesario hacer estudio de mecánica de suelos donde se pretenda construir dicha casa habitación para lograr un mejor comportamiento de la estructura y detallar de mejor manera la losa de cimentación además que ello permitiría un ahorro económico.

## BIBLIOGRAFÍA.

Asociación de distribuidores de acero de Jalisco A.C. (2005)

Manual de acero Corey.

Jalisco.

Carlos Fernández, Pilar Baptista, Roberto Sampieri. (2003).

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Friedrich Neumann. (1967)

Tratado de edificación.

Ed. Gustavo Gili. Barcelona.

Gobierno del Distrito Federal. (2004)

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Ed. Berbera, México D.F.

IMCA. (1997)

Manual de construcción en acero.

Ed. Limusa. México.

Jack C. McCormac. (2006)

Diseño de Concreto Reforzado.

Ed. Alfaomega. México.

Mauricio Raul.(1982)

La prefabricación en la construcción.

Ed. URMG. España.

Meli Piralla, Roberto. (2004)

Diseño estructural.

Ed. Limusa. México.

Miguel Aguila Alonso. (1974)

Prefabricación teoría y practica.

Ed. Eta. Barcelona España.

Raúl Diaz Gómez. (1971)

Prefabricación.

Ed. IMCYC. México

Russell C. Hibbeler

Mecanica de materiales. (2004)

Ed. CECSA. México.

Secretaria de desarrollo social (SEDESOL). (1994)

Catalogo: concurso nacional de tecnología para la vivienda de interés social.

Ed. SEDESOL. México.

SEPSA. (2007)

Manual de información sobre elementos prefabricados presforzados de concreto.

México.

Sriramulu Vinnakota. (2006)

Estructuras de acero: comportamiento y LRFD.

Ed. Mc Graw-Hill. México.

## **OTRAS FUENTES DE INVESTIGACIÓN.**

[http://uruapan.asa.gob.mx/wb/webasa/uruapan\\_guia\\_turistica](http://uruapan.asa.gob.mx/wb/webasa/uruapan_guia_turistica)

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/michoacan/medi.htm>

<http://www.michoacan.gob.mx/estado/geografia.php>

[http://www.emexico.gob.mx/work/EMM\\_1/Michoacan/Mpios/16102a.htm](http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/16102a.htm)

<http://www.brynmawr.edu/Acads/Cities/imgb/nextone/med/1002.jpg>

<http://www.sepsacv.com.mx>

[http://es.encarta.msn.com/encyclopedia\\_961545419/Prefabricado.html](http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_961545419/Prefabricado.html)

<http://www.viguetasribe.com/productos/prod4.html>

[http://www.imsanet.com/imsaacero/espaniol/productos/acanalada4\\_2.htm](http://www.imsanet.com/imsaacero/espaniol/productos/acanalada4_2.htm)

[http://lh3.ggpht.com/\\_5JlfcMH\\_BEM/R-4znh6NHI/AAAAAAAAAtk/rGRWDw6mCdw/2008-03-14+035.jpg](http://lh3.ggpht.com/_5JlfcMH_BEM/R-4znh6NHI/AAAAAAAAAtk/rGRWDw6mCdw/2008-03-14+035.jpg)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Casa>

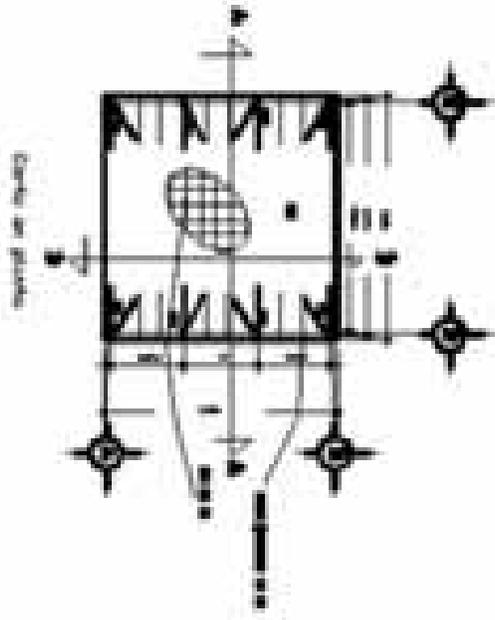
[www.anippac.org.mx](http://www.anippac.org.mx)

[www.armasel.com.mx](http://www.armasel.com.mx)

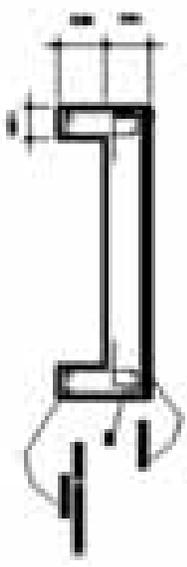
# ANEXOS

18	СОСТАВЛЯЮЩИЕ
ИЗДАНИЕ 1988 г.	
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СТРОИТЕЛЬСТВО»	
Москва - Ленинград	
УДК 62-50	
 Министерство строительства СССР	
 Министерство строительства СССР	

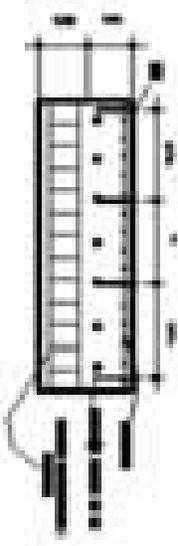
№ п/п	Наименование	Кол-во	Единица измерения	Значение
1	Составляющие	1	шт.	1
2	Составляющие	1	шт.	1
3	Составляющие	1	шт.	1



Э-1 (1:50)



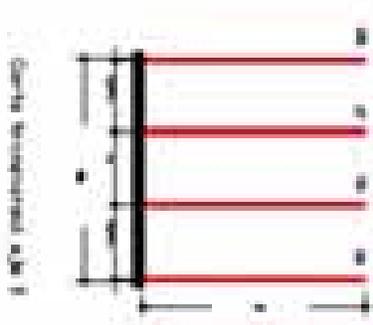
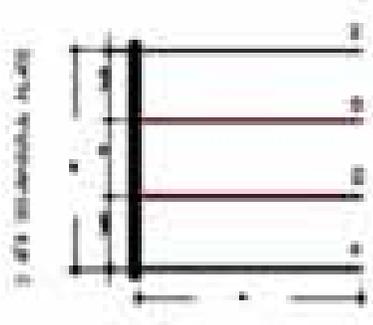
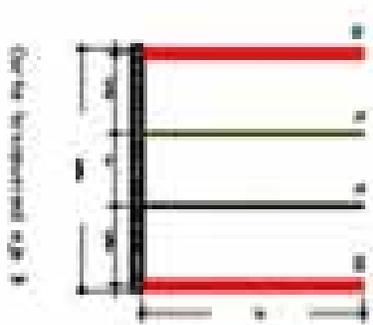
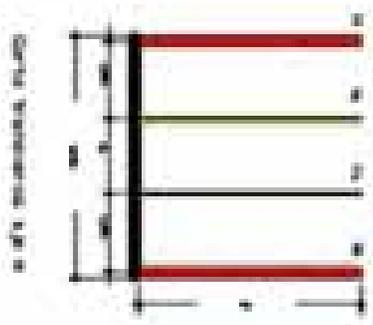
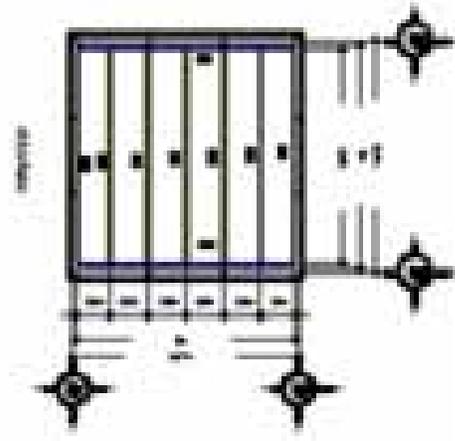
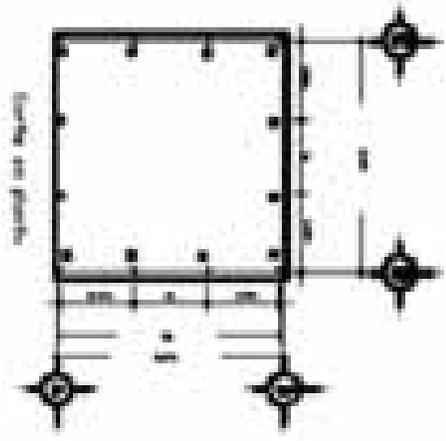
Э-2 (1:50)

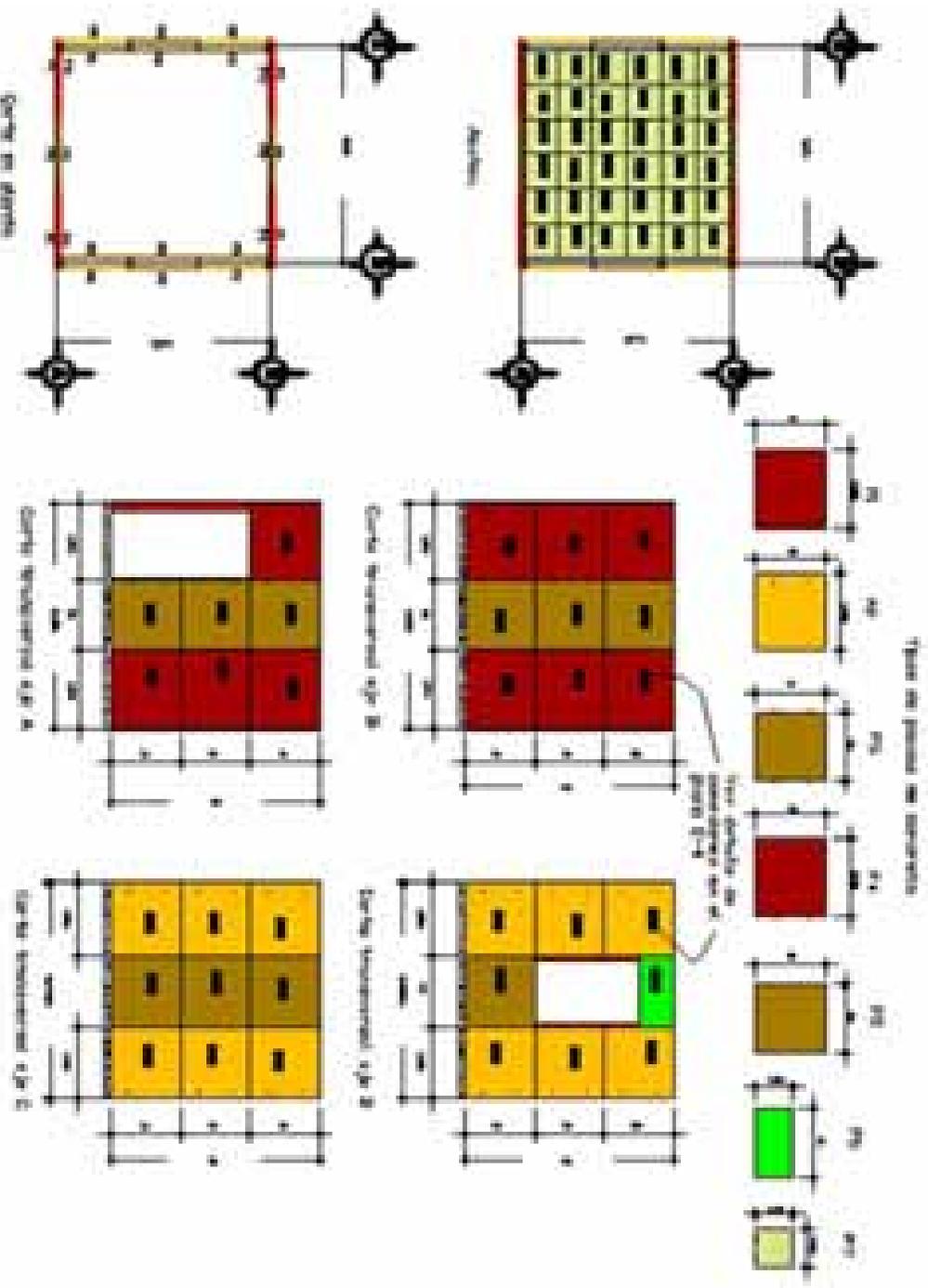


**UNIVERSITY OF CALIFORNIA**  
**Department of Civil and Environmental Engineering**  
**Structural Engineering**  
**Structural Steel Design**  
**Structural Steel Design**  
**Structural Steel Design**

100  
 100  
 100  
 100

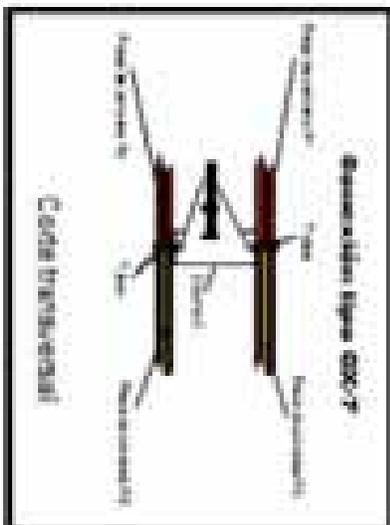
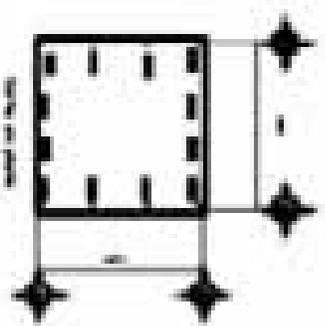
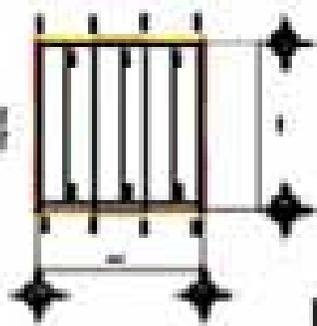
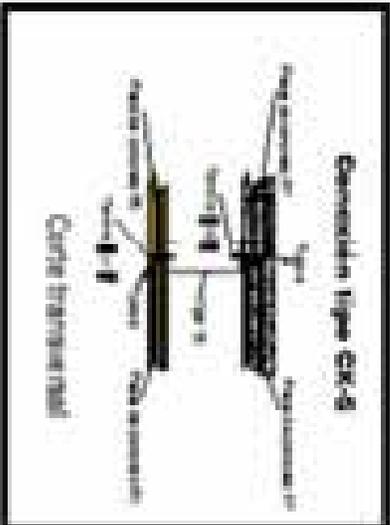
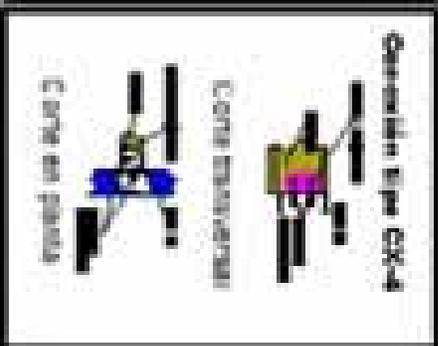
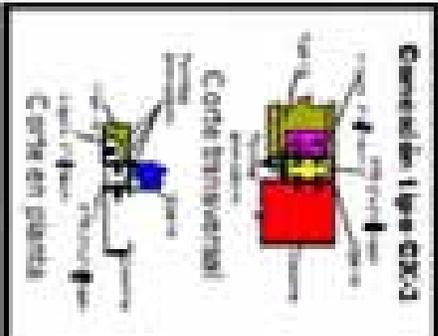
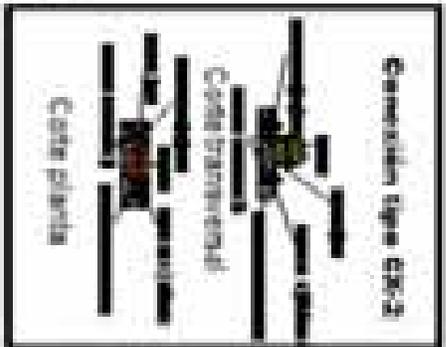
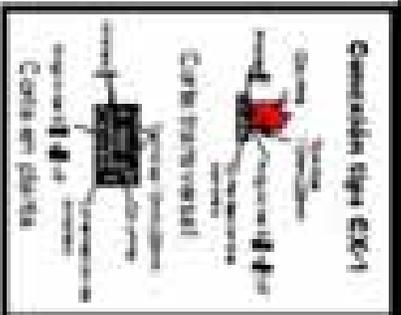
Item	Description	Quantity	Unit
1	Structural Steel Design	100	sq ft
2	Structural Steel Design	100	sq ft
3	Structural Steel Design	100	sq ft
4	Structural Steel Design	100	sq ft





Código	Descripción	Cantidad	Unidad
01	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
02	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
03	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
04	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
05	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
06	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
07	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
08	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
09	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>
10	Forma de planta de concreto	1	m <sup>2</sup>


 Universidad Tecnológica de Panamá  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Trabajo de Ingeniería Civil  
 Nombre del estudiante: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



Geometría	Superficie	Volumen
1	100	1000
2	100	1000
3	100	1000
4	100	1000
5	100	1000
6	100	1000
7	100	1000

**Geometría tipo CX-1**

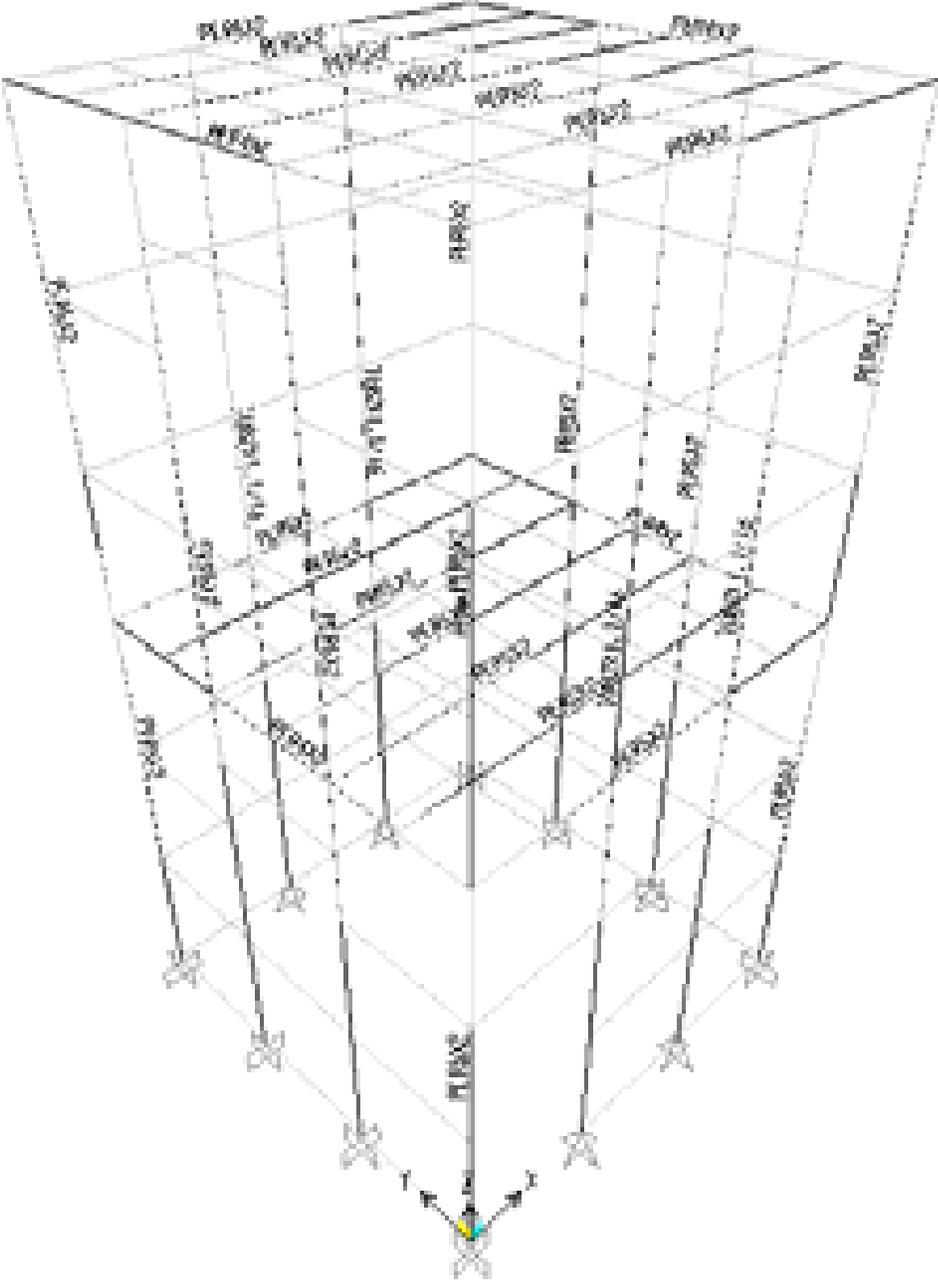
Nombre: \_\_\_\_\_

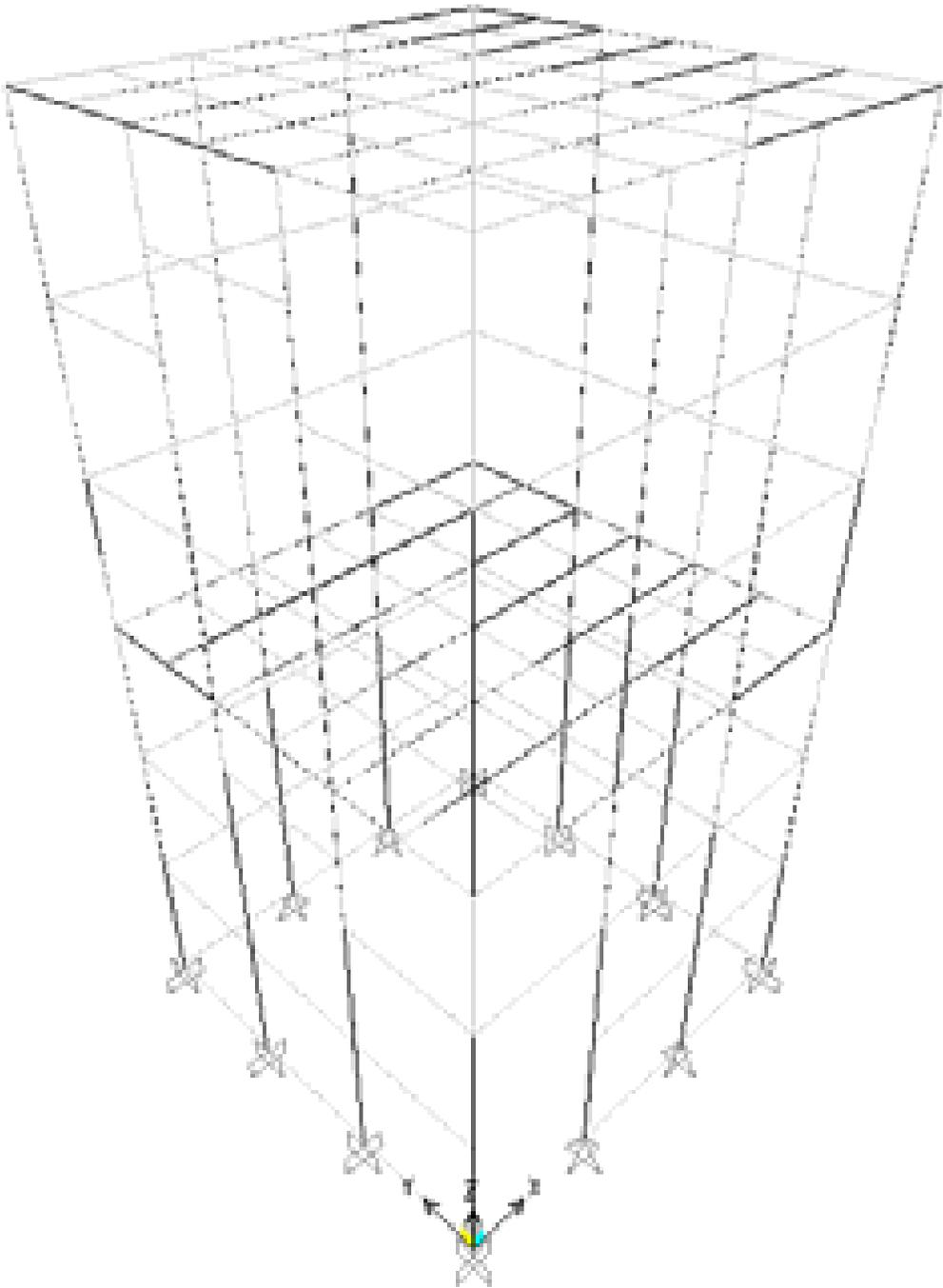
Apellido: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Clase: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_





## ANEXO E-7

$R_x=0.23$   
 $R_y=-0.03$   
 $R_z=1.71$

$R_x=0.26$   
 $R_y=-1.089E-06$   
 $R_z=1.02$

$R_x=0.12$   
 $R_y=0.00$   
 $R_z=0.59$

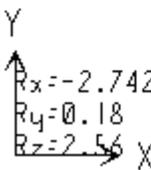
$R_x=0.03$   
 $R_y=0.15$   
 $R_z=-2.480E-03$

$R_x=-1.752E-05$   
 $R_y=0.47$   
 $R_z=2.08$   
 $M_z=0.00$

$R_x=-2.152E-05$   
 $R_y=0.38$   
 $R_z=1.18$   
 $M_z=0.00$

$R_x=-7.255E-06$   
 $R_y=0.41$   
 $R_z=2.35$   
 $M_z=0.00$

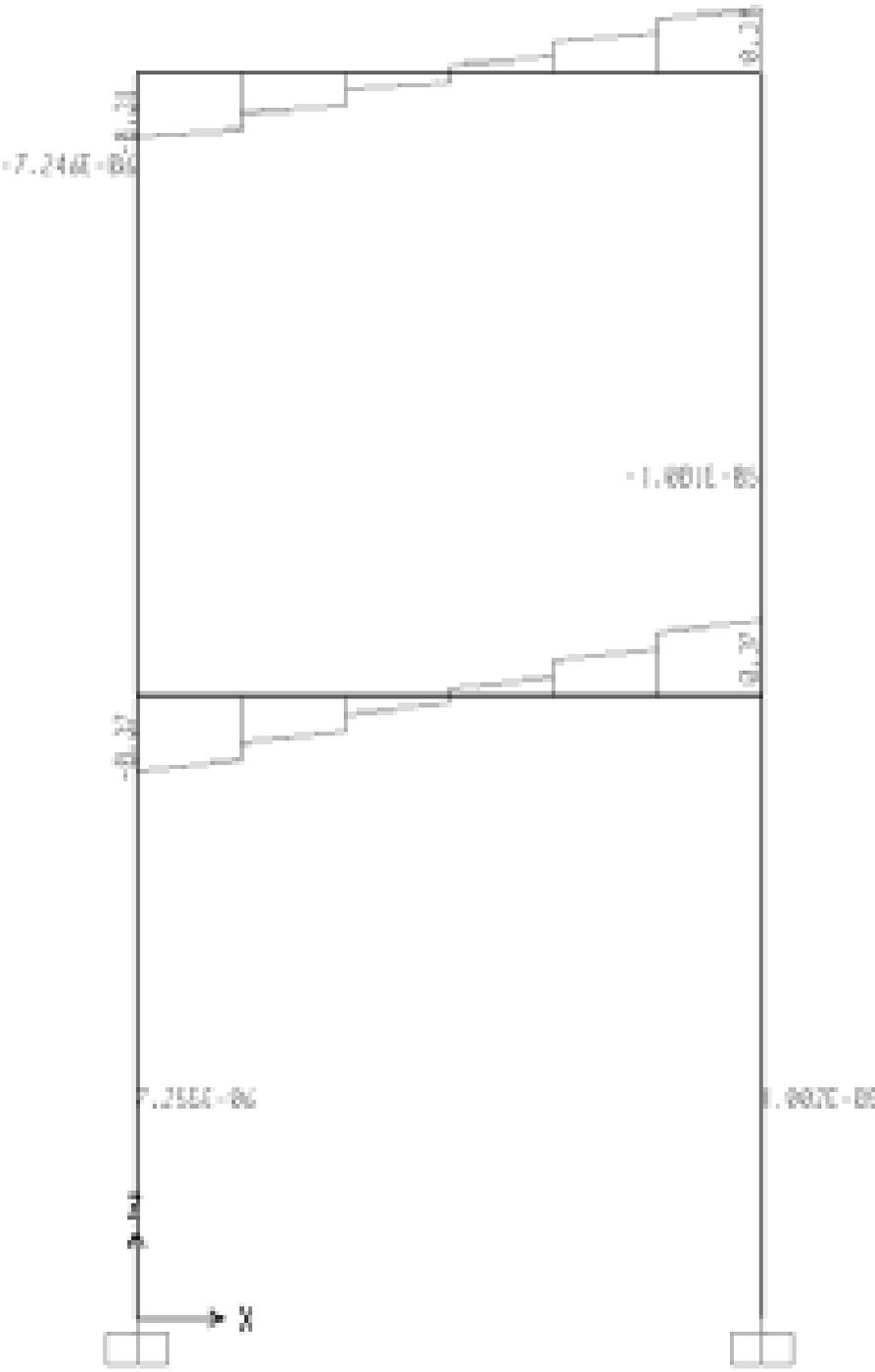
$R_x=-1.002E-05$   
 $R_y=0.53$   
 $R_z=2.22$   
 $M_z=0.00$

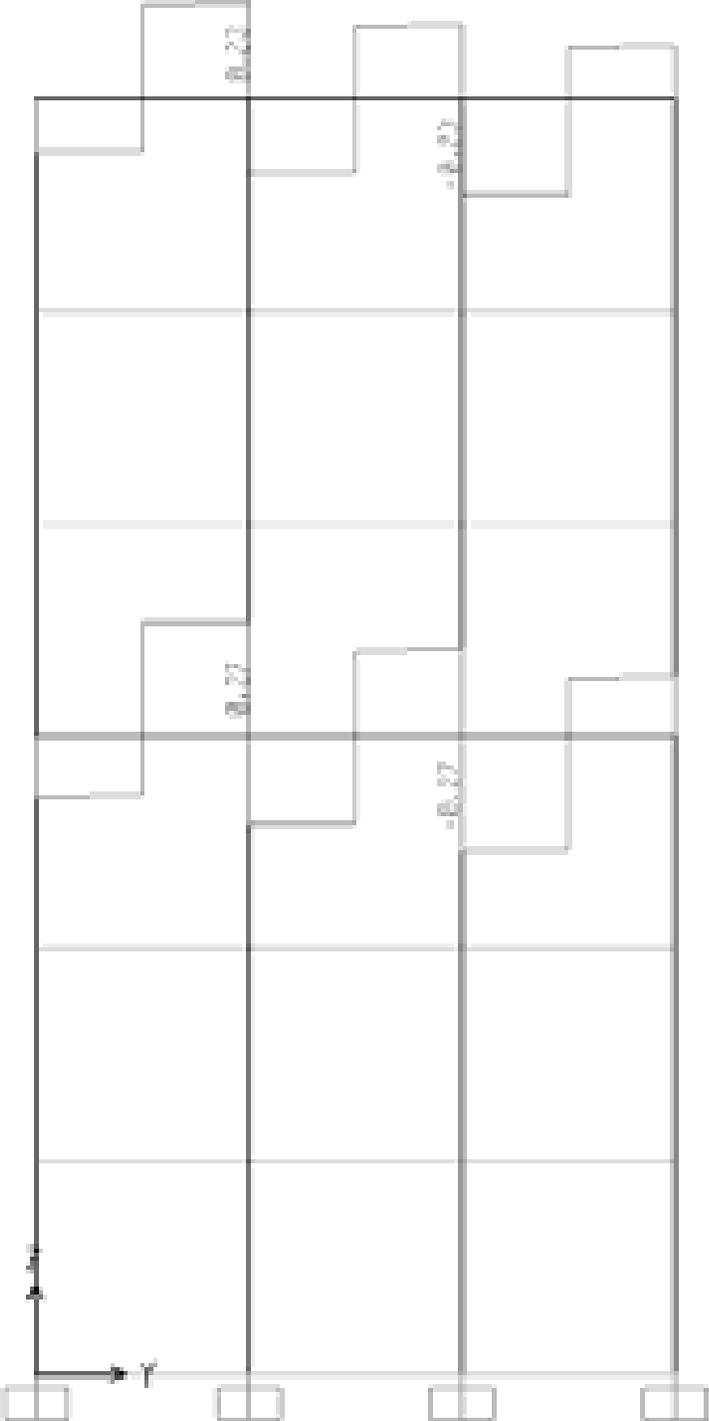
$R_x=-2.742E-04$   
 $R_y=0.18$   
 $R_z=2.56$ 


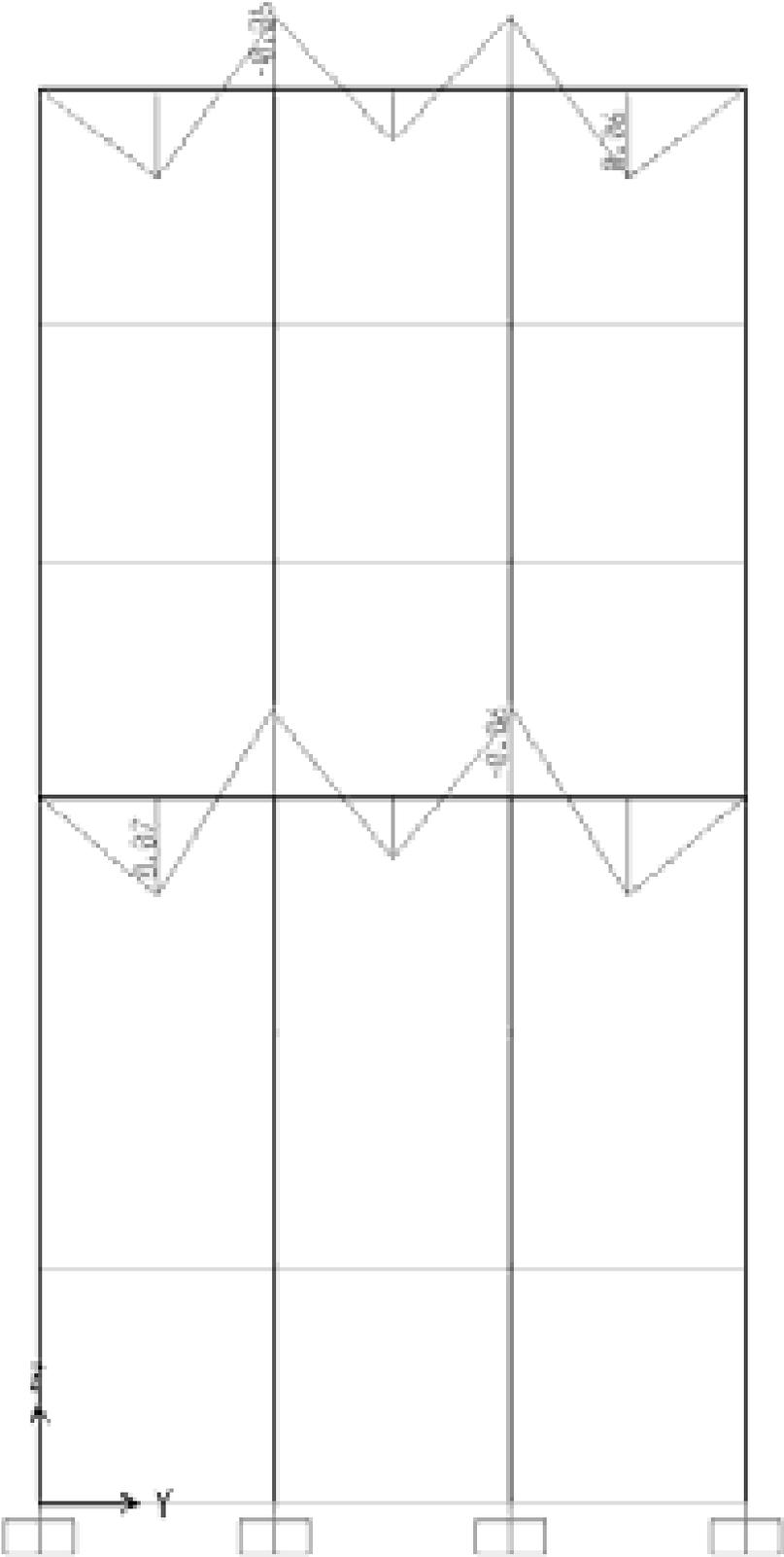
$R_x=0.22$   
 $R_y=-1.084E-06$   
 $R_z=1.59$

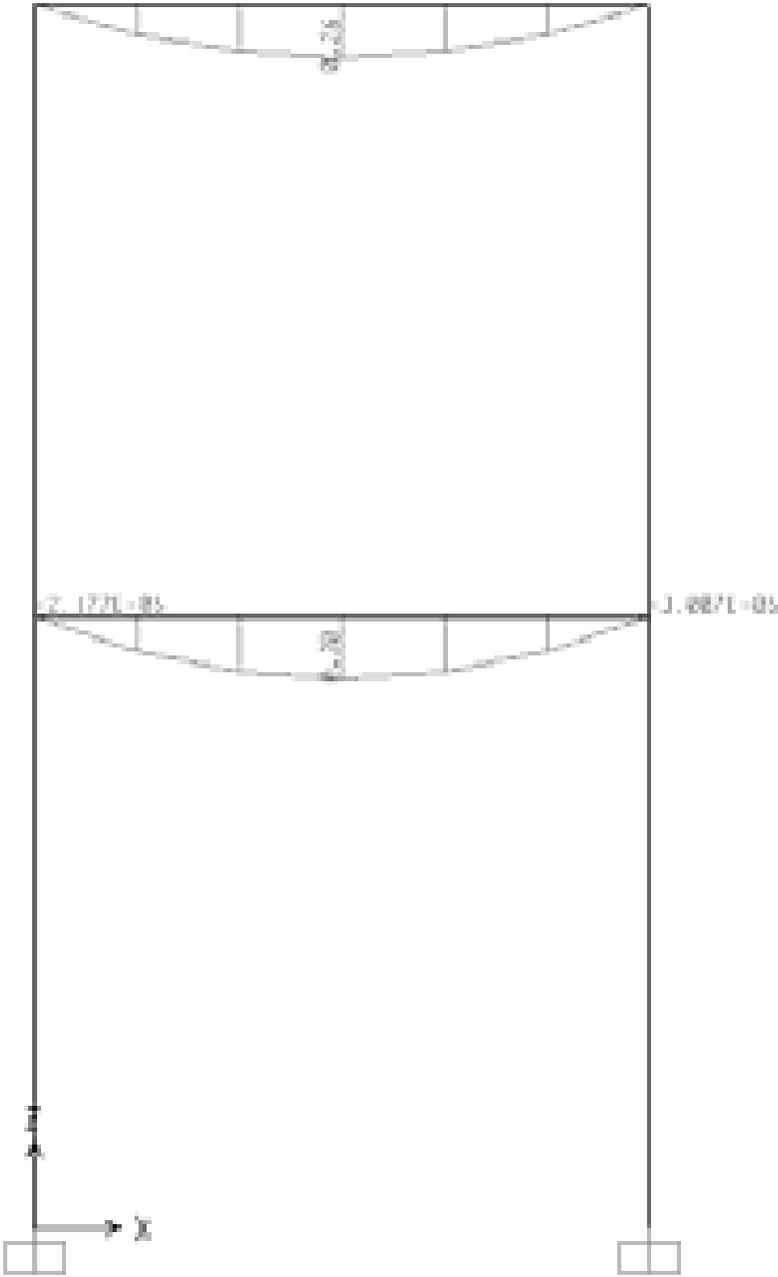
$R_x=0.09$   
 $R_y=0.00$   
 $R_z=2.71$

$R_x=-0.17$   
 $R_y=0.46$   
 $R_z=3.50$









### Diseño de un módulo construido con mampostería y losa de concreto.

Se diseñara un modulo de 3x3m con una altura de 3 m, de tabique, castillos y losa de concreto reforzada, con la finalidad de realizar un costo de materiales y así compararlo con un modulo prefabricado descrito en la presente tesis.

Se proponen, de acuerdo al RCDF 2004, castillos y dalas de 15x15 cm. con 4 varillas de 3/8", estribos de alambros #2.5 @ 20cm y concreto  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$ .

Diseño de la losa maciza que trabaja en dos direcciones.

#### 1) Análisis de cargas.

Material	Espesor	Peso Volumétrico	Peso total
Concreto	0.10 m	2.4 ton/m <sup>2</sup>	0.24 ton/m <sup>2</sup>
Yeso	0.02m	1.5 ton/m <sup>2</sup>	0.03 ton/m <sup>2</sup>

CM= 0.27 ton/m<sup>2</sup>

Carga de servicio

CM =0.27 ton/m<sup>2</sup>

$C_{\text{adicional}}=0.040 \text{ ton/m}^2$

CV = 0.170 ton/m<sup>2</sup>

W = 0.48 ton/m<sup>2</sup>

2) Peralte mínimo.

Perimetro =  $3 \times 4 = 12\text{m} = 1200\text{ cm}$

$$d_{\min} = \frac{1200}{170} 0.032 \sqrt[4]{2520(0.48 * 1000)} = 7.49\text{cm}$$

Hmin= d min + rec =  $7.49+2.5 = 9.99\text{cm}$

3) Momento de diseño

Usando el método de coeficientes.

$$m=3/3=1$$

tablero aislado con bordes discontinuos, caso 1

Para M(+), C=500

$$Mu(+)=1.1(500*10^{-4})(0.48)=0.012\text{ ton-m.}$$

Para M(-), C=330

$$Mu(+)=1.1(330*10^{-4})(0.48)=0.0083\text{ ton-m.}$$

4)Diseño por flexion.

Para  $Mu(+)=0.012\text{ ton-m.}$

$$\rho = \frac{136}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(0.012)(100000)}{0.9(100)(8^2)(136)}}\right) = 0.00005$$

$$p_{\min}=0.0023$$

$$p_{\max}=0.0121$$

$$\text{Rige } p_{\min}=0.0023$$

$$A_s = 0.0023(8)(100) = 1.84 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$\text{Rige } A_s = 1.84 \text{ cm}^2$$

Separación de las varillas proponiendo de 3/8"

$$S = 100 * 0.71 / 1.84 = 38.58 \text{ cm}$$

$$S_{min} = 6 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 50 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Rige } S_{max} = 35 \text{ cm.}$$

Por lo que se concluye que para  $\mu(+)$  se pondrá varilla 3/8" @ 35 cm la cual estará colocada en el lecho inferior de la losa.

Como  $\mu(-)$  es menor que el  $\mu(+)$ , se pondrá también Varilla de 3/8" @ 35 cm, en el lecho superior en bastones.

5) Diseño por cortante.

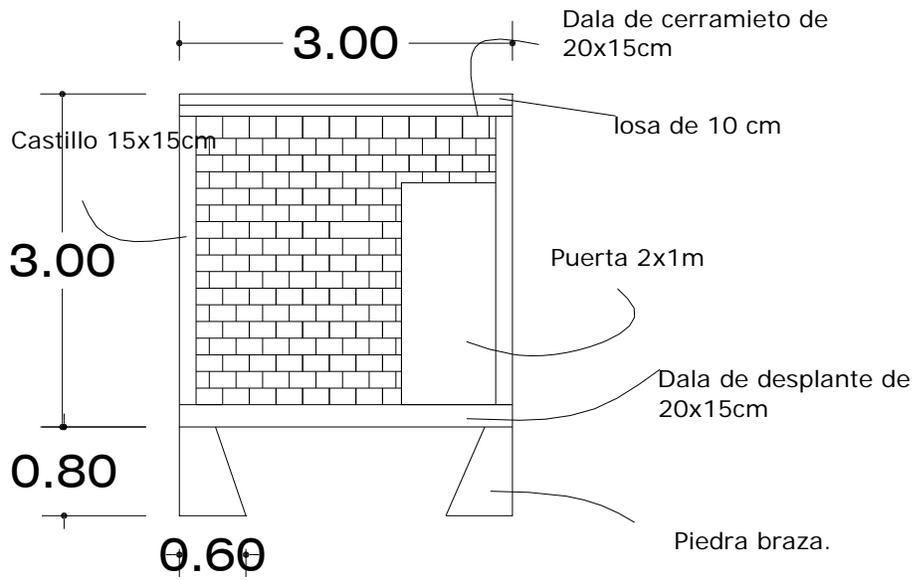
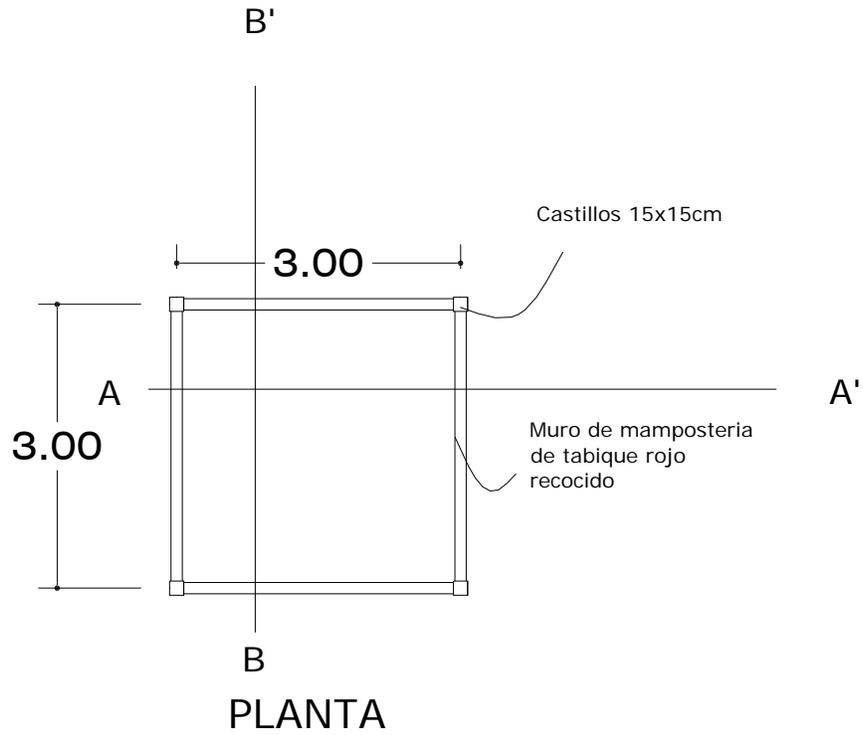
$$V_{CR} > V_U$$

$$V_{CR} = 0.5(0.7)(100)(8)(160)^{0.5} = 3541.75 \text{ kg}$$

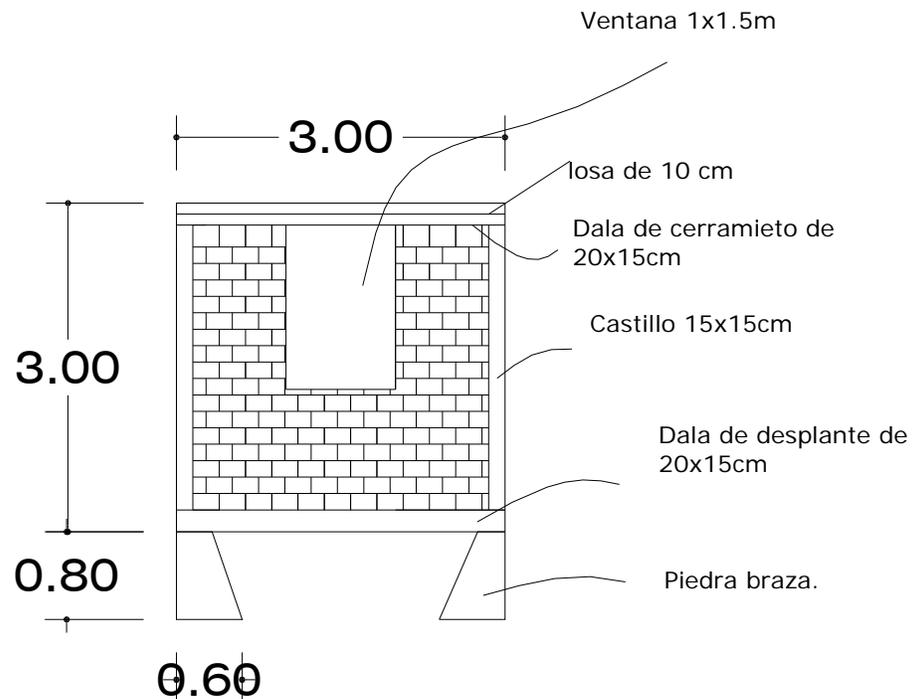
$$V_U = 1.1 \left( \frac{3}{2} - 0.08 \right) (0.95 - 0.5) (0.48) (1000) = 337.39 \text{ kg}$$

$V_{CR} > V_U$ , por lo que es adecuado a cortante.

# Diagramas de módulo de mampostería



**CORTE A-A'**



### CORTE B-B'

En el siguiente anexo E-13 se hace referencia al presupuesto de este módulo, el anexo E-14 es el presupuesto para el módulo prefabricado con estructura de acero y placas de concreto. En ambos módulos solo se presupuestó el material para su conformación ya que con ello se pretende demostrar cual de los dos es de menor costo por su material.

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE MAMPONERÍA					
Presupuesto					
Clase	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U	Total
E-01	Cimentación de mampostería de piedra brava pintada con mortero arena 1:3	m <sup>3</sup>	4.00	279.02	1124.08
E-02	Caja de desplante 15x20cm F'c=200 kg/cm <sup>2</sup> 4 var 3/8" anillos #2 @20cm	m <sup>2</sup>	11.70	80.34	940.02
E-03	Muro de labaje tipo recodo pintado con mortero arena 1:3	m <sup>2</sup>	26.82	99.54	2670.04
E-04	Cerdas 15x15cm 4 var 3/8" anillos #2 @20cm corchete F'c=200 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	10.40	68.90	716.56
E-05	Caja de cerramiento 15x20cm F'c=200 kg/cm <sup>2</sup> 4 var 3/8" anillos #2 @20cm	m <sup>2</sup>	11.70	80.34	940.02
E-06	Losa de concreto 8 cm espesor F'c=200 kg/cm <sup>2</sup> varilla 3/8" @30 en ambos sentidos	m <sup>2</sup>	9.00	230.92	2078.28
E-07	Frente de concreto de 8 cm de espesor F'c=150 kg/cm <sup>2</sup> a modo decorativa (M 1010)	m <sup>2</sup>	9.00	198.70	1788.30
E-08	Aplacado fino con mortero arena 1:3 3cm de espesor	m <sup>2</sup>	94.30	11.00	1037.30
				<b>Total</b>	<b>\$ 11,848.28</b>

Análisis de proceso primario						
0.01	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.01	0.01	0.01		
0.02	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.02	0.02	0.02		
0.03	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.03	0.03	0.03		
0.04	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.04	0.04	0.04		
0.05	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.05	0.05	0.05		
0.06	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.06	0.06	0.06		
0.07	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.07	0.07	0.07		
0.08	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.08	0.08	0.08		
0.09	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.09	0.09	0.09		
0.10	Control de temperatura de agua fría procedente de la planta de tratamiento Temperatura Hora	0.10	0.10	0.10		

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO (PREFABRICADO)					
Presupuesto					
Cant	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U	Total
EA-01	Concreto de concreto reforzado de 1'10" de ancho, 2' (200 kg/cm <sup>2</sup> ) más acelerante de 10% (2'x1000 kg/cm <sup>2</sup> ), arena 15.25-4 arena 10' (2'x1000 kg/cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	30.000	367.000	11.010.000
EA-02	Columnas de 30 cm de espesor, con rebar 2"x2" con 16 varillas 2"x10" y tamaño de 30 cm.	una	8	136.000	1.088.000
EA-03	Tubos de 30 cm de espesor, perforados 2"x2" con 16 varillas 2"x10" tamaño de 1'4", tamaño de 30"	una	4	46.000	184.000
EA-04	Vigas de 2'00" de espesor, con rebar 2"x2" con 16 varillas 2"x10" 2'00" 2'x2'x10" tamaño de 30 cm.	una	7	1.075.000	7.525.000
EA-05	Pavos de concreto, 4'00" x 2'00" m. de espesor reforzado 2'x1000 kg/cm <sup>2</sup> más acelerante de 10%, arena de 1'4", tubo de 30"	una	50	22.420	1.121.000
EA-06	Pavos de concreto reforzado, 4'00" x 2'00" m. de espesor 2'x1000 kg/cm <sup>2</sup> más arena de 1'4", tubo de 30"	una	32.5	33.000	1.072.500
EA-07	Pavos de concreto reforzado, 4'00" x 2'00" m. de espesor 2'x1000 kg/cm <sup>2</sup> más arena de 1'4", tubo de 30"	una	32.5	33.000	1.072.500
				<b>Total</b>	<b>\$ 18.608.000</b>

Problem Statement		Step 1	Step 2	Step 3	Final Answer
1.1	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ . Example: $n=5$ , sum is 15. Input: 5 Output: 15	1	2	3	15
1.2	Given a number $n$ , find the sum of all even numbers from 1 to $n$ . Example: $n=5$ , sum is 6. Input: 5 Output: 6	2	4	6	6
1.3	Given a number $n$ , find the sum of all odd numbers from 1 to $n$ . Example: $n=5$ , sum is 9. Input: 5 Output: 9	1	3	5	9
1.4	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ that are divisible by 3. Example: $n=5$ , sum is 6. Input: 5 Output: 6	3	6	9	6
1.5	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ that are divisible by 5. Example: $n=5$ , sum is 15. Input: 5 Output: 15	5	10	15	15
1.6	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ that are divisible by 3 and 5. Example: $n=15$ , sum is 45. Input: 15 Output: 45	3	6	9	45
1.7	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ that are not divisible by 3 or 5. Example: $n=5$ , sum is 10. Input: 5 Output: 10	1	2	4	10
1.8	Given a number $n$ , find the sum of all numbers from 1 to $n$ that are divisible by 3 or 5. Example: $n=15$ , sum is 60. Input: 15 Output: 60	3	6	9	60

Como se observo en los anexos E-13 y E-14, el costo del material para un modulo de mampostería es de \$11 049.20 y para un módulo prefabricado de \$10 535.32, los precios manejados son al mes de noviembre del año 2008.

Según dicho análisis es de menor costo el módulo prefabricado en un 4.87%, para hacer el análisis de costo de mano de obra se tendría que estudiar a fondo con una misma cantidad de cuadrillas de personas hacer un mismo proyecto tanto en módulos de mampostería como en módulos prefabricados. Además que en la prefabricación interviene en mayor grado la tecnología.