



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
CIVIL Y GEOMÁTICA

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES DE POLIESTIRENO UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A N :

**BARRIOS BENÍTEZ SALVADOR
SÁNCHEZ GONZÁLEZ JOSÉ LUIS**

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. OCTAVIO GARCÍA DOMÍNGUEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO. D.F.

MARZO 2009.



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.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES DE POLIESTIRENO UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1. USO DE PANELES EN LA CONSTRUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Proceso constructivo y usos en general
- 1.3 Armado de la cimentación
- 1.4 Muros
- 1.5 Puertas y ventanas
- 1.6 Losas
- 1.7 Instalaciones
- 1.8 Muebles y accesorios
- 1.9 Morteros y concreto
- 1.10 Edificios
- 1.11 Faldones y pretilas
- 1.12 Volúmenes arquitectónicos
- 1.13 Otros

CAPITULO 2. COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS ESTRUCTURALES Y CONSTRUCTIVOS

- 2.1 Panel estructural, ventajas y desventajas
- 2.2 Estructuras metálicas, ventajas y desventajas
- 2.3 Estructuras de mampostería, ventajas y desventajas
- 2.4 Estructuras de concreto, ventajas y desventajas

CAPITULO 3. PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS ANALÍTICAMENTE

- 3.1 Propiedades Mecánicas obtenidas analíticamente para vigas construidas con panel.
- 3.2 Propiedades Mecánicas obtenidas analíticamente para muros construidas con panel.

CAPITULO 4. ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PANELES

- 4.1 Muro de panel sometido a la acción de cargas axiales
- 4.2 Muro de panel sometido a la acción de cargas laterales.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXO 1. DETALLES CONSTRUCTIVOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INTRODUCCIÓN

La tendencia de la construcción moderna dirigida hacia el menor costo, cambiando los antiguos patrones de elementos rígidos y pesados por elementos sencillos de mejor trabajo estructural, dio lugar al empleo de materiales que el avance tecnológico colocó en disponibilidad como es el caso de los derivados petroquímicos. La espuma de poliestireno (EPS) surge de la necesidad primordial de contar con un material en los elementos de concreto reforzado que aligerara la estructura optimizando el uso del acero de refuerzo y el mismo concreto.

De esta primera necesidad surge la aplicación del EPS en los sistemas de losa reticular integrándose como aligerante en la sección de losa que no está sujeta a ningún esfuerzo mecánico.

A partir de esta aplicación, el constructor ha venido aprovechando el concepto de aligeramiento en el peso total de la estructura, fomentado por los ingenieros estructuralistas al observar las condiciones sísmicas y propiedades mecánicas del uso existente en México, mejorando la seguridad en las construcciones.

Otras propiedades identificadas en el EPS son su enorme capacidad de aislante térmico, aislante acústico, facilidad de manejo, de corte, buena estabilidad dimensional, prácticamente nula absorción de agua, aceptación de acabados tradicionales, etc. lo que ha detonado su uso generalizado en la industria de la construcción en forma de muros divisorios, plafones, ductos de aire acondicionado, aislamientos, marinas flotantes, muros de carga, losas, etc.

El poliestireno expansible es la materia prima para elaborar la espuma de poliestireno (EPS).

El poliestireno expansible consiste en partículas esféricas de poliestireno que contienen dentro de su estructura un hidrocarburo volátil, mismo que sirve como agente expansor y al aplicarle calor provoca que dichas partículas se reblandezcan y que aumente su tamaño.

El poliestireno expansible se encuentra disponible en forma de perlas sueltas con un diámetro que va desde 0.4 a 2.0 mm. Y de acuerdo a sus aplicaciones específicas, se producen dos tipos:

a) Poliestireno expansible retardante a la flama (RAF), empleado en la obtención de casetones, bovedillas y placas con las característica de autoextinguibilidad.

b) Poliestireno expansible normal, utilizado para la fabricación de cuerpos moldeados.

La espuma de poliestireno (EPS) es un plástico de estructura rígida celular que contiene hasta un 98 % de aire encapsulado; con propiedades que dependen fundamentalmente de la densidad e influencias por la calidad del moldeo (grado de fusión).

La transformación del poliestireno expansible se lleva a cabo en tres etapas:

- a).-Preexpansión
- b).-Reposo intermedio
- c).- Moldeo

El panel llamado estructural esta compuesto por una placa de poliestireno expandido y una estructura tridimensional conformada por dos mallas de acero galvanizado de alta resistencia, electrosoldados diagonalmente mediante alambres. La conexión de elementos se hace con malla unión, que también son elementos de acero galvanizado de alta resistencia. El sistema se complementa aplicando, por ambas caras, un recubrimiento de mortero o concreto, para así obtener un elemento rígido y a la vez ligero, también cuenta con resistencia térmica y acústica.

Los paneles estructurales son elementos constructivos versátiles ya que pueden utilizarse para detalles arquitectónicos, faldones, fachadas, muros en colindancia, jardineras, escaleras, o bien para muros divisorios o de carga. Por su amplia gama de usos, el panel estructural se adapta a cualquier sistema constructivo de cualquier edificación, desde detalles arquitectónicos hasta muros de carga en dos niveles, sin embargo dado que la información técnica sobre sus propiedades mecánicas es poco conocida y confusa, en este trabajo se decidió hacer una revisión de estas a partir de resultados analíticos y experimentales encontrados en la literatura especializada.

El poliestireno es un termoplástico derivado de la industria petroquímica nacional, con una estructura celular cerrada, no toxico y auto extingible, que desde su aparición en la construcción, ha visto incrementar su participación en esta industria, como reflejo del aprovechamiento de sus características en beneficios del costo de las edificaciones y el confort del usuario.

CAPITULO 1

USO DE PANELES EN LA CONSTRUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Existe en el mercado una gran variedad de paneles constructivos, basados en núcleos de material aislante y caras de mallas de acero, integradas a su vez por armaduras de acero, en general los paneles de éste tipo son similares, diferenciándose solo por su espesor, cantidad y distribución de acero.

Las características que los distinguen son:

- Material aislante del núcleo, el cual puede ser poliestireno expandido, cartón, poliuretano, etc.
- Configuración de las mallas, calibre del alambre y clase de acero.
- Tipo de armadura (integración entre las mallas).
- Proceso de unión, ya sea soldadura eléctrica, soldado manual o engrapado neumático

Algunos de estos paneles poseen una estructura tridimensional de alambre de acero pulido al bajo carbono (1008), normas ASTM A-82, A-85, A-370 y A-510, en diversos calibres, conformada por armaduras de dos alambres paralelos electrosoldados a un tercero en forma de zigzag, resultando así retículas en la parte inferior y superior del panel.

El espesor del Panel es de 2", 3" o 4", medidas de malla a malla. En el alma de ésta estructura tridimensional van colocadas tiras de poliestireno expandido con forma rectangular. Las medidas nominales de algunos paneles son un ancho fijo de 1.22m (4') y longitud variable desde 2.44m (8') y hasta 4.04m, solo para el panel de 3".

El Sistema consiste básicamente en la integración de alambres de acero, mortero cemento-arena y/o concreto, generando un cuerpo monolítico de muros y losas armados, con capacidad estructural suficiente para permitir la edificación de una vivienda hasta dos niveles.



Figura 1.1 Acero para la fabricación del panel estructural

El aspecto importante de este tipo de sistemas es el desempeño uniforme de los elementos (muros y losas) que forman un sistema. Es decir, al ser los muros y las losas del mismo tipo de material no existen diferenciales en cuanto a capacidades y características estructurales. A diferencia de otros sistemas de comportamiento y composición estructural diferente entre muros y losas.

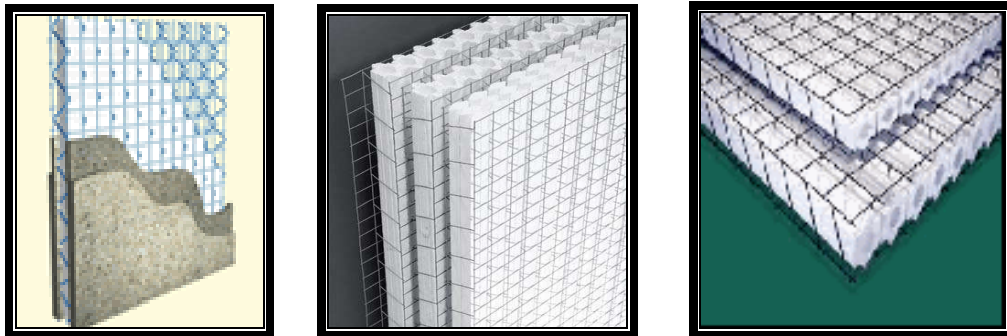


Figura 1.2 Estructura del panel

En viviendas modulares, cada vez es más común encontrar gigantescos depósitos emplazados en los terrenos de una obra, mini industrias que actúan como una segunda construcción. En efecto, la industrialización puede desarrollarse en planta o en terreno por medio de espacios acondicionados especialmente para generar una línea de producción de viviendas.

Es imprescindible recalcar que esta modalidad, definida como aquella en que se emplea un sistema constructivo constituido por elementos y/o componentes dimensionalmente coordinados, producidos industrialmente, siguiendo diseños tipificados y procedimientos en su mayor parte mecanizados y utilizando controles de calidad en las etapas de fabricación y montaje, difiere de la

prefabricación. Las constructoras tradicionalmente montan líneas de prefabricados en obra para generar elementos de montaje. Mientras, una construcción completamente industrializada cuenta con viviendas modulares, verdaderas edificaciones hechas en fábrica. Los ejemplos de esta modalidad abundan en países del norte como Estados Unidos, Canadá, etc.

En un segundo nivel de industrialización están las viviendas panelizadas, constituidas por un set de paneles prefabricados, más un kit de elementos y planos de ejecución. Las construcciones prefabricadas son aquellas que en su totalidad o parcialmente emplean un sistema constructivo constituido por elementos y/o componentes dimensionalmente coordinados, que se fabrican o arman antes de su montaje en obra o fábrica, y que pueden producirse y colocarse por métodos tradicionales conocidos de la construcción.

También hay novedades, porque las construcciones prefabricadas dan para todo. No sólo materiales tradicionales, también los innovadores combinados con los convencionales pueden estructurar una casa.

Por último, no podemos olvidar que existen ejemplos interesantes de prefabricación en concreto tradicional y concreto celular.

1.2 PROCESO CONSTRUCTIVO Y USOS EN GENERAL

1.2.1 El proceso de construcción

El proceso de construcción con el método empieza como en cualquier proyecto, evaluando el sitio. Idealmente, se busca un lugar plano y abierto, pero no es común contar con él. Sin embargo, es necesario prestar bastante atención al suelo y al subsuelo de la obra ya que éste forma parte integral del sistema. Los contratistas que construyen se aseguran de que existan buenas condiciones del suelo, que el relleno sea adecuadamente compactado, que se monitoree la humedad y que el subsuelo pueda soportar el piso de concreto del proyecto.

1.2.2 Preparación de las cimentaciones

La eliminación de los castillos en el perímetro de la obra simplifica las cimentaciones ya que no hay necesidad de ampliarlas para aquéllos. Las cimentaciones son normalmente excavaciones simples que requieren muy poca o ninguna formación, lo cual las hace económicas y rápidas de construir.

1.2.3 Construcción del piso

El siguiente paso en el sistema es la construcción del piso. Éste es muy importante ya que en la mayor parte de los casos se le utiliza para el moldeado de los paneles. La mayoría de los contratistas que han empleado este sistema utilizan el piso al máximo posible y tratan de hacerlo de tal manera que tenga las mínimas obstrucciones. Normalmente, se empotra la tubería y cualquier otra obstrucción entre dos y tres centímetros para poder tener un piso temporal libre.

1.2.4 Formación de los paneles

Una vez que el piso del proyecto esté terminado, es importante colocar en él algún químico para asegurarse de que el concreto del panel se adhiera al concreto del piso. Una vez hecho esto, el siguiente paso es la formación de los paneles. Habitualmente se emplea madera para formar el perímetro del panel. La preplaneación y la mecanización pueden resolver muchas dificultades en la formación del panel, así como mejorar la calidad y significar un ahorro para los contratistas y los dueños.

1.2.5 Colocación de refuerzo estructural adicional

La colocación del refuerzo estructural es mucho más fácil que en proyectos convencionales ya que el refuerzo se coloca horizontalmente y sobre una superficie dura en vez de verticalmente y en escaleras. El refuerzo del panel es muy importante porque en la mayoría de los casos este último soporta las cargas estructurales del techo y de los pisos intermedios (si los hubiere).

1.2.6 Colocación del refuerzo en los paneles

Los paneles, que utilizan materiales y productos locales, se moldean en el sitio de la obra para incrementar la productividad y reducir los costos de transporte que otros proyectos convencionales suelen tener. Normalmente, se colocan de tal manera que los camiones de concreto tienen acceso directo a ellos para poder así descargar el concreto en el mismo panel. La vibración del concreto es una de las actividades más importantes que hay que tomar en cuenta ya que es importante tener una buena compactación y calidad en el panel.

Una vez colocados los paneles en su lugar preestablecido, se deben colocar grapas para sujetar las varillas con la malla del panel, estas grapas no deben colocarse a mas de 30 cm. de distancia entre ellas, esto con la finalidad de dar continuidad a la estructura.



Figura 1.3 Colocación sujeción y armado del panel estructural

1.2.7 Levantamiento de los paneles

Contratistas experimentados pueden levantar una gran cantidad de paneles por día, lo que significa que si el proyecto no tiene un perímetro muy grande, quienes pasan en la mañana por la obra y vuelven a hacerlo por la tarde, pueden encontrar en esta segunda ocasión los paneles completamente levantados.

Una vez terminado el levantamiento de los paneles, las vigas principales y secundarias pueden colocarse directamente en las preparaciones de los mismos que fueron diseñadas para esto. El panel soporta las cargas del techo y elimina la necesidad de columnas en el perímetro, lo cual es de gran utilidad para los dueños ya que permite la libre localización de ventanas, puertas y estantes (si los hubiere).

1.2.8 Instalación del diafragma de la cubierta

En ciertos casos, la cubierta es uno de los elementos más importantes en el sistema ya que se la diseña como elemento estructural que transmite las fuerzas cortantes de viento a los paneles adyacentes.

1.2.9 Terminación del proyecto

Una vez que la cubierta esté colocada, pueden removerse los soportes de los paneles y proseguirse las terminaciones internas y externas. La duración del proyecto depende de la dificultad y el área del mismo.

1.3 ARMADO DE LA CIMENTACIÓN

La ligereza del sistema nos permite menor refuerzo de la cimentación, derivando en un ahorro significativo de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución.

El sistema de cimentación cambiará dependiendo de la resistencia del terreno, pudiéndose emplear losas de cimentación o zapatas corridas. Como ejemplo, para una losa corrida, se colocará concreto $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$, de 8cm (3") a 10cm (4") de espesor, reforzando con malla electrosoldada 6x6/10-10, trabes y castillos armados con prefabricados tipo "ARMEX" bajo ejes de los muros. Permitiendo soportar una losa como la anterior una vivienda de hasta 2 niveles. Colocar en los trabes y dentellones, varillas de 3/8" como anclas, las cuales trabajan como recibidores de cortante para los muros, con una altura de 40cm y repartidas a igual distancia, ver figura 1.4.



Figura 1.4 Colocación del acero de refuerzo para sujetar el panel a la cimentación

1.4 MUROS

1.4.1 Ensamble

El sistema de muros se basa en la unión de paneles utilizando mallas unión (alambre de acero pulido calibre 14) de 2 cuadros (10cm), 4 cuadros (20cm) y 6 cuadros (30cm) con una longitud de 2.44m, por ambas caras del panel. El no usar dichas mallas en las uniones de paneles provoca la aparición posterior de fisuras o grietas una vez aplicado el mortero. Para las uniones en esquina las mallas se doblan en la obra a 90° o en el ángulo necesario, ver figura 1.5.



Figura 1.5 Panel estructural armado y ensamblado

Para garantizar la continuidad entre los paneles se debe colocar mallas en las uniones de estos, las cuales deben ser sujetadas con grapas a una distancia no mayor de 30 cm. y deben colocarse en ambos paneles, tanto en el interior como en el exterior de estos.

En las esquinas.

Se debe colocar una malla esquinera en el interior y el exterior, la cual se debe sujetar también con grapas a una distancia no mayor de 30 cm. estas grapas se deben colocar en ambos paneles, además de estas mallas también se debe colocar varillas de 8mm (5/16)" de diámetro con una longitud no menor a 40 cm. de largo, estas varillas deben tener forma de "L" y también deben fijarse con grapas.

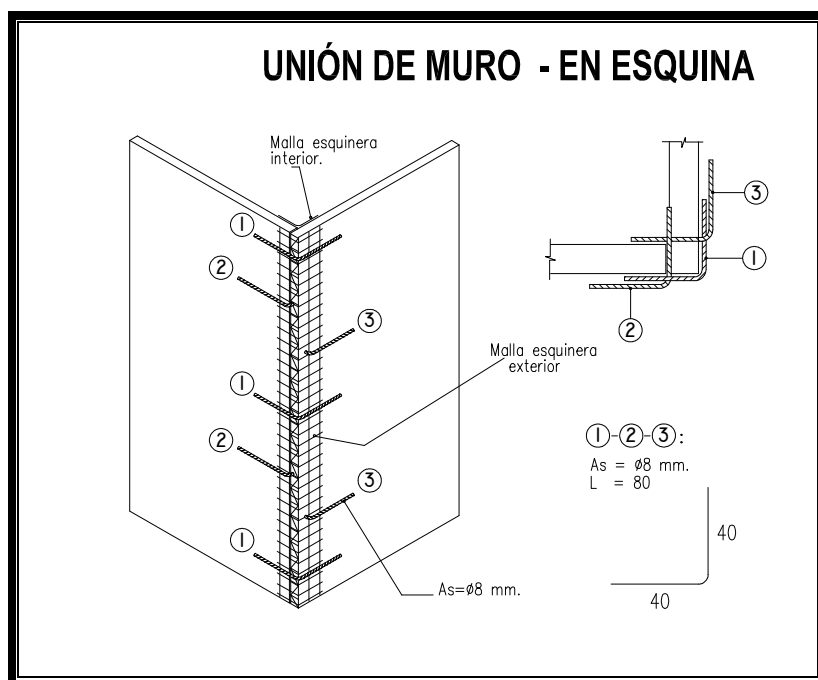


Figura 1.6 Unión de muros mediante malla esquinera

En todo lugar donde se tenga que unir un panel con otro, o donde se interrumpa la continuidad del mismo se debe colocar una malla para tratar de que se siga garantizando la continuidad de este.

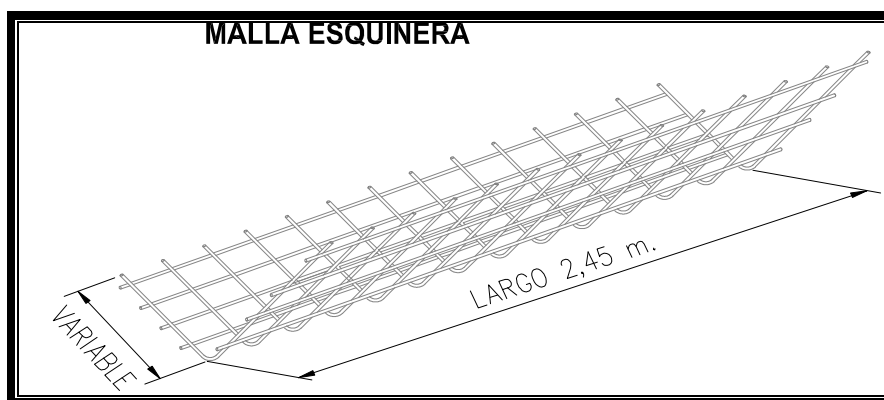


Figura 1.7a Malla esquinera

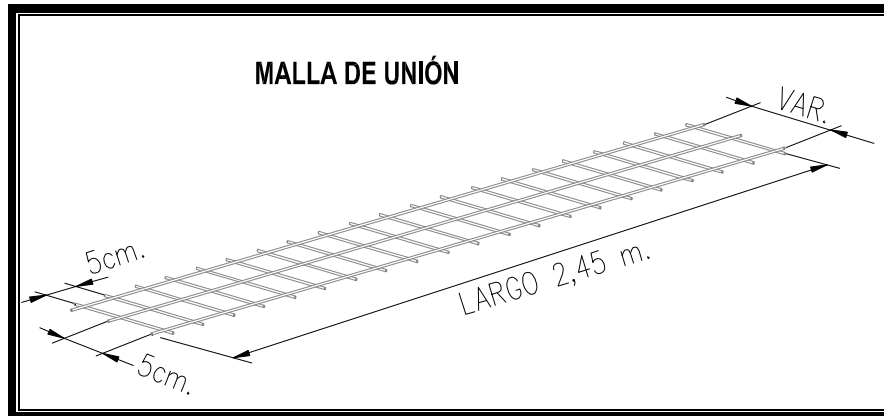


Figura 1.7b Malla de unión

Para realizar el montaje se deben dejar hombros de 10 cm. de ancho a ambos lados de puertas y ventanas para colocar los dinteles, se debe colocar acero a 45° con una longitud mínima de 40cm.

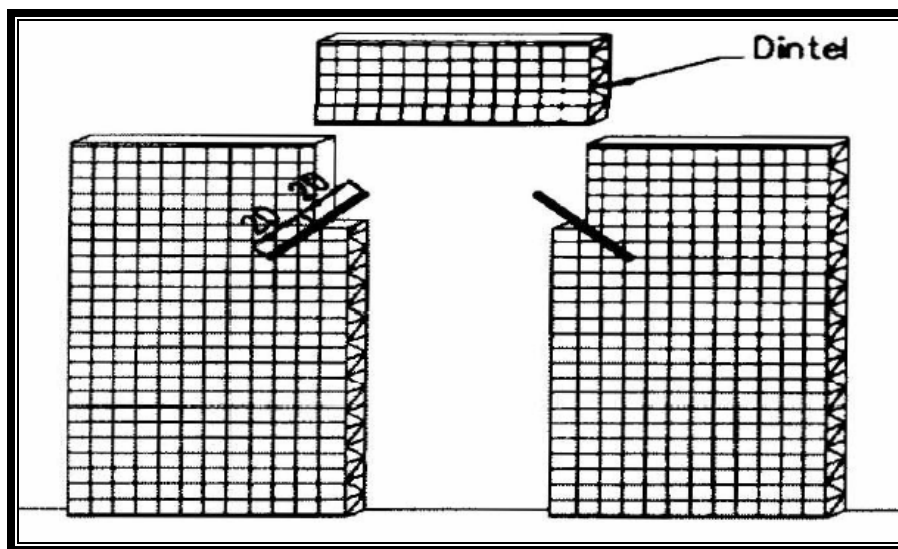


Figura 1.8 Detalle de armado en puertas y ventanas

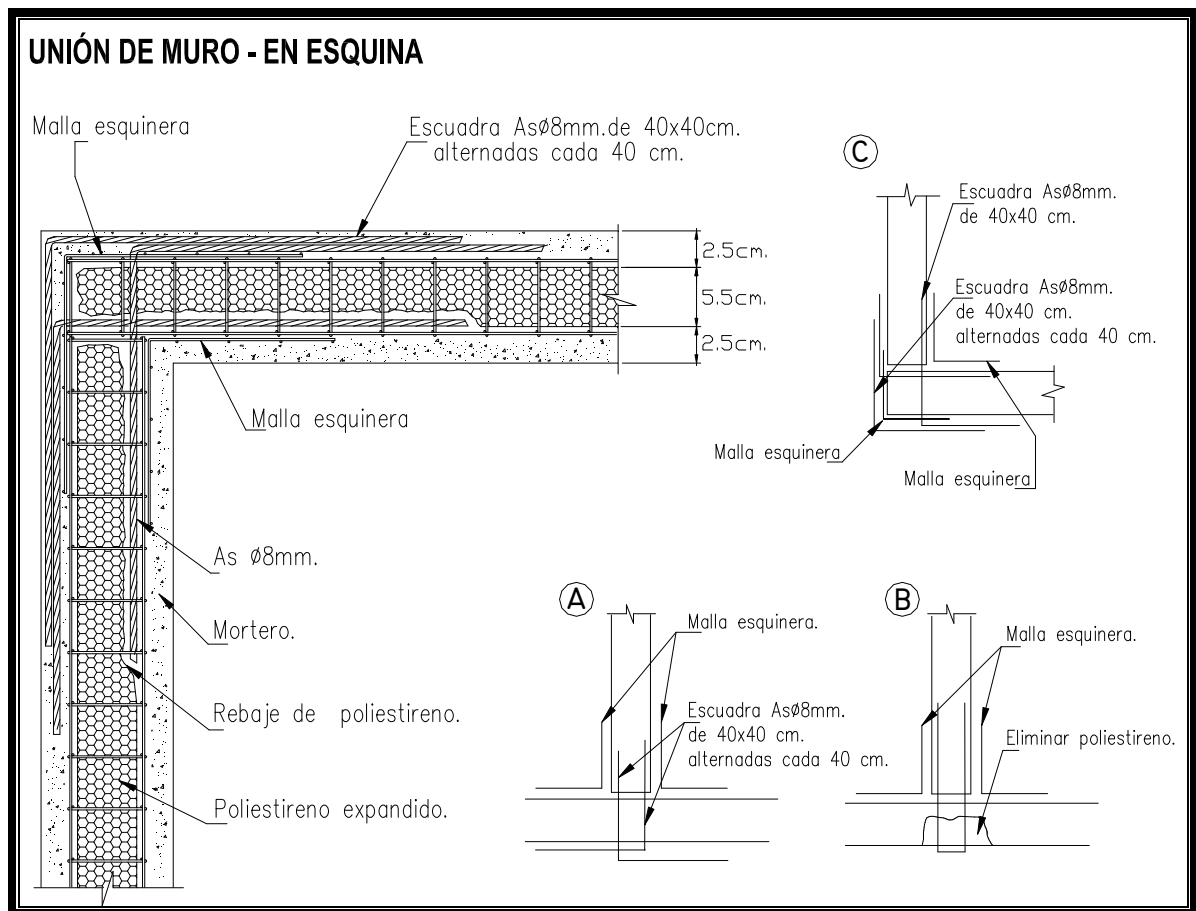


Figura 1.9 Detalle de colocación de acero de refuerzo en la unión de muros en esquinas

En los cruces y uniones perpendiculares de muros.

Se debe colocar acero de refuerzo, este debe estar de tal manera que forme una cruz, esto es que debe perforar el panel de lado a lado y debe tener por lo menos 40 cm. de longitud, tiene que ser sujetado al panel mediante grapas, a demás debe rebajarse el poliestireno que queda alrededor del acero de refuerzo, también se debe colocar malla unión o mallas esquineras, estas deben unirse mediante grapas, todo esto a ambos lados de panel.

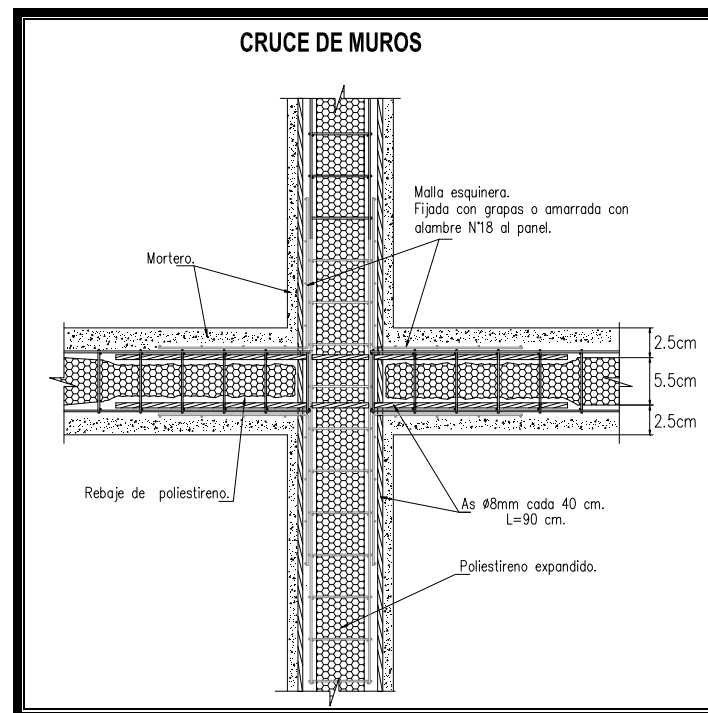


Figura 1.10 Detalle de armado de acero de refuerzo en cruces de muros

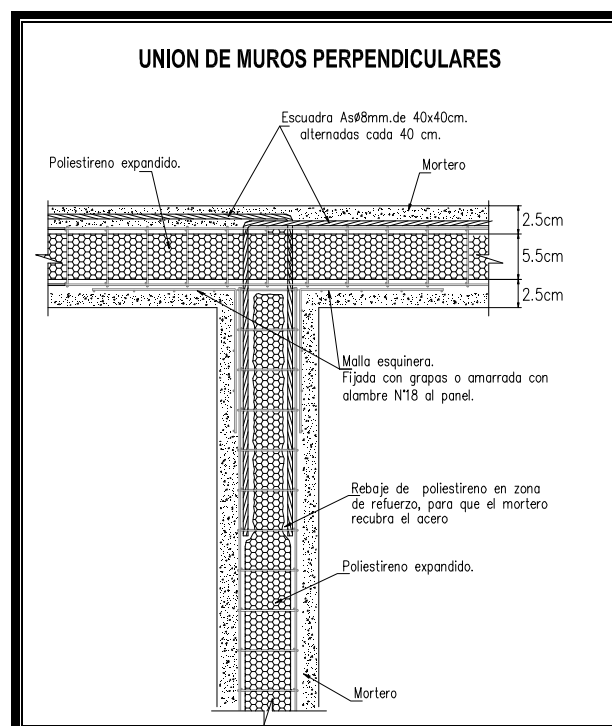


Figura 1.11 Detalle de armado de acero de refuerzo en muros perpendiculares

De igual manera cuando se tenga la necesidad de un cruce de muros en forma diagonal se deben colocar acero de refuerzo, mallas esquineras y mallas unión sujetadas con grapas, quemando el poliestireno que rodea al acero de refuerzo.

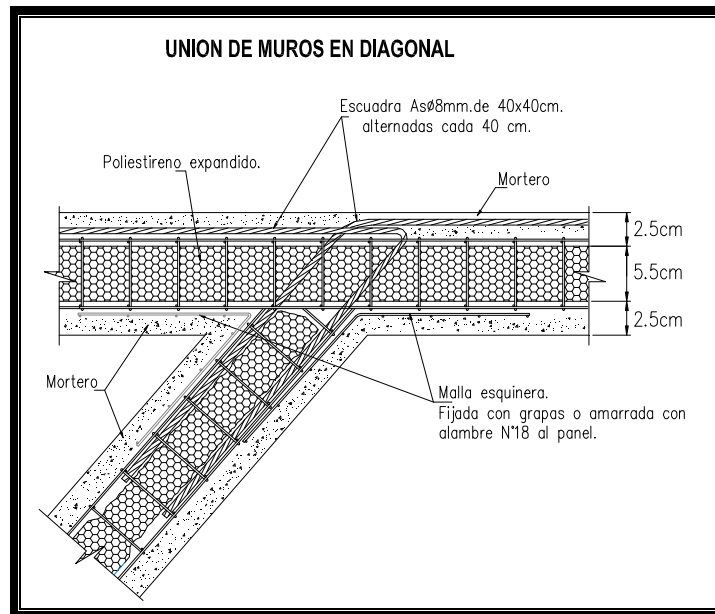


Figura 1.12 Detalle de armado de acero de refuerzo en muros diagonales

1.4.2 Método Manual

Es recomendable cortar previamente los paneles para poderlos colocar y transportar con mayor facilidad, en los lugares ya dispuestos según el proyecto que se va a realizar.



Figura 1.12 Fácil manejo y traslado

Se amarran con alambre recocido con paneles de muros, con rendimientos aceptables hasta de 40m² por jornada

1.4.3 Método Automático

Empleando engrapadoras neumáticas, duplicamos el rendimiento y reducimos el tiempo de ejecución, muy útil para conjuntos habitacionales. Es posible detallar y modular los muros de un proyecto, para que en conjuntos habitacionales masivos el preensamblado sea una opción que agilice ampliamente la colocación de muros con los consecuentes ahorros de ejecución de la obra.



Figura 1.13 Fácil colocación y ensamblado del panel.

1.4.4 Anclaje

El anclaje a la cimentación se logra introduciendo las varillas ahogadas en la cimentación previamente, entre el poliestireno y la retícula de alambre del panel, para después realizar un plomeo y alineación de los paneles conforme a los ejes del proyecto. Para facilitar el alineamiento en muros con gran longitud, deben dejarse 2 varillas verticales de 8mm (5/16)" de diámetro para anclar sobre el piso o firme el panel estructural, esta varillas deben dejarse con una separación máxima de 60 cm. y con una altura mínima de 40 cm. por encima del firme, estas deben tener además una separación de 6 cm. para colocar en medio de estas el panel, se debe quemar el poliestireno del panel unos 5 cm. alrededor de las varillas.

Una vez que lo anterior esta hecho, se amarran los paneles a las anclas con alambre recocido o grapas y se coloca un apuntalamiento si la altura del muro

o su longitud así lo requieren. La colocación correcta del panel en muros es ubicando el zigzag del panel perpendicularmente al plano del piso, de modo que las hojas del panel se ubicarán con el lado de 1.22m apoyando en la cimentación.



Figura 1.14 Anclaje del panel estructural a cimentación

1.5 PUERTAS Y VENTANAS

Los vanos de las ventanas se obtienen trazando con un marcado el hueco y recortando el panel con unas pinzas alicatas o pinzas cortapernos, los sobrantes pueden ser utilizados en los cerramientos de las puertas. Para reforzar el marco de ventanas y puertas, pudiendo así recibir la herrería, se retiran 5cm de poliestireno del panel, que después se rellenará con mortero cemento-arena, en la etapa de aplicación del mortero a los muros. Es igualmente necesario colocar tiras de mallas de 2 cuadros, con una longitud de 60cm en un ángulo de 45° en las cuatro esquinas de los vanos de las ventanas para reforzar el marco. Procedimiento que se repetirá de igual forma en los vanos de las puertas (esquinas superiores).

Se deben reforzar las ventanas, las puertas con escalerillas y con acero de refuerzo de 8mm (5/16)", ya que es en estas zonas donde se tienen considerables concentraciones de esfuerzos, el acero de refuerzo debe tener un ángulo de 45° y se debe colocar tanto en el interior como en el exterior del muro, para que este pueda tomar las posibles grietas que se producen en estas zonas.

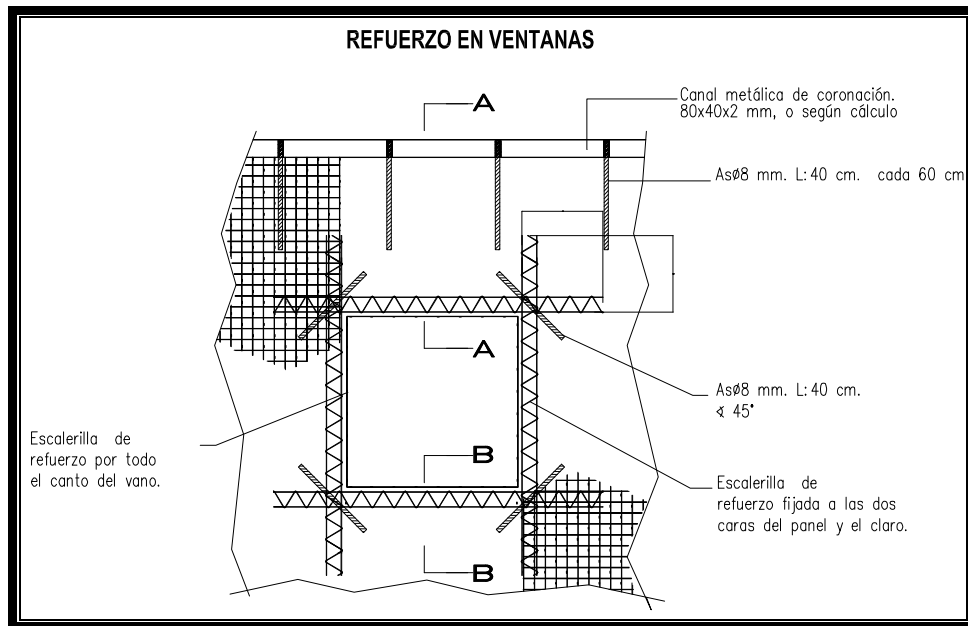


Figura 1.15 Refuerzo en marcos de puertas y ventanas

Se debe quemar aproximadamente 5 cm. del poliestireno alrededor del hueco de las puertas y ventanas, para que se coloquen los taquetes y las pijas que deben sostener a puertas y ventanas posteriormente, también se deben reforzar los claros de puertas y ventanas mayores a 1.2 m. con acero de refuerzo de 8mm (5/16)".



Figura 1.16 Detalle de armado con acero de refuerzo en marco de ventana



Figura 1.17 Facilidad de corte y ensamble del panel

1.6 LOSAS

1.6.1 Prensamblado de Losa

La ligereza del panel permite que las losas puedan armarse en el piso, y posteriormente se eleven y coloquen sobre los muros. Para lo cual se utilizan las mallas unión en la misma forma que en los muros. Es importante colocar los paneles en forma "cuatrapeada" con el fin de asegurar en lo posible la continuidad en las juntas del panel y evitar la aparición de fisuras o grietas. La colocación correcta del panel será con el zigzag del panel en dirección del claro corto de la losa.



Figura 1.18 Corte y preensamblado de panel para losa

1.6.2 Armado de Losa

El refuerzo de la losa se proporciona con varillas de 3/8" en la misma dirección del zigzag del panel, las cuales se ubicarán en la parte inferior de la losa, para tomar esfuerzos de tensión generados, sobre la retícula del panel. En los casos en los cuales la losa se apoya en forma continua será indicado reforzar con varillas de 3/8" en la parte superior de la losa para tomar los momentos negativos en los apoyos intermedios. Cuando las condiciones estructurales del proyecto requieren de elementos adicionales de concreto, tales como trabes integradas o peraltadas, éstas se pueden forjar del mismo panel, removiendo el poliestireno y colocando acero de refuerzo (varillas de 3/8") dentro de la estructura del panel.

Se debe colocar acero en forma de ele a ambos lados del muro, para que este se coloque en la parte superior de la losa y de esta manera se tome el momento negativo de la losa con este refuerzo.

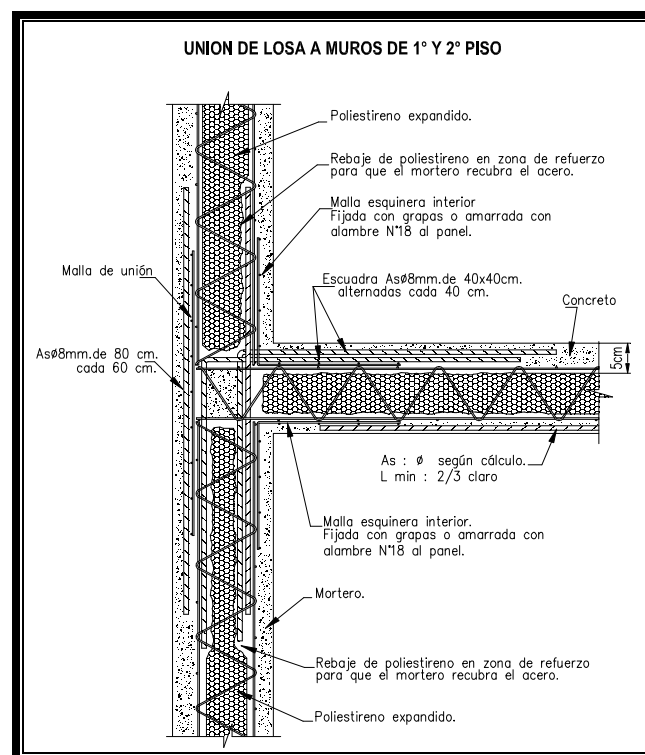


Figura 1.19 Detalle de armado acero de refuerzo en la unión de muros con losa de entrepiso



Figura 1.20 Colocación de acero en losa de entrepiso



Figura 1.21 Cimbra para soporte de losa de entrepiso

Cuando no se va a colar losa hecha con el mismo panel se tiene que colocar una canal metálica, la que tiene como finalidad recibir a la techumbre que puede ser fabricada de madera y lámina metálica, se deben soldar a la canal varillas de 8 mm. (5/16)" con una longitud de 40 cm. las que deben quedar dentro del panel, debiendo rebajar el poliestireno del panel 5 cm. y fijando con grapas dichas varillas.

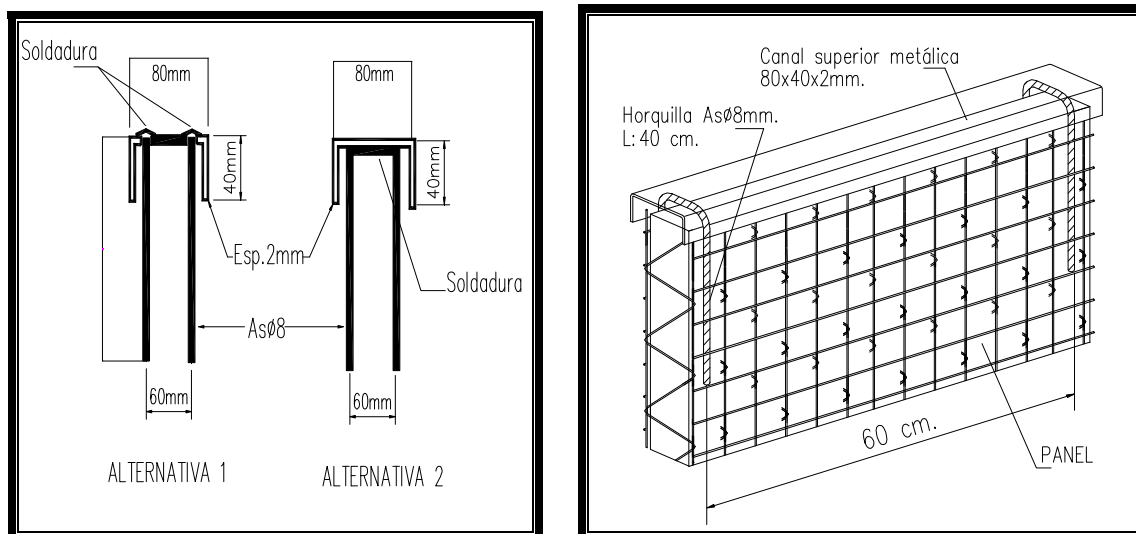


Figura 1.22 Accesorio para soporte de techumbre a base de armaduras de madera

A la canal se deben soldar ángulos con perforaciones, para que con estos dispositivos se pueda sujetar la techumbre con tornillos y de esta manera evitar que el viento la pueda levantar.

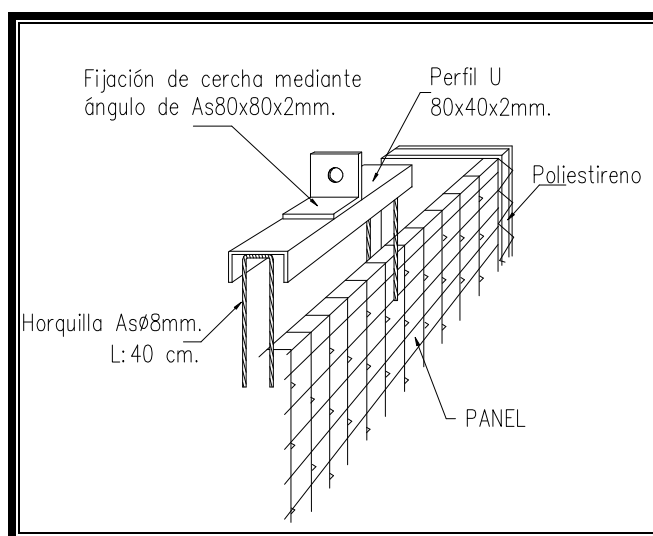


Figura 1.23 Detalle de fijación de accesorio para unir la techumbre

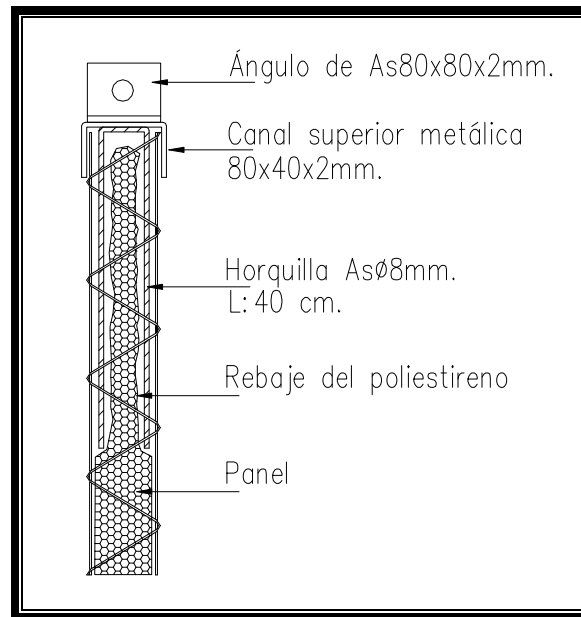


Figura 1.24 Detalle de fijación de accesorio para unir la techumbre (vista lateral)

La techumbre se puede realizar mediante vigas y largueros de madera a dos aguas, uniendo con tornillos dichas vigas a los ángulos soldados a la canal metálica dejada previamente, la cubierta puede ser de lámina de metal o de teja de barro cocido y se puede colocar incluso antes de colocar el mortero en los paneles.



Figura 1.25 Ensamble de vigas y largueros sobre muros de panel estructural

1.6.3 Cimbrado

La losa prearmada es elevada y colocada sobre los muros, para continuar con la puesta de la cimbra temporal que soporte el vaciado superior del concreto en la losa.

Ésta cimbra se compone de madrinas de madera (polín de 4x4") a cada metro en dirección perpendicular al zigzag del panel, a su vez apoyadas en puntales o pies derechos, que son repartidos en distancias de 2.4m, formando así el sistema de apuntalamiento que soportará la losa durante el tiempo de fraguado del concreto, normalmente 10 días, antes de poder retirar el apuntalamiento; con los puntales se da la contraflecha necesaria para que al descimbrar la losa tome la horizontal requerida.

1.7 INSTALACIONES

Para la colocación de los ductos para las instalaciones, ya sean eléctricas, telefónicas, sanitarias o cualquier otra, se retira el poliestireno por donde éstas pasarán, con una navaja o quemando el poliestireno con un mechero o soplete del tipo utilizado por fontaneros, cuidando que solo se queme lo necesario para poder introducir el ducto.

Para la instalación eléctrica se debe quemar el poliestireno del panel con un soplete, haciendo pasar las mangueras por los huecos realizados, se amarra la manguera a la malla y se colocan los accesorios (cajas y chالupas) necesarios para realizar la instalación eléctrica posteriormente.



Figura 1.26 Detalle de colocación de instalación eléctrica

Para la instalación de agua potable, sanitaria o gas. Se debe cortar la malla del panel, debido a que este tipo de instalaciones son más rígidas y es prácticamente imposible tratar de hacerlas pasar por los huecos de la malla; todas estas instalaciones deben ser aisladas con papel fieltro u otro tipo de material aislante para evitar que el calor de algunas de ellas dañe el poliestireno del panel, a demás debe reestablecerse la continuidad de la malla del panel mediante la colocación de un tramo de malla unión, la cual debe sujetarse con grapas a cada 30 cm. de separación entre ellas.

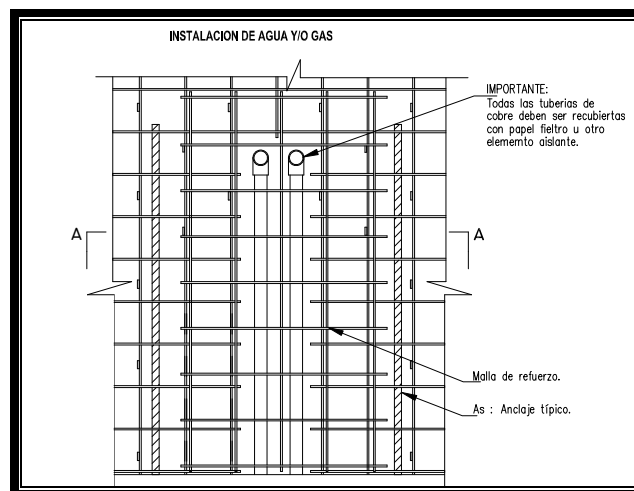


Figura 1.27 Detalle de Instalación hidráulica sobre muro estructural (Elevación)

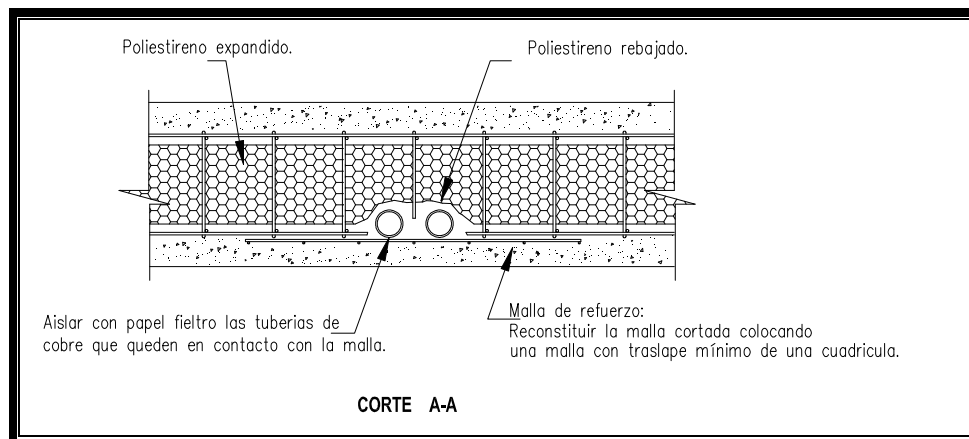


Figura 1.28 Detalle de Instalación hidráulica sobre muro estructural (Planta)

Si fuera necesario cortar la retícula del panel, se reforzará el área afectada con mallas unión.

Cuando se trate de tubería de cobre es necesaria aislarla del contacto con el acero de refuerzo para evitar la corrosión. Para tubería de un diámetro mayor al espesor del panel, se considerará en el proyecto arquitectónico el que éstas se coloquen por el exterior del panel.



Figura 1.29 Instalación eléctrica sobre muro estructural

1.7.1 Cajas, registros y centros de carga

Se recorta el área necesaria para el empotramiento del accesorio y elimina el poliestireno, amarrando la pieza al panel con alambre recocido, tomando en cuenta la aplicación del mortero y los acabados finales.

Donde se requiera una especial resistencia en el empotramiento debe recortarse el panel y el poliestireno de tal manera que se tenga un colado de concreto que envuelva a la caja.



Figura 1.30 Detalle de instalación hidráulica sobre muros

1.8 MUEBLES Y ACCESORIOS

Las áreas donde vayan a ser empotrados los muebles y accesorios que así requieran, se cubrirán con cartón, para posteriormente una vez aplicado al mortero a los muros se coloque el mueble o accesorio y se reciba con mortero cemento-arena. Si el mueble por su peso necesita acero de refuerzo, éste se anclará al panel para dar el empotramiento requerido.

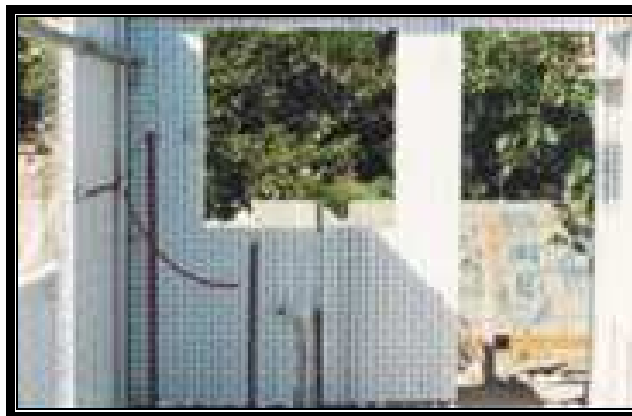


Figura 1.31 Empotre de accesorios en el panel

1.8.1 Fijación de muebles y accesorios

Para este caso entenderemos como mueble fijado el que se soporte a través de pijas o taquetes sobre el muro. El muro de Panel es casi un muro de concreto y se deben usar taquetes y clavos para concreto. En el caso de cuadros y otros objetos se tiene experiencia de un buen comportamiento del recubrimiento del panel.

1.9 MORTEROS Y CONCRETOS

Primera capa de mortero en muros:

Con las instalaciones ya listas, se aplica una primera capa de mortero cemento-arena proporción 1:4, con un espesor de 1cm, quedando a nivel de la retícula del panel.

Esta primera capa rigidizará los muros para poder soportar el colado de la capa de compresión de la losa. Cuidando el "curado" del mortero como cualquier aplicación que lleve cemento.



Figura 1.32 Elementos estructurales para el soporte de losa

1.9.1 Concreto en losas

Las losas del panel nos sirven como "cimbra muerta", pues colamos directamente sobre ella la capa de compresión de por lo menos 5cm ($f'c = 200\text{Kg/cm}^2$) que proporcionará la capacidad de la misma como elemento estructural horizontal, se utiliza grava de 1/2" para garantizar que esta penetre entre la malla de alambre y el poliestireno.

No se deberá quitar la cimbra durante los siguientes 10 días (tiempo en el que el concreto adquiera capacidad para resistir su propio peso).



Figura 1.33 Colocación de ductos para instalación eléctrica en losa

1.9.2 Mortero en lecho inferior de la losa

Una vez que el concreto ha fraguado, en la parte inferior de la losa, se aplica mortero cemento-arena proporción 1:4, en dos capas, la primera de 1cm, y la segunda de 1.5cm para hacer un total de 2.5cm que junto a los 5cm de la capa de compresión formarán el sistema de la losa. Una vez completada esta etapa se finalizará con la segunda aplicación de mortero en los muros, que igualmente sumará un total de 2.5cm de mortero cemento-arena, para ambas caras del panel.



Figura 1.34 Aplicación de mortero en muro estructural

1.9.3 Acabados

El Sistema nos permite utilizar diferentes acabados (texturizados comerciales), ya sea en interiores o exteriores, o utilizar el mortero cemento-arena como acabado, por lo cual se prevé una textura al momento de aplicarlo, agregando finalmente la pintura como terminado final de los muros y losas.



Figura 1.35 Detalle de colocación de acero de refuerzo en escaleras

1.10 EDIFICIOS

1.10.1 Anclaje de muros

El empleo del Sistema en edificios sigue básicamente el mismo procedimiento que en las viviendas, solo que en la gran variedad de condiciones implica soluciones específicas para la fijación del panel a la estructura existente. Por lo general el factor de mayor consideración es la carga por viento, por lo que la separación de los puntos de fijación o colocación de acero adicional como refuerzo, dependerá de esta.

1.10.2 Anclaje con recibidor de cortante

Para este procedimiento se utiliza un recibidor que tomará los esfuerzos de cortante, el cual consiste en una pieza en forma de "U", de lámina galvanizada, calibre 16, la cual se fija al piso, losa de cimentación o cualquier elemento estructural de concreto, con taquetes o con clavos de percusión tipo "Hylti" de tal manera que podemos en consecuencia ubicar el panel dentro del recibidor, con lo cual los esfuerzos horizontales que reciba el muro son tomados por los recibidores de cortante.

Su distribución típica será @ 60cm, pero podrá ser menos si la evaluación del cálculo así lo requiere. Para la parte superior del muro, se usará un recibidor de cortante en forma de "L", es decirse se elimina uno de sus lados, para poder "recargar" el muro.

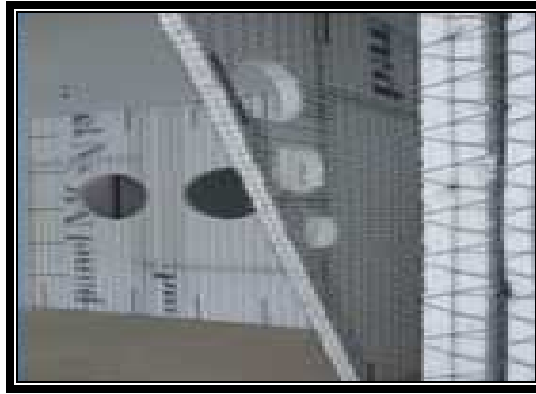


Figura 1.36 Huecos en muros de panel

1.10.3 Anclaje con varillas

En este caso varillas de 3/8" son colocadas en los elementos estructurales, ya sea junto con el armado del concreto o soldadas posteriormente a la estructura de acero, tendrán una longitud libre de 40cm y repartidas @60 m, para amarrar a ellas el panel del muro, con alambre recocido o grapas de pistola neumática.

Particularmente es importante considerar la ubicación de las varillas que permita realizar los amarres (acceso desde el interior del local).

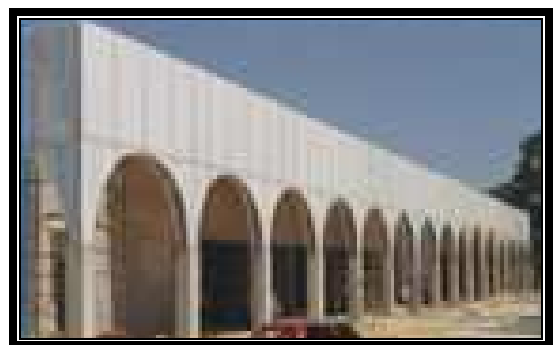


Figura 1.37 Fachadas arquitectónicas hechas con panel

1.10.4 Uniones de paneles

Las uniones entre paneles seguirán los mismos criterios constructivos que los usados para muros de viviendas.

1.11 FALDONES Y PRETILES

Faldones y pretils son elementos arquitectónicos que pueden construirse, y que por ser de múltiples posibilidades, se puede comentar que generalmente una estructura ligera de perfiles tubulares o estructural de ángulos, cuadrados o PTRs, darán el soporte y la conexión del panel con la estructura del edificio.

El amarre del panel y el armazón se establecerá a través de varillas de 3/8" soldadas a dicho armazón, con lo que garantiza el esfuerzo conjunto.



Figura 1.38 Aplicación del panel en pretils y fachadas principales

1.12 VOLÚMENES ARQUITECTÓNICOS

En la arquitectura es frecuente la generación de elementos con fines estéticos o visuales, como columnas aparentes, pórticos de ingreso, arcadas de portales, muros aparentes, etc. Para todos estos elementos, dadas sus específicas condiciones y diseños, es recomendable la asesoría técnica del distribuidor o con el fabricante.



Figura 1.39 Volúmenes arquitectónicos

1.13 OTROS

La versatilidad de uso del panel, permite que se aplique para elementos como, Closet, Barras desayunadoras, Jardineras, Cúpulas, Pórticos de ingreso, Losas para lavabos, Bases para tinaco, Cubiertas para terrazas, Bancas para exteriores, etc. es decir un sinfín de aplicaciones que pueden ser realizadas fácilmente con el panel estructural. Respecto a su elaboración se seguirán los criterios generales constructivos del panel, solicitando asesoría técnica al fabricante para los casos especiales por su diseño o dimensiones.



Figura 1.39 Diversidad en el uso de paneles

En plantas de tratamiento de agua. Las pantallas consisten en muros intercalados, por donde el agua transita de un extremo a otro mezclándose con los químicos para su tratamiento. Para lo cual se necesita de un material cuyas características y proceso constructivo otorguen: rapidez de ejecución, confiabilidad estructural e impermeabilidad, dado las solicitaciones y uso requerido.



Figura 1.39 Utilización en plantas de tratamiento de agua

1.14. DOSIFICACIÓN DE MATERIAL LOSAS Y EN MUROS

MUROS

Mortero Cemento-Arena 1:4, $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$		
Dosificación = 1 saco cemento 50 kg + 8 Botes Arena		
PARA 1m² DE MURO (ambas caras)		
	Cemento	Arena Río
MORTERO (e = 2.5cm x 2caras)		
incluye 15% desperdicio	0.012 m ³	0.048 m ³
	12 Lt	48 Lt
	2/3 Bote	2-1/2 Botes
PARA 1 HOJA DE PANEL(1.22m x 2.44m = 2.97m² DE MURO, ambas caras)		
	Cemento	Arena Río
MORTERO (e = 2.5cm x 2caras)		
incluye 15% desperdicio	0.036 m ³	0.144 m ³
	36 Lt	144 Lt
	2 Botes (1 SACO)	8 Botes

Figura 1.41 Tabla de dosificación de morteros para muros fabricadas con panel

LOSAS

Concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$			
Dosificación = 1 saco cemento 50 kg + 9 Botes Arena + 10 Botes Grava + 3 Botes Agua			
Mortero Cemento-Arena 1:4, $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$			
Dosificación = 1 saco cemento 50 kg + 8 Botes Arena			
PARA 1m² DE LOSA			
	Cemento	Arena Río	Grava
CONCRETO (e = 5 cm)			
	(Incluye 5% Desp.)	(Incluye 10% Desp.)	(Incluye 10% Desp.)
	0.050 m ³	0.235 m ³	0.262 m ³
	50 Lt	235 Lt	262 Lt
	2-2/3 Botes	12-1/3 Botes	13-3/4 Botes
MORTERO (e = 3 cm)			
	0.007 m ³	0.028 m ³	
	7 Lt	28 Lt	
	1/3 Bote	1-1/2 Botes	
TOTAL	0.057 m³	0.263 m³	0.262 m³
	57 Lt	263 Lt	262 Lt
	3 Botes (1-1/2 SACOS)	13-3/4 Botes	13-3/4 Botes
PARA 1 PANEL DE LOSA (1.22m x 2.44m = 2.97 m²)			
	Cemento	Arena Río	Grava
CONCRETO (e = 5 cm)			
	(Incluye 5% Desp.)	(Incluye 10% Desp.)	(Incluye 10% Desp.)
	0.150 m ³	0.705 m ³	0.786 m ³
	150 Lt	705 Lt	786 Lt
	7-3/4 Botes (2 SACOS)	37-1/3 Botes	41-1/3 Botes
MORTERO (e = 3 cm)			
	0.021 m ³	0.084 m ³	
	21 Lt	84 Lt	
	1-1/3 Bote	4-1/2 Botes	
TOTAL	0.171 m³	0.789 m³	0.786 m³
	171 Lt	789 Lt	786 Lt
	9 Botes (4-1/2 SACOS)	41-1/2 Botes	41-1/3 Botes

Figura 1.40 Tabla de dosificación para losas fabricadas con panel

CAPITULO 2

COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS ESTRUCTURALES Y CONSTRUCTIVOS

2. PANEL ESTRUCTURAL, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

2.1.1 Ventajas.

Los paneles son estructuras tridimensionales de alambre de acero de alta resistencia y núcleo de espuma rígida con características de impermeabilidad y aislamiento termo acústico, y según los fabricantes tienen:

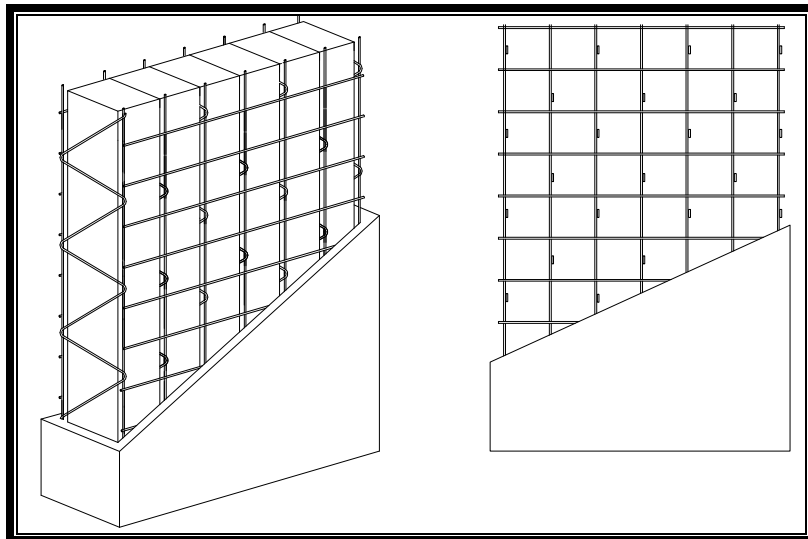


Fig. 2.1 Composición interna del panel estructural

- *Calidad:* Las estructuras construidas con el sistema pueden incorporar las últimas tecnologías y la experiencia de diseños innovadores y construcciones nuevas.



Fig. 2.2 Acabados finales de fachadas en edificación

- *Resistentes*, ya que los muros y las losas son de concreto reforzado, lo que les proporciona resistencia estructural, todos los muros son de carga, sin necesidad de castillos o cadenas de refuerzo, por lo que se pueden edificar hasta dos niveles (según el fabricante).



Fig. 2.3 Vivienda de dos niveles

- *Durables*, la vida de las viviendas edificadas con paneles estructurales es muy similar a las del concreto sólido, los muros y las losas son resistentes al fuego y a los fenómenos naturales en condiciones extremas como los huracanes, las inundaciones y los sismos.



Fig. 2.4 Anclaje de muros y soportaría de la losa

- Gracias a su *ligereza* y tamaño se construye con mucha rapidez y simplicidad, no se requiere de mano de obra especializada, un pie de casa de 32 metros cuadrados solo requiere de entre 32 y 38 paneles para su edificación. Los paneles presentan una notable facilidad de desplazamiento, transporte e instalación, gracias a su reducido peso, permite su empleo en cualquier situación. La ligereza de los paneles está de todos modos asociada a una rigidez tras ser aplicado el mortero estructural. Éste garantizará la integridad y la respuesta al uso para el cual han sido destinados. En la construcción, por la reducción de cargas muertas (30% como losa y 50% como muro) con respecto a los sistemas tradicionales.
- En el *transporte* y elevaciones, 11Kg por hoja de panel.
- El peso por metro cuadrado de los paneles antes de la aplicación del mortero, es variable según su tipología, desde 3,5 Kg/m² hasta 5 Kg/m². Tal ligereza permite que un solo operario pueda mover con total facilidad más de 3 m² de panel sin ninguna clase de problema.

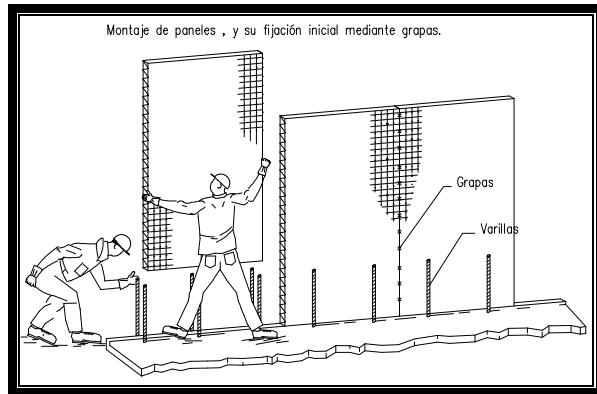


Fig. 2.5 Montaje de muros a la cimentación

- Las viviendas hechas con paneles estructurales cuestan menos que las tradicionales, ya que su edificación es más simple, desde su cimentación, levantamiento de muros y colado de las losas, hasta sus instalaciones y acabados, ya que no requiere de castillos, dalas o refuerzos adicionales, emplea un mínimo de accesorios de instalación, además permite la autoconstrucción, siendo un 20% mas económico que la mampostería confinada y reduciendo el tiempo hasta un 50% en comparación con los métodos tradicionales. Ofrece un excelente producto en términos de construcción, operación e inversión.

Comparativa entre un muro hecho con mampostería confinada y uno hecho con panel.

MURO DE MAMPOSTERÍA DE
3X2,7m

MURO DE MAMPOSTERÍA

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
TABIQUE ROJO RECOCIDO	MIL	1489,2	0,064	95,31
CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	768,87	8	96,11
HERRAMIENTA MENOR	%	96,11	0,03	2,88
ANDAMIOS	%	96,11	0,05	4,81
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	M3	827,01	0,036	29,77

CASTILLOS 228,88

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	10	2,6	26
ALAMBRO	KG	10,61	0,8	8,49

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES DE POLIESTIRENO UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

CONCRETO DE F'c=200 KG/CM2	M3	1627,71	0,024	39,07
HERRAMIENTA MENOR	%	69,9	0,03	2,1
CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	768,87	11	69,9
DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	20,4	0,5	10,2
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	21,09	0,1	2,11
ALAMBRE RECOCIDO	KG	11,83	0,1	1,18
DALAS				159,05

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	20,4	0,5	10,2
POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3."x8.25"	PZA	76,5	0,1	7,65
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	21,09	0,1	2,11
ALAMBRE RECOCIDO	KG	11,83	0,1	1,18
DIESEL	LTO	7,17	0,1	0,72
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	10	2,6	26
ALAMBRON	KG	10,61	0,75	7,96
DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	20,4	0,5	10,2
CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	768,87	10,5	73,23
HERRAMIENTA MENOR	%	73,23	0,03	2,2
CONCRETO DE F'c=200 KG/CM2	M3	1627,71	0,023	37,44

APLANADO REPELLADO

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	768,87	11	69,9
HERRAMIENTA MENOR	%	69,9	0,03	2,1
ANDAMIOS	%	69,9	0,05	3,5
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	M3	827,01	0,03	24,81

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
MURO DE 14 cm. DEESPESOR, DE TABIQUE ROJO	M2	6,885	291,37	2006,08
CASTILLO DE 15x15 cm. DE CONCRETO HECHO EN OBRA	M	5,1	202,48	1032,65
CADENA DE 15x15 cm. DE CONCRETO HECHO EN OBRA	M	3	227,73	683,19
APLANADO ACABADO REPELLADO SOBRE MUROS.	M2	16,2	127,7	2068,74
				5790,66

MURO DE PANEL DE 3X2,7m

PANEL W

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
PANEL "W" PS DE 3" DE 1.22x2.44	PZA	475,01	0,35	166,25
ZIGZAG, L.V.	PZA	19,33	0,5	9,67
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	10	1	10
ALAMBRE RECOCIDO	KG	11,83	0,067	0,79
CUADRILLA No 12 (1 COLOCADOR + AY.)	JOR	860,71	14	61,48
HERRAMIENTA MENOR	%	61,48	0,03	1,84

APLANADO REPELLADO

DESCRIPCIÓN	Unidad	Costo M.N.	Cantidad	Importe M.N.
CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	768,87	11	69,9
HERRAMIENTA MENOR	%	69,9	0,03	2,1
ANDAMIOS	%	69,9	0,05	3,5
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	M3	827,01	0,03	24,81

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
MURO DE PANEL COVINTEC DE 3" DE ESPESOR	M2	8,1	318,3	2578,23
APLANADO ACABADO REPELLADO SOBRE MUROS.	M2	16,2	127,7	2068,74
				4646,97

- Las viviendas prefabricadas y armadas mediante paneles, se ensamblan con rapidez, facilidad y ligereza, sin costosos equipos y una vez recubiertos con concreto son ideales en zonas frías o calientes de alta y en donde se requiere de aislamiento, versatilidad, resistencia y durabilidad. Las propiedades térmicas del panel estructural y la ayuda de varios sistemas de aislamiento reducen al mínimo los costos de energía, son impermeables al aire, reduciendo las oscilaciones de calor y frío. Los sistemas de ingeniería y productividad en serie permiten ahorro en tiempo y mano de obra.
- El panel estructural es un material de construcción que combina la fortaleza del acero con la propiedad aislante del poliestireno en un sólo conveniente producto. El panel aislante resultante ofrece un sistema de construcción de poco peso y resistencia dando un excelente aislamiento termo acústico y una construcción rápida y económica ya que, aligera la

estructura, elimina el revestimiento interno reduce los costos de mano de obra, reduce los costos en calefacción y enfriamiento.



Fig. 2.6 Fabricación del panel estructural

- *Versatilidad.* Los paneles son fáciles de modificar para acomodar nuevas aberturas o ampliaciones del proyecto compatibilidad y adaptabilidad a materiales constructivos tradicionales se puede utilizar para muros, losa de entrepiso y azotea, o todo tipo de detalles volumétricos arquitectónicos, permite la autoconstrucción No se requiere de mano de obra ni herramienta especializada Flexibilidad en modulación y en posibilidades de prearmado.



Fig. 2.7 Facilidad del panel para adaptarse a superficies curvas

- *Rapidez.* Reduce el tiempo de ejecución hasta en un 50% con respecto al sistema tradicionales puede preensamblar en obra facilita la colocación de instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas. Numerosas experiencias efectuadas en las condiciones más dispares en diversos países del mundo y con muy distinto grado de capacitación de la Mano

de Obra, han demostrado una efectiva reducción de los tiempos de ejecución de obra, respecto a los correspondientes sistemas constructivos tradicionales.



Fig. 2.8 Rapidez para armar y colocar los muros de una vivienda

- *Aislamiento.* Reduce significativamente el paso de ruido, aísla del calor o el frío exteriores, forma una barrera contra la humedad.
- Es posible aplicar un revestimiento directamente sobre el mortero proyectado, o como alternativa se puede emplear pinturas tradicionales sobre la obra gris o sobre un revoque alisado.
- En definitiva es posible aplicar cualquier tipo de revestimiento o acabados sin ninguna limitación.



Fig. 2.9 Colocación del mortero en muros hechos con panel

- Nula o mínima utilización de castillos y cadenas, por la naturaleza monolítica de la construcción.
- Menos costo, menos tiempo y más facilidad son algunas de las ventajas que ofrece este sistema de construcción de paneles que en las últimas décadas se ha expandido en la mayor parte de Estados Unidos y en otras regiones del Mundo.

2.1.2 Desventajas.

- No se puede utilizar para construir más de dos niveles, ya que la resistencia con la que cuenta el panel no es suficiente (según los fabricantes).



Fig. 2.10 No es recomendable la utilización del panel para viviendas de más de dos niveles

- Debe tenerse cuidado en la elaboración del mortero ya que es este el que garantiza la resistencia de todo el sistema, porque cualquier variación en la cantidad de agua o de cemento repercuten directamente en la resistencia.



Fig. 2.11 La elaboración del mortero es fundamental en la resistencia del sistema

- Se debe tener cuidado a la hora de colar la cimentación y el firme ya que hay que dejar varillas ahogadas para anclar posteriormente los paneles, por lo cual es necesario tener una buena supervisión.

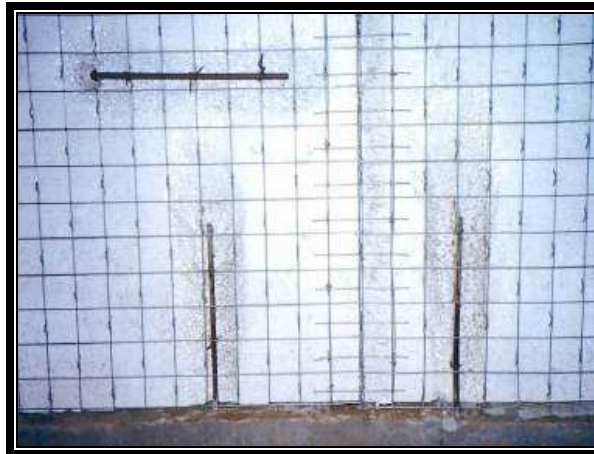


Fig. 2.12 Es de vital importancia dejar el acero de la cimentación para poder anclar el muro

- Cuando se requiere colocar dentro del muro hecho con panel algún tipo de instalación debe cortarse la malla lo cual rompe la continuidad del panel teniendo que colocar algún tipo de malla para tratar de reestablecer la continuidad.
- Se debe curar los elemento hechos con panel para que el mortero alcance se máxima resistencia.
- No se pueden hacer losas de grandes claros debido a que los paneles se tiene que unir, lo cual requiere de la colocación de acero de refuerzo en la zona donde se unen los paneles.
- Se debe tener cuidado a la hora de colocar acero de refuerzo en puertas, ventanas y todos los lugares donde se rompa la continuidad del panel, ya que de no ser así existe la posibilidad de que se formen zonas débiles y con esto se generen agrietamientos y fallas estructurales.

2.2 ESTRUCTURAS METÁLICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Bien es sabido, que la edificación residencial está dominada por el concreto armado mientras que el acero se utiliza cada vez más a menudo en edificios de uso público.

Las ventajas y desventajas de la utilización del acero pueden darnos alguna clave para explicar la adopción de soluciones diferentes.

2.2.1 Ventajas

- La alta resistencia del acero por unidad de peso lo que permite estructuras relativamente livianas y en consecuencia espacios más diáfanos, con menor número de apoyos. La alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.
- Dimensiones menores de los elementos estructurales.
- Homogeneidad: las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.
- Avisan con grandes deformaciones antes de producirse un fallo debido a que el material es dúctil.
- Elasticidad: el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.

- Ductilidad: el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- Fatiga: la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

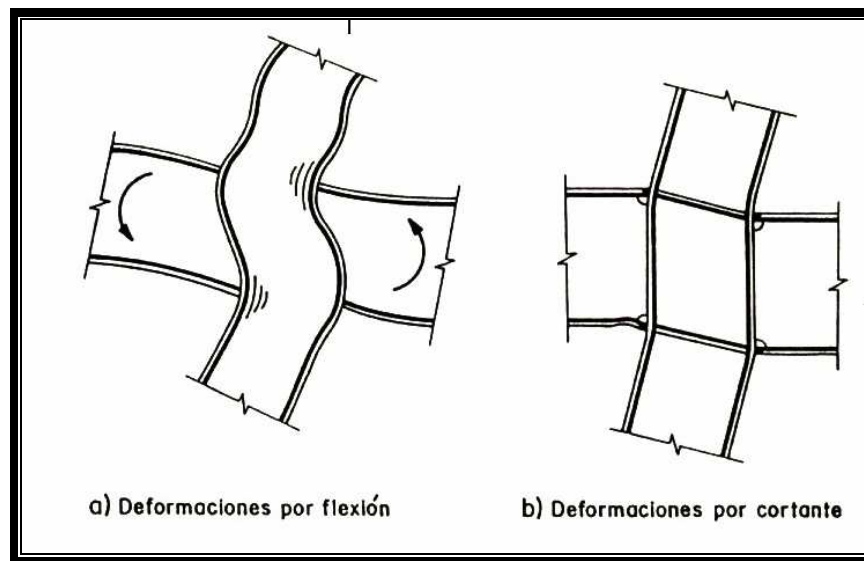


Fig. 2.15 Gran capacidad de deformación

- Tenacidad: el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).
- Facilidad de unión con otros miembros: el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

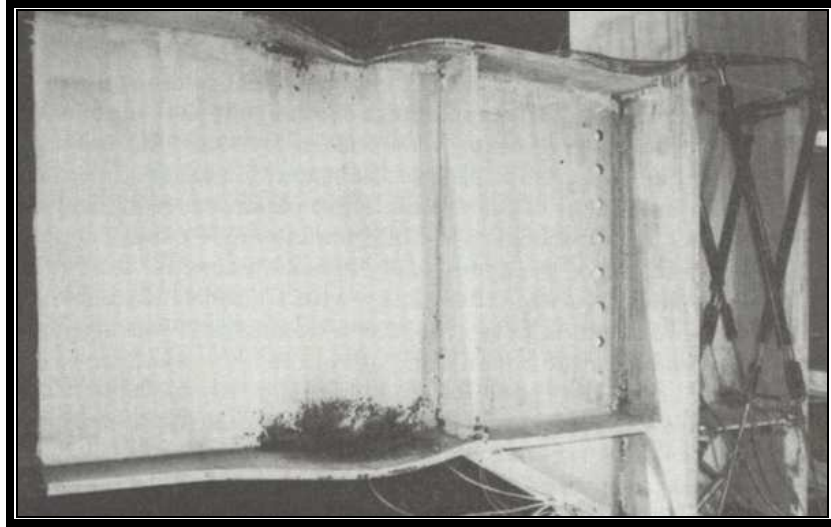


Fig. 2.16 Falla en viga

- Uniformidad ya que las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo.



Fig. 2.17 Uniformidad en las propiedades del acero

- Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.



Fig. 2.18 Se puede prefabricar una gran cantidad de piezas en el taller

- Posibilidad de reforma de manera más sencilla para adaptarse a nuevos usos del edificio lo cual es más habitual en el caso de equipamientos o edificios de oficinas, que en el caso de viviendas.
- Rapidez de montaje la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.



Fig. 2.19 Se pueden montar con gran rapidez los elementos estructurales

- Posibilidad de prefabricación en taller consiguiéndose mayor exactitud.

- Precisión dimensional: los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.



Fig. 2.20 Se pueden realizar con gran precisión las piezas en el taller

- Permite ampliaciones fácilmente: el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.
- Disponibilidad de secciones y tamaños: el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.



Fig. 2.21 Se cuenta con una gran variedad de secciones y perfiles

- Costo de recuperación: las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.
- Reciclable: el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

2.2.2 Desventajas

- Corrosión: el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.



Fig. 2.22 El oxido puede dañar de manera severa las estructuras metálicas

- Calor, fuego: en el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.
- Pandeo: ya que se utilizan elementos esbeltos sometidos a compresión (soportes metálicos). No obstante, las estructuras se calculan evitando estos fenómenos, debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero.

- Mayor costo de la estructura y su posterior mantenimiento: pinturas contra la corrosión, paneles de protección frente al fuego.
- En ocasiones en esta lista se incluye la necesidad de mano de obra especializada ya que las soldaduras y las uniones en general de elementos metálicos son puntos conflictivos de la estructura.

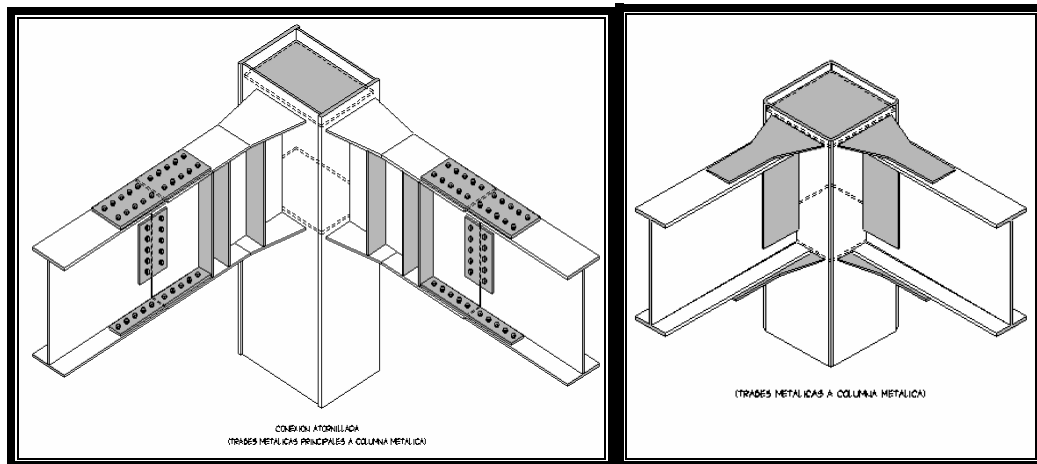


Fig. 2.24 Se debe contar con mano de obra especializada para fabricar las conexiones

2.3 ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

La Mampostería en síntesis es la Obra hecha con piedras sin labrar colocadas y ajustadas unas con otras sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.

Cuando se trata de alternativas de Mampostería confinada, los tres más populares son la piedra natural, el ladrillo y el block de cemento.

El ladrillo es considerado como uno de los mejores terminados, ya que ofrece muchas ventajas. Es muy agradable a la vista, durable, resistente al fuego y al paso del tiempo. Se puede encontrar casi en cualquier parte, existen muchas variedades para escoger y de costo accesible.



Fig. 2.25 Los acabados aparentes hechos con ladrillo son muy estéticos

La piedra es otra alternativa atractiva aunque costosa. Desafortunadamente en la piedra no existe la misma disponibilidad que en el ladrillo, ya que no todos los tipos de piedra son funcionales en un trabajo de albañilería. Algunas son muy suaves y otras son muy porosas, de cualquier manera hay otras alternativas que no son tan costosas.

El block de cemento es otra alternativa muy atractiva y económica. Muy resistente sobre todo a la intemperie, duradera, versátil por ser modular y permitir el paso de las instalaciones por el interior de los muros. Aunque de apariencia no tan agradable como el ladrillo se puede encontrar en diversos colores, texturas y terminados.



Fig. 2.26 El block de cemento es una buena alternativa

La Mampostería confinada está conformada por muros contruidos con ladrillos pegados con mortero confinados por sistemas de concreto reforzado tradicionales como columnas y trabes o castillos y dalas. Es un sistema sobre el cual existe amplia experiencia constructiva y cuenta con un buen soporte experimental y analítico. La mayor parte de las ventajas y desventajas relativas frente a sistemas constructivos diferentes, son compartidas con la mampostería estructural. Es apta para construcciones en altura hasta unos seis pisos.

Entre los dos sistemas de mampostería, reforzada y de muros confinados, diferentes características y apreciaciones de constructores y diseñadores han terminado favoreciendo la estructural sobre la de muros confinados.

2.3.1 Ventajas

- La mampostería estructural, es un sistema constructivo con amplia aplicación en todo el Mundo desde hace varias décadas; en nuestro medio es poco el conocimiento y aplicación que hemos hecho de éste útil proceso constructivo.
- La mampostería estructural implica el desarrollo de diseño que contemple la disposición y distribución tanto de los elementos de la mampostería, como de los refuerzos de acero que garantizan la estabilidad de la construcción.
- Por la forma como se van ensamblando las diferentes unidades ó bloques estructurales con la cimentación mediante la utilización del acero de refuerzo, el sistema requiere de personal previamente instruido y preparado en el levante de bloques estructurales.
- La rapidez de ejecución, la armonía del ensamble de los distintos elementos, la terminación de las superficies ó caras de las paredes, conlleva la eliminación del repello, esto hace de la mampostería estructural un sistema más rápido y económico.



Fig. 2.27 Mampostería libre de repello

- Por su consistencia y resistencia, los bloques de mampostería estructural tienen un menor desperdicio que cualquiera de los otros elementos utilizados, constituyendo otro de los factores económicos y ventajosos en los proyectos de construcción.
- La construcción con bloques presenta también ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Estas ventajas se originan en la rapidez, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo, y sobre todo por constituir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar todos los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza, y dichas cantidades se aproximan a los realmente utilizados en obra. Esto significa que es muy importante la programación y diagramación de todos los detalles, previamente a la iniciación de los trabajos. Estas cualidades pueden desarrollarse tanto en viviendas unifamiliares como en Edificio escolares, Edificios industriales, etc.



Fig. 2.28 El levantamiento de muros se hace de manera rápida y precisa

Por otra parte tenemos:

- Menores costos (se optimiza al utilizar los muros como portantes)
- Se elimina vigas y pilares (eventualmente, cimentación mas superficial)
- Bajos costos.
- Rápida ejecución; se evitan periodos de fraguado
- Mejor aislamiento térmico y acústico
- Terminación estéticamente agradable



Fig. 2.29 Facilidad de la mampostería en acabados arquitectónicos

- Durabilidad
- Mejor resistencia al fuego
- Fácil reparación y mantenimiento
- Fácil de combinar con otros materiales
- Disposición de blockes de diversas dimensiones

2.3.2 Desventajas

- La mampostería confinada es normalmente más barata, sin embargo el comportamiento no es muy eficiente ante cargas sísmicas, por efecto de la no heterogeneidad del material, y que no siempre funcionan las paredes como muros, sino como marcos independientes, al verse destruidos los diafragmas de ladrillos de barro.



Fig. 2.31 Baja resistencia ante fuerzas sísmicas

- Estos se diseñan como un sistema de resortes ante carga lateral, y más modernamente con elementos finitos.
- Los métodos más usados para reparar edificios de mampostería pueden resumirse en dos categorías:
- Método que consisten en añadir marcos estructurales ya sea de concreto reforzado o de acero a la estructura existente. Esta opción presenta desventajas tales como: considerable peso se añade a la estructura existente, implicando esto modificaciones en las propiedades sísmicas de edificio. Como consecuencia de exceso de peso, se requiere modificar la cimentación y por consiguiente, se incrementan los costos de reparación. Además de lo anterior, frecuentes interrupciones en las actividades inherentes al edificio ocurren durante el tiempo de reparación.
- La segunda alternativa consiste en hacer modificaciones a las superficies de las paredes mediante la colocación de placas de acero para incrementar la capacidad en flexión de éstas. O bien, parte de la superficie es removida y en su lugar se coloca una capa de concreto reforzado con malla electrosoldada de acero. No obstante que ambas alternativas de reparación son eficaces para satisfacer nuevas especificaciones sísmicas, los altos costos y nuevamente las interrupciones en las actividades obligan se hacen presentes.



Fig. 2.32 Refuerzo con malla electrosoldada

- El uso de este sistema requiere de una supervisión exhaustiva ya que es muy vulnerable a que se cometan graves errores, tanto a la hora de hacer los morteros, a la hora de colocar los distintos tipos de acero, y cuando se junta las piezas, ya que cualquiera de estos pasos es crucial y tiene una repercusión directa en la resistencia de todo el sistema.



Fig. 2.33 Se debe tener una buena supervisión para que no existan errores constructivos

Además tenemos:

- Arquitectura más restrictiva
- Necesidad de combinar con acero, de concreto armado losas, etc.
- Falta de conocimiento para su correcta utilización

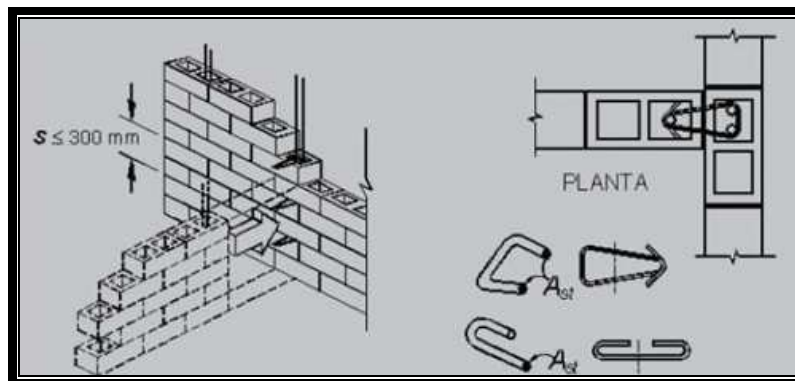


Fig. 2.34 Especificaciones para muros con refuerzo interior

- Los muros no permiten fácil modificación posterior de la arquitectura
- Demanda de conocimiento del tipo de block a utilizar (los fabricantes no brindan buena información)
- No es buena para uso en cimentaciones
- Perforaciones en caras laterales para el sistema eléctrico, hidráulico dañan de manera considerable la resistencia de la mampostería, esto se debe evitar a toda costa, lo cual no es fácil ya que se tendrían que dejar las instalaciones expuestas.



Fig. 2.35 Se deben evitar las perforaciones ya que reducen la resistencia de la mampostería

- Se debe evitar la formación de entrepisos blandos



Fig. 2.36 Falta de rigidez debido a entrepiso blando por la colocación de muros de mampostería en niveles superiores

- Se debe evitar la formación de columnas cortas, desligando los muros de mampostería de la estructura, cuando así lo convenga.



Fig. 2.37 Formación de columna corta por la colocación de un muro ligado a la columna

2.4 ESTRUCTURAS DE CONCRETO, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

La mayoría de los proyectos actuales de vivienda de "Interés Social" en México, se están realizando a base de concreto reforzado, pues tiene sus ventajas con respecto a los otros sistemas.

2.4.1 Ventajas cuando es utilizado para construir vivienda

- Se puede colar un bloque de casas por jornada, se manejan prototipos de 2 viviendas, de 4 y hasta de 6.
- Generalmente, se renta la cimbra o si se van a realizar muchas casas se compran, con lo cual tiene la posibilidad de colar un día, y al siguiente, mover el molde a otro bloque o "tren" de casas, que previamente ya tiene "armado" y "habilitado" el acero requerido (varillas y malla) e instalaciones.
- Al manejar grandes volúmenes de concreto, (así como otros materiales), se obtienen buenos precios, que se reflejan en el costo final del proyecto.
- En tanto, para el "consumidor final", las ventajas pueden ser:
- Tener una vivienda con calidad y resistencia.
- Se contará con las instalaciones y preparaciones necesarias para la vivienda.



Fig. 2.38 Las estructuras hechas de concreto son resistentes y durables

- Es un material aislante (promedio) del calor y el ruido.
- Además de estos podemos mencionar algunos otros aspectos muy importantes como lo son el que:
- Se tiene una mejoría del comportamiento bajo la carga de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite la utilización de materiales de alta resistencia.
- Elementos más eficientes y robustos, mayor resistencia.
- Mayor control de calidad en elementos prefabricados y pretensados (producción en serie). Siempre se tendrá un control de calidad mayor en una planta ya que se trabaja con más orden y los trabajadores están más controlados.
- Mayor rapidez en elementos prefabricados pretensados. El fabricar muchos elementos con las mismas dimensiones permite tener mayor rapidez.

2.4.2 Desventajas cuando es utilizado para construir vivienda

- No se podrá modificar el diseño original (a menos que se quiera tener una vivienda "parchada") de la estructura.
- Para colocar cuadros, repisas, etc. será difícil introducir clavos normales, así que se requieren clavos para concreto o tornillos "taqueteados". En el caso de un "tren de viviendas", se debe compartir un muro común con los vecinos, que en ocasiones suele resultar molesto.
- Los edificios no pueden resistir los efectos de la temperatura y la humedad porque el espesor de las paredes es reducido.

- Tiene poca resistencia a la tensión, aproximadamente la décima parte de su resistencia a la compresión. Aunque el acero se coloca de modo que absorba estos esfuerzos, la formación de grietas es inevitable.
- Requiere de un permanente control de calidad, pues esta se ve afectada por las operaciones de mezcla, colocación, curado, etc.
- Se requiere el uso de cimbras para moldear el concreto, lo cual involucra un costo extra en el proyecto.



Fig. 2.42 Es necesario el uso de cimbras para darle forma al concreto

- Es necesario curar (humedecerlo por varios días, o colocarle plásticos para que no pierda humedad) el concreto hasta que alcance la resistencia necesaria.



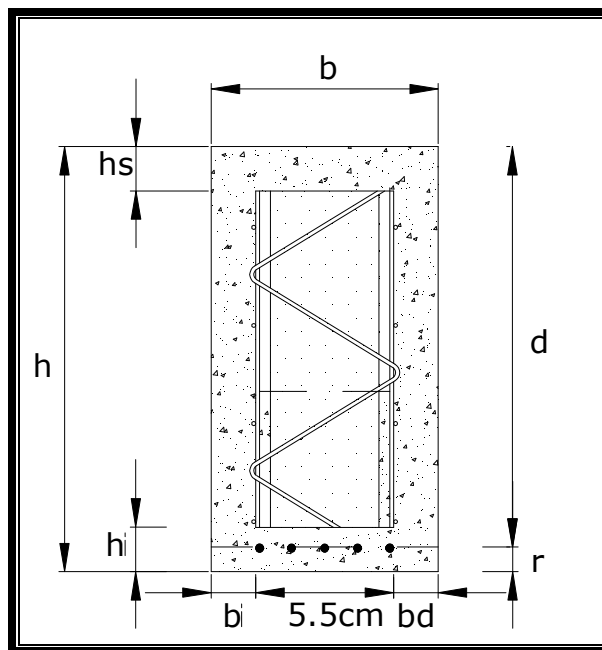
Fig. 2.43 Se debe curar siempre el concreto para que alcance su máxima resistencia

CAPITULO 3

PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS ANALÍTICAMENTE

3.1 PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS ANALÍTICAMENTE PARA VIGAS CONSTRUIDAS CON PANEL.

Geometría



Donde:

h = Altura total de la viga

h_s = Ancho del mortero superior

h_i = Ancho del mortero inferior

b_i = Ancho del mortero izquierdo

b_d = Ancho del mortero derecho

r = Recubrimiento del refuerzo por tensión

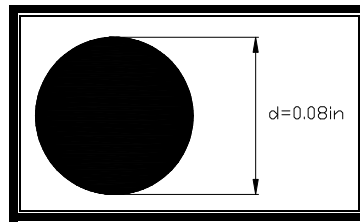
d = distancia desde el centro de gravedad del refuerzo por tensión hasta la fibra más comprimida

A demás debe cumplirse que:

$$b_i = b_d$$

$$b = b_i + 5.5 + b_d$$

Alambre:



$$d = 0.08'' = 2.54 \cdot 0.08 = 0.2032 \text{ cm.}$$

$$A := \pi \cdot r^2$$

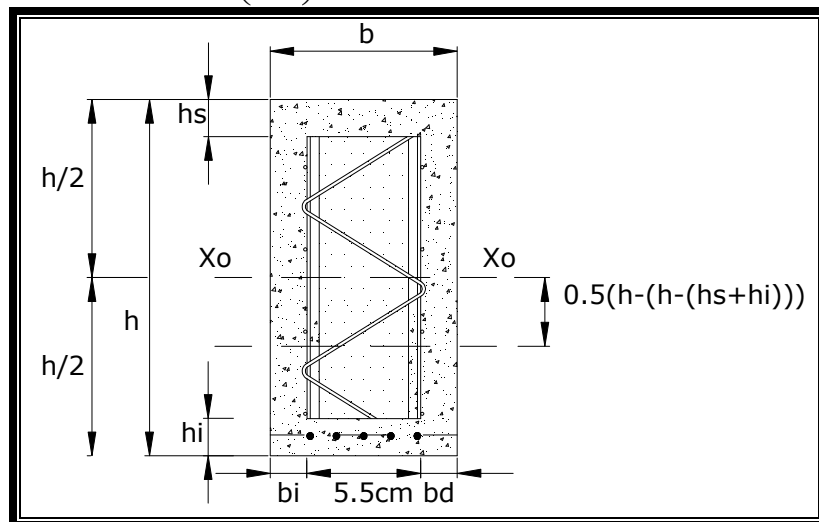
$$A = 0.03243 \text{ cm}^2$$

Propiedades:

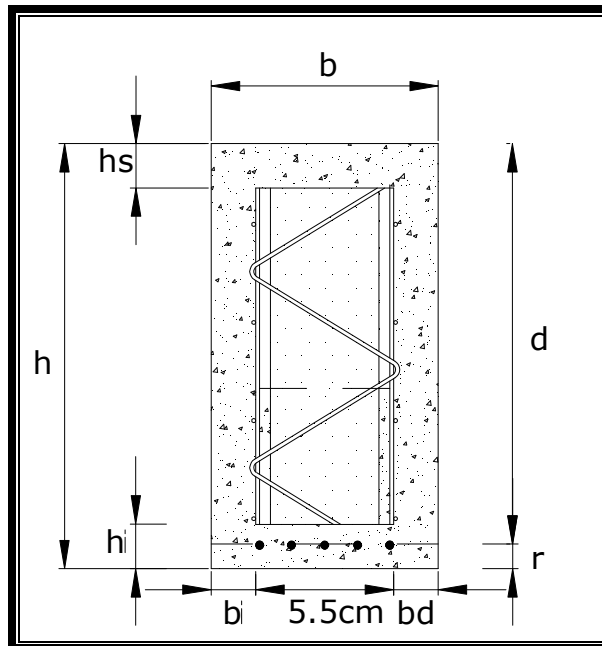
$$E_c := \gamma_c^{1.5} \cdot 4000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

γ_c = Peso volumétrico del mortero comprendido entre 1.5 y 2.5 $\left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}\right)$

E_c = módulo de elasticidad $\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$



3.1.1 Cortante en vigas:



a) Utilizando la memoria de cálculo del fabricante (Covintec)

Contribución del mortero:

$$V_c := 0.5 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \quad \text{donde: } d := h_s$$

$$V_c := 0.5 \cdot \sqrt{f_c} \cdot d \cdot h_s$$

b) Utilizando las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, para cortante tenemos (haciendo un a adaptación del mismo ya que no existe un apartado en el cual se cubra este tipo de estructuras).

El cortante resistente esta dado por:

$$V_R := V_{CR} + V_{SR}$$

La resistencia del concreto para tomar el cortante esta dada por:

$$\text{Si } P < 0.015$$

$$V_{CR} := FR \cdot b \cdot d \cdot (0.2 + 20 \cdot p) \cdot \sqrt{0.8 f'c}$$

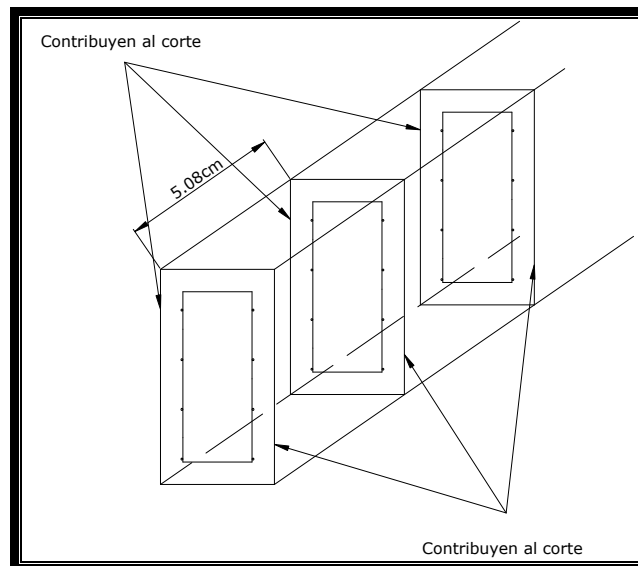
Si $p > 0.015$

$$V_{CR} := 0.5 \cdot FR \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{0.8 \cdot f'c}$$

La resistencia del acero de refuerzo para tomar el cortante esta dada por.

$$V_{SR} := \frac{FR \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

Contribución del acero (Malla lateral)



$$V_s := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

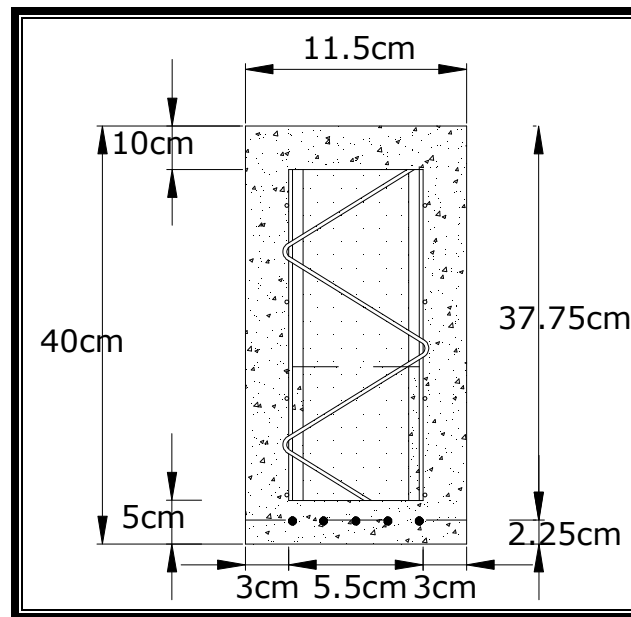
$$A_v = 2 \cdot A = 2 \cdot 0.03243$$

$$A_v = 0.06486 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$d = h - r$$

$$S = 5.08 \text{ (cm)}$$

Aplicación. Supongamos una viga con las siguientes características:



Datos:

$\phi := 0.85$ Reducción por corte

$b = 11.5$ (cm)

$h = 40$ (cm)

$d = 37.75$ (cm)

$r = 2.25$ (cm)

$h_s = 10$ (cm)

$h_i = 5$ (cm)

$b_i = b_d = 3$ (cm)

$S = 5.08$ (cm)

$f'_c = 70 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$ y $f_y = 4000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$

a) Utilizando la memoria de cálculo del fabricante.

Contribución del mortero:

$$V_c := 0.5 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot h_s$$

$$V_c := 0.5 \cdot \sqrt{70} \cdot 11.5 \cdot 10$$

$$V_c := 481 \text{ (kg)}$$

Contribución de la malla lateral:

$$V_s := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$V_s := \frac{0.06486 \cdot 4000 \cdot 37.75}{5.08}$$

$$V_s := 1928 \text{ (kg)}$$

$$V_n := V_c + V_s$$

$$V_n := 481 + 1928$$

$$V_n := 2409 \text{ (kg)}$$

$$V_e := \phi \cdot V_n$$

$$V_e := 0.85 \cdot 2409$$

$$V_e := 2048 \text{ (kg)}$$

b) Utilizando las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

$$V_R := V_{CR} + V_{SR}$$

$$\text{Si } P < 0.015$$

$$V_{CR} := FR \cdot b \cdot d \cdot (0.2 + 20 \cdot p) \cdot \sqrt{0.8 f'_c}$$

$$\text{Si } P > 0.015$$

$$V_{CR} := 0.5 \cdot FR \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{0.8 \cdot f'_c}$$

$$V_{SR} := \frac{FR \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

Suponiendo que la viga tiene en la parte de tensión 2# 3 (3/8")

$$p := \frac{A_s}{A_c}$$

$$A_c = 11.5 \cdot (10+5) + 25 \cdot 3 \cdot 2$$

$$A_c = 322.5 \text{ cm}^2$$

$$p := \frac{2 \cdot 0.71}{322.5}$$

$$p := 0.0044 \quad \text{Por lo tanto } p \text{ menor que } 0.015 \text{ y utilizamos:}$$

$$V_{CR} := FR \cdot b \cdot d \cdot (0.2 + 20 \cdot p) \cdot \sqrt{0.8 \cdot f'_c}$$

$$V_{CR} := 0.8 \cdot 11.5 \cdot 37.75 \cdot (0.2 + 20 \cdot 0.0044) \cdot \sqrt{0.8 \cdot 70}$$

$$V_{CR} := 748.5 \text{ (kg)}$$

$$V_{SR} := \frac{0.8 \cdot 2 \cdot 0.03243 \cdot 4000 \cdot 37.75}{5.08}$$

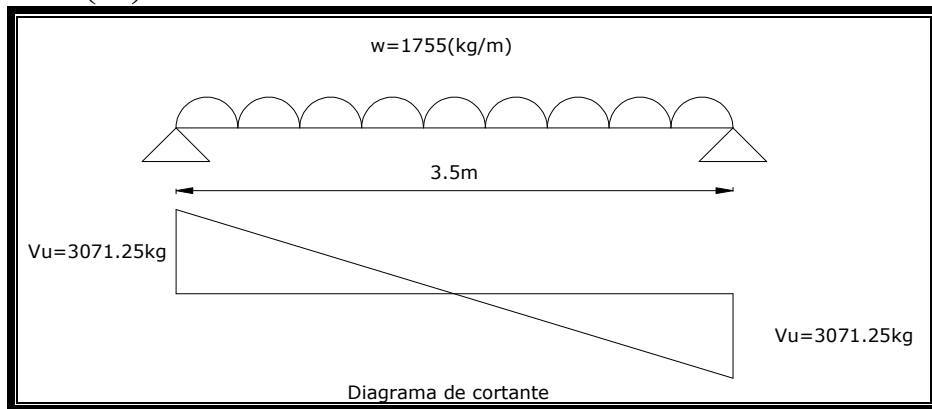
$$V_{SR} := 1542.3 \text{ (kg)}$$

$$V_R := V_{CR} + V_{SR}$$

$$V_R := 2290.8 \text{ (kg)}$$

Supongamos que la viga tiene un largo de 3.5m y una carga repartida de

$$w=1755 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$



a) Utilizando la memoria de cálculo del fabricante.

Cálculo del acero de refuerzo:

$$V_{su} := V_u - V_e$$

$$V_{su} := 3071.25 - 2048$$

$$V_{su} := 1023.25 \text{ (kg)}$$

Se propone utilizar Acero del #2 ($A_s = 0.32 \text{ (cm}^2\text{)}$), $f_y = 2530 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$

$$A_v := 0.32 \cdot 2 \quad (2 \text{ ramas para tomar el cortante})$$

$$A_v := 0.64 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$f_y := 2530 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$S := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{su}}$$

$$S := \frac{(0.64 \cdot 2530 \cdot 37.75)}{1023.25}$$

$$S = 59.73 \text{ (cm)} \quad \text{Separación entre el acero de refuerzo por cortante.}$$

b) Utilizando las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

$$S := \frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv} \cdot d}{V_u - V_R} \leq \frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv}}{3.5 \cdot b} \leq \frac{d}{2}$$

El menor de estos tres valores.

Se propone utilizar Acero del # 2

$$(A_s = 0.32 (\text{cm}^2))$$

$$A_s = 0.32 \cdot 2 = 0.64 (\text{cm}^2) \quad (2 \text{ ramas para tomar el cortante})$$

$$f_y = 2530 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$\frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv} \cdot d}{V_u - V_R} := \frac{0.8 \cdot 0.64 \cdot 2530 \cdot 37.75}{3071.25 - 2290.8}$$

$$\frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv} \cdot d}{V_u - V_R} := 62.65 (\text{cm})$$

$$\frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv}}{3.5 \cdot b} := \frac{0.8 \cdot 0.64 \cdot 2530}{3.5 \cdot 11.5}$$

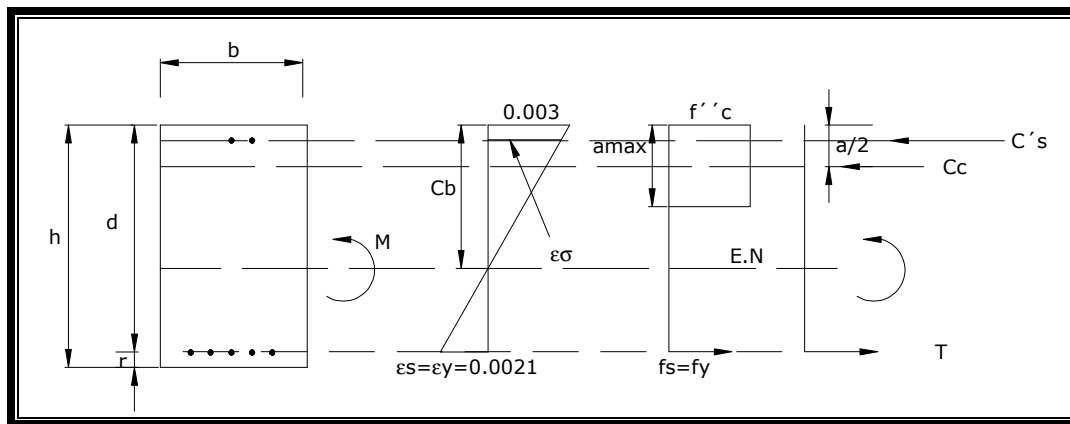
$$\frac{FR \cdot A_{sv} \cdot f_{yv}}{3.5 \cdot b} := 32.18 (\text{cm})$$

$$\frac{d}{2} := \frac{37.75}{2}$$

$$\frac{d}{2} := 18.9 (\text{cm})$$

Por lo tanto $S=19\text{cm}$ utilizando acero del #2

3.1.2 Flexión en vigas hechas con panel



$$\varepsilon_s := \frac{f_y}{E_s}$$

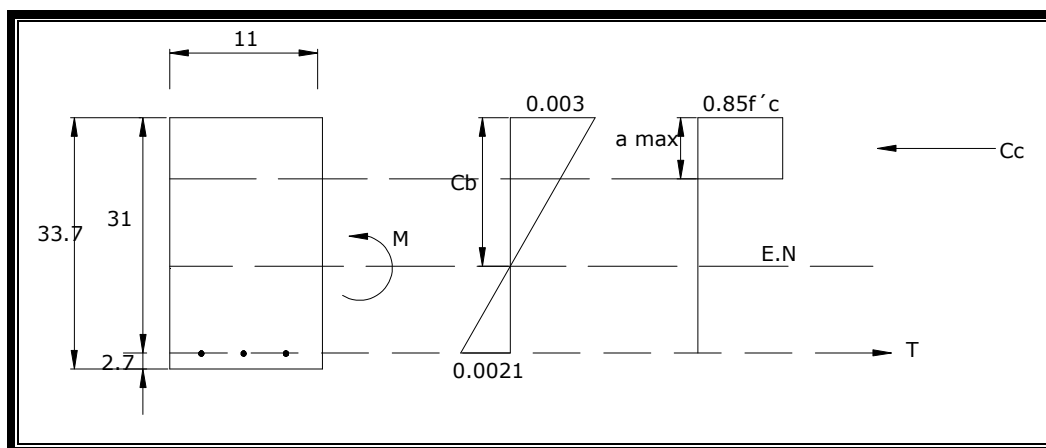
$$\varepsilon_s := \frac{4200}{2 \cdot 10^6}$$

$$\varepsilon_s := 0.0021$$

Según el fabricante:

Para la condición balanceada

Supongamos:



$$b = 11 \text{ (cm)} \quad h = 33.7 \text{ (cm)}$$

$$r = 2.7 \text{ (cm)} \quad f_y = 4200 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$\frac{0.003}{C_b} := \frac{0.0021}{d - C_b}$$

$$C_b := \frac{0.003}{0.003 + 0.0021} \cdot d$$

$$C_b := 18.24 \text{ (cm)}$$

$$C_{bmax} := 0.75 C_b$$

$$C_{bmax} := 13.68 \text{ (cm)}$$

$$a_{max} := \beta_i \cdot C_{bmax}$$

$$\beta := 0.85$$

$$a_{max} := 11.628 \text{ (cm)}$$

La compresión esta dada por:

$$C := 0.85 f'_c \cdot a_{max} \cdot b$$

$$C := 0.85 \cdot 70 \cdot 11.628 \cdot 11$$

$$C := 7610.53 \text{ (kg)}$$

El momento resistente esta dado por:

$$M_n := C \cdot \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right)$$

$$M_n := 191679 \text{ (kg} \cdot \text{cm)}$$

$$M_n := 1.916 \text{ (T} \cdot \text{m)}$$

$$A_s := \frac{M_n}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right)}$$

$$A_s := \frac{191679}{0.94200 \cdot \left(31 - \frac{11.628}{2} \right)}$$

$$A_s := 2.13 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\frac{\epsilon_c}{a_{\max}} := \frac{\epsilon_s}{d - a_{\max}}$$

$$\epsilon_s := \frac{d - a_{\max}}{a_{\max}} \cdot \epsilon_c$$

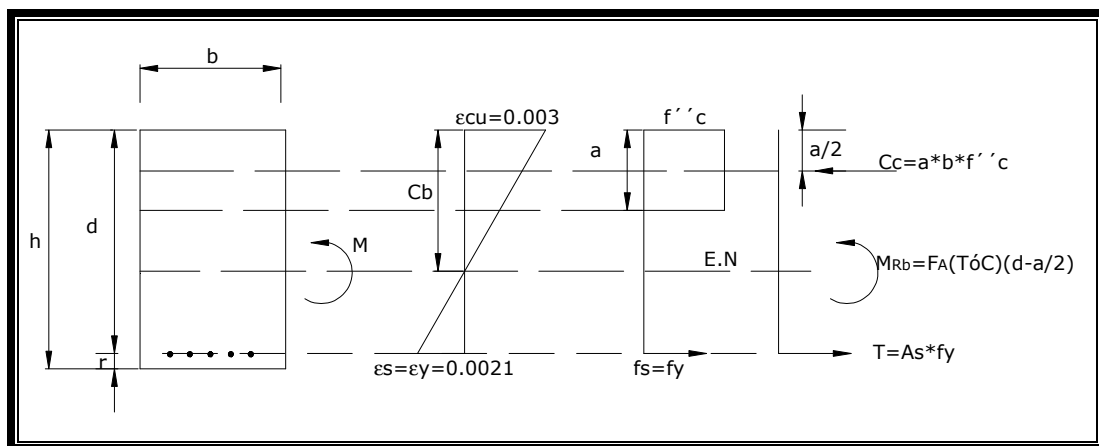
$$\epsilon_s := 0.005 > \epsilon_y \quad \text{Por lo tanto el acero esta fluyendo.}$$

Se calculó la nueva posición del E.N. y como la deformación fue mayor que $\epsilon_y = 0.003$ el acero en tensión se encuentra fluyendo.

M_n , es la capacidad nominal de la viga para resistir momento, con las características descritas, sin considerar acero de refuerzo en compresión.

A_s , es el área de refuerzo necesaria para equilibrar el momento nominal

Reglamento RCDF, NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.



Condición balanceada:

Cálculo de la cantidad máxima de acero de refuerzo en tensión.

Porcentaje de acero máximo para la condición balanceada.

$$p_b := \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{4800}{f_y + 6000}$$

$$p_b := \frac{47.6}{4200} \cdot \frac{4800}{4200 + 6000}$$

$$p_b := 0.0053$$

Porcentaje de acero mínimo.

$$p_{\min} := \frac{0.7 \cdot \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$p_{\min} := \frac{0.7 \cdot \sqrt{70}}{4200}$$

$$p_{\min} := 0.00139$$

Índice de refuerzo máximo.

$$q_{\max} := p_{\max} \left(\frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$q_{\max} := 0.0053 \cdot \frac{4200}{47.6}$$

$$q_{\max} := 0.47$$

Índice de refuerzo mínimo.

$$q_{\min} := p_{\min} \left(\frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$q_{\min} := 0.00139 \cdot \frac{4200}{47.6}$$

$$q_{\min} := 0.122$$

Área máxima de acero

$$A_{s\max} := P_b \cdot d \cdot b$$

$$A_{s\max} := 0.0053 \cdot 31 \cdot 11$$

$$A_{s\max} := 1.82 \quad (\text{cm}^2)$$

Área mínima de acero

$$A_{s\min} := P_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s\min} := 0.00139 \cdot (d \cdot b)$$

$$A_{s\min} := 0.47 \quad (\text{cm}^2)$$

Resistencia máxima por flexión para la condición balanceada.

$$M_{Rb\max} := F_R \cdot b \cdot d^2 \cdot f''_c \cdot q_{\max} (1 - 0.5 q_{\max})$$

$$M_{Rb\max} := 0.9 \cdot 11 \cdot 31^2 \cdot 47.6 \cdot 0.47 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.47)$$

$$M_{Rb\max} := 1.628 \quad (\text{T} \cdot \text{m})$$

Resistencia mínima por flexión para evitar problemas de agrietamiento, por temperatura y cambios volumétricos.

$$M_{R\min} := F_R \cdot b \cdot d^2 \cdot f''_c \cdot q_{\min} (1 - 0.5 q_{\min})$$

$$M_{R\min} := 0.9 \cdot 11 \cdot 31^2 \cdot 47.6 \cdot 0.122 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0.122)$$

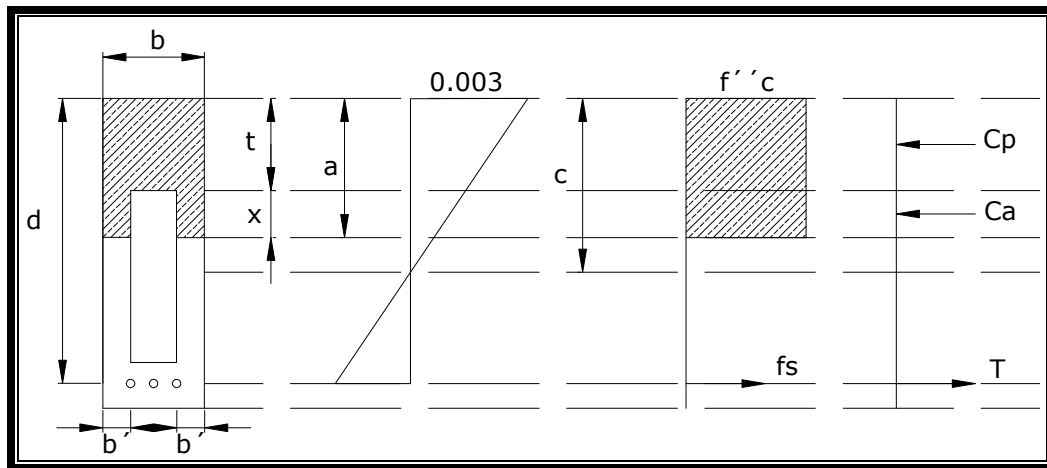
$$M_{R\min} := 0.4788 \quad (\text{T} \cdot \text{m})$$

Cantidad de acero necesario.

$$A_{s\text{nec}} := b \cdot d \cdot \frac{f''c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{F_R \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c}} \right)$$

Mu sale del análisis estructural.

Lo anterior sólo es valido si $M_u \leq M_{R\text{patin}}$, en caso de que no se cumpla se tiene que hacer lo siguiente ($M_u \geq M_{R\text{patin}}$):



Diseñando al límite inferior se tiene:

$$M_u := M_R$$

$$M_u := F_R \cdot \left[C_p \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + 2 \cdot C_a \cdot \left(d - t - \frac{x}{2} \right) \right]$$

Donde:

$$C_p := b \cdot t \cdot f''c$$

$$C_a := b' \cdot x \cdot f''c$$

X es la contribución de los extremos de la viga, por lo tanto:

$$M_u - b \cdot t \cdot f''c \left(d - \frac{t}{2} \right) := 2 \cdot b' \cdot x f''c \left(d - t - \frac{x}{2} \right)$$

$$\frac{\left(\frac{M_u}{F_R} \right) - b \cdot t \cdot f''c \left(d - \frac{t}{2} \right)}{2 \cdot b' \cdot f''c} := x(d - t) - \frac{x^2}{2}$$

Simplificando la ecuación tenemos:

$$x^2 - 2 \cdot x \cdot (d - t) + 2 \cdot \left[\frac{\left(\frac{M_u}{F_R} \right) - b \cdot t \cdot f''c \left(d - \frac{t}{2} \right)}{2 \cdot b' \cdot f''c} \right] := 0$$

Resolviendo la ecuación y tomando únicamente la raíz negativa ya que es la raíz menor:

$$x := \frac{2 \cdot (d - t) - \sqrt{4 \cdot (d - t)^2 - 4 \cdot \left[\frac{\left(\frac{M_u}{F_R} \right) - b \cdot t \cdot f''c \left(d - \frac{t}{2} \right)}{2 \cdot b' \cdot f''c} \right]}}{2}$$

Solución de la ecuación que determina la contribución de x en la resistencia a momento flexionante.

$$x := (d - t) - \sqrt{(d - t)^2 - \frac{\left(\frac{M_u}{F_R} \right) - b \cdot t \cdot f''c \left(d - \frac{t}{2} \right)}{b' \cdot f''c}}$$

Entonces:

$$a := t + x$$

Partiendo del equilibrio tenemos:

$$\Sigma F_n := 0$$

$$C_a + C_p := T$$

$$b \cdot t \cdot f''c + b' \cdot x \cdot f''c := A_s \cdot f_y$$

Despejando la cantidad de acero necesaria queda:

$$A_{snec} := \frac{(b \cdot t + b' \cdot x) \cdot f''c}{f_y}$$

Esto solo es valido si el acero esta fluyendo, para verificar esto se tiene que utilizar la ecuación:

$$A_{snec} \leq \frac{f''c}{f_y} \cdot \frac{48002 \cdot b' \cdot d}{f_y + 6000} + A_{sp}$$

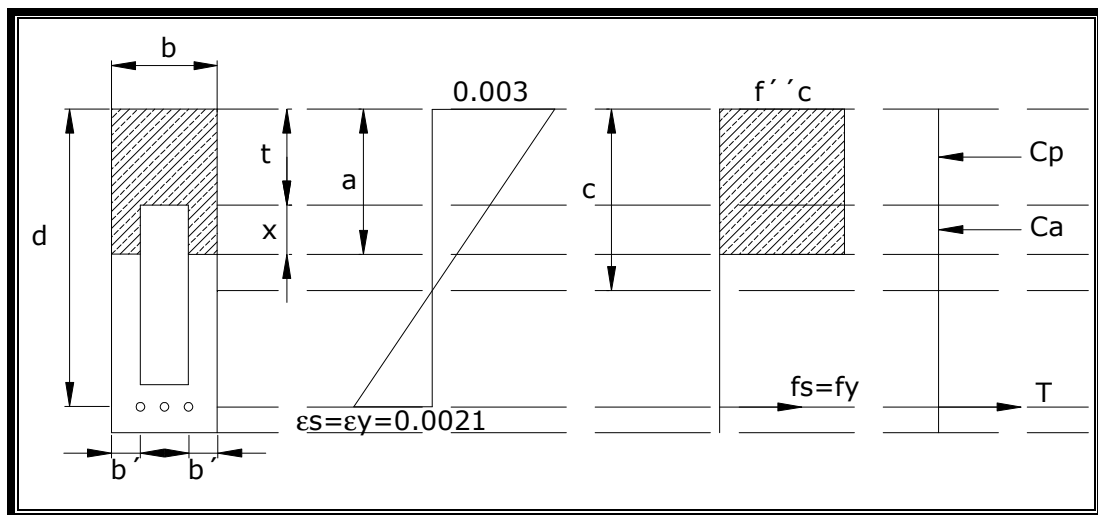
Donde:

$$A_{sp} := \frac{f''c \cdot (b - 2 \cdot b') \cdot t}{f_y}$$

Por lo tanto tenemos finalmente:

$$A_{snec} \leq \frac{f''c}{f_y} \cdot \frac{48002 \cdot b' \cdot d}{f_y + 6000} + \frac{f''c \cdot (b - 2 \cdot b') \cdot t}{f_y}$$

Para la condición balanceada tenemos:



$$\frac{.003}{c} := \frac{0.0021}{d - c}$$

$$c := \frac{0.003 \cdot d}{0.003 + 0.0021}$$

$$a := 0.8c$$

$$a := t + x$$

$$a := \frac{0.003 \cdot 0.8 \cdot d}{0.003 + 0.0021}$$

$$t + x := \frac{0.003 \cdot 0.8 \cdot d}{0.003 + 0.0021}$$

$$x := \frac{0.003 \cdot 0.8 \cdot d}{0.003 + 0.0021} - t$$

Datos:

$$b := 11 \text{ (cm)}$$

$$t := 10 \text{ (cm)}$$

$$d := 31 \text{ (cm)}$$

$$f''c := 47.6 \text{ (cm)}$$

$$b' := 3 \text{ (cm)}$$

$$f_y := 4200 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$x := \frac{0.003 \cdot .8 \cdot 31}{0.003 + 0.0021} - 10$$

$$x := 4.6 \text{ (cm)}$$

$$C_p := b \cdot t \cdot f''c$$

$$C_a := b' \cdot x \cdot f''c$$

$$C_p := 11 \cdot 10 \cdot 47.6$$

$$C_p := 5236 \text{ (kg)}$$

$$C_a := 2 \cdot 3 \cdot 4.6 \cdot 47.6$$

$$C_a := 1313.8 \text{ (kg)}$$

$$M_{Rb} := F_R \cdot \left[C_p \cdot \left(d - \frac{t}{2} \right) + 2 \cdot C_a \cdot \left(d - t - \frac{x}{2} \right) \right]$$

$$M_{Rb} := 0.9 \cdot \left[5236 \cdot \left(31 - \frac{10}{2} \right) + 1313.8 \cdot \left(31 - 10 - \frac{4.6}{2} \right) \right]$$

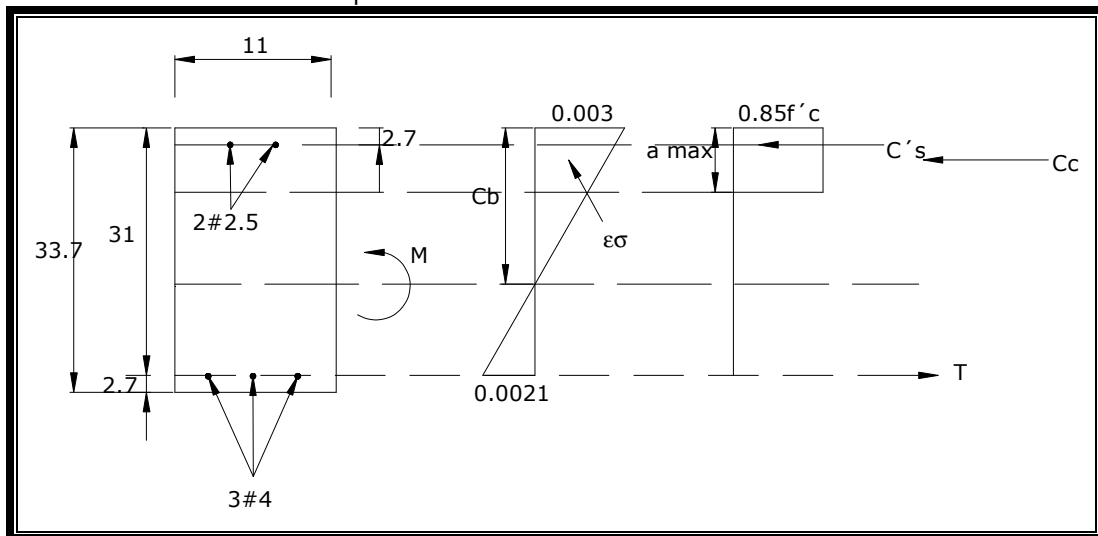
$$M_{Rb} := 1.44 \text{ (T}\cdot\text{m)}$$

$$A_{sb} := \frac{(b \cdot t + b' \cdot x) \cdot f'c}{f_y}$$

$$A_{sb} := \frac{(11 \cdot 10 + 3 \cdot 4.6) \cdot 47.6}{4200}$$

$$A_{sb} := 1.4 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Adicionando acero a compresión.



Sabemos que:

$$a_{max} = 11.628 \text{ (cm)}$$

$$C_{max} = 7610.53 \text{ (kg)}$$

$$M_{\max} = 191679 \text{ (kg}\cdot\text{cm)}$$

Deformaciones unitarias en el acero en compresión.

$$\frac{\varepsilon_y}{a_{\max}} := \frac{\varepsilon'_s}{a_{\max} - r}$$

$$\frac{0.003}{11.628} := \frac{\varepsilon_s}{11.628 - 2.7}$$

$$\varepsilon_s := 0.0023 > \varepsilon_y$$

Entonces:

$$f'_s := f_y$$

Coloquemos

$$2 \# 2.5 = 1.0 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$C'_s := 4200 \cdot 1 \text{ (kg)}$$

$$C'_s := 4200 \text{ (kg)}$$

Acero en tensión total

$$T := C_{\max} + C'_s$$

$$T := 11850.56 \text{ (kg)}$$

$$A_s := \frac{11850.56}{4200}$$

$$A_s := 2.82 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$3 \# 4 = 3.81 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Utilizando las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

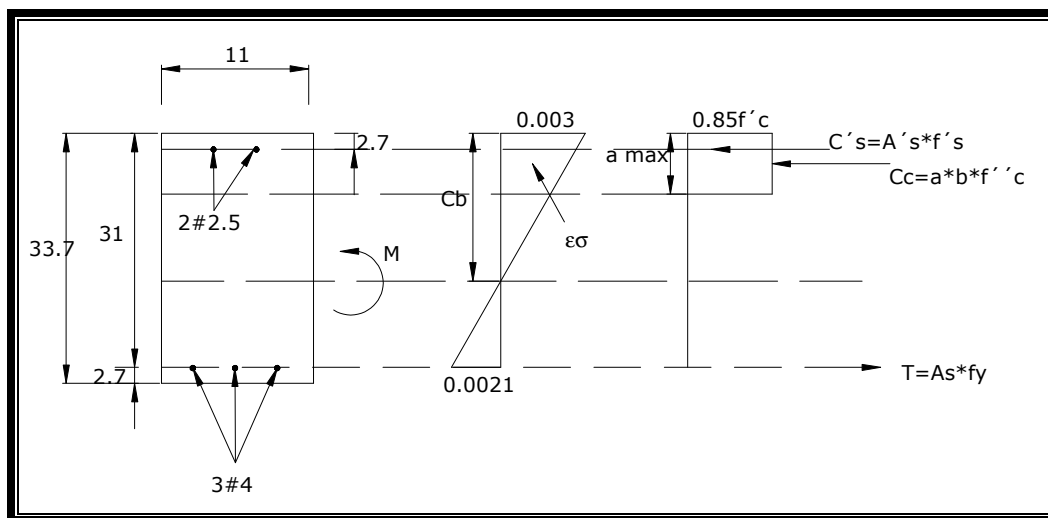
Si $M_u \leq M_{Rmax}$ entonces el diseño del acero en tensión de la viga se hace como simplemente armada.

$$M_{Rbmax} := F_R \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{max} (1 - 0.5 q_{max})$$

$$A_{snec} := b \cdot d \cdot \frac{f''c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{F_R \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c}} \right)$$

$$q_{max} := P_{max} \left(\frac{f_y}{f''c} \right)$$

Si $M_u > M_{Rmax}$ entonces el diseño de la viga se hace como doblemente armada (esto es, se coloca acero en tensión y en compresión)



$$M_R := F_R \cdot \left[C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

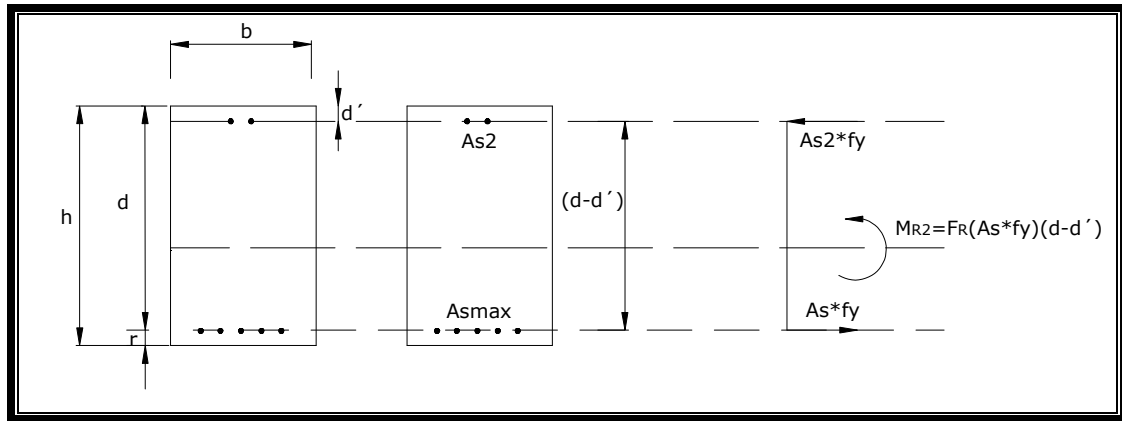
$$C_c \cdot C_s := T_s$$

Con esto tengo que garantizar que:

$$M_{Rmax} \geq M_u$$

Por lo tanto debemos diseñar al límite inferior:

$$M_R := M_u$$



Para lograr el equilibrio con el momento flexionante externo de diseño se tiene que:

$$M_u := M_{Rmax} + M_{R2}$$

Donde:

M_u Sale del análisis estructural

M_{Rmax} Sección simplemente armada trabajando a su máxima capacidad

M_{R2} Sección ficticia con capacidad a flexión

Por lo tanto:

$$M_{R2} := M_u - M_{Rmax}$$

$$M_{R2} := F_R \cdot (A_{s2} \cdot f_y) \cdot (d - d')$$

Entonces tenemos que el acero que esta en compresión esta dado por:

$$A_{s2} := \frac{M_u - M_{Rmax}}{F_R \cdot f_y \cdot (d - d')}$$

Con lo cual nos da finalmente el acero a tensión:

$$A_s := A_{smax} + A_{s2}$$

$$A_s := P_b \cdot b \cdot d + \frac{M_u - M_{rmax}}{F_R \cdot f_y \cdot (d - d')}$$

Estas ecuaciones sólo se pueden aplicar si el acero que esta en compresión fluye lo cual se cumple si:

$$(P - P') \geq \frac{4800}{6000 - f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{f'_c}{f_y}$$

Porcentaje de acero en tensión

$$P := \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Porcentaje de acero en compresión

$$P' := \frac{A'_s}{bd}$$

El momento resistente estará dado por:

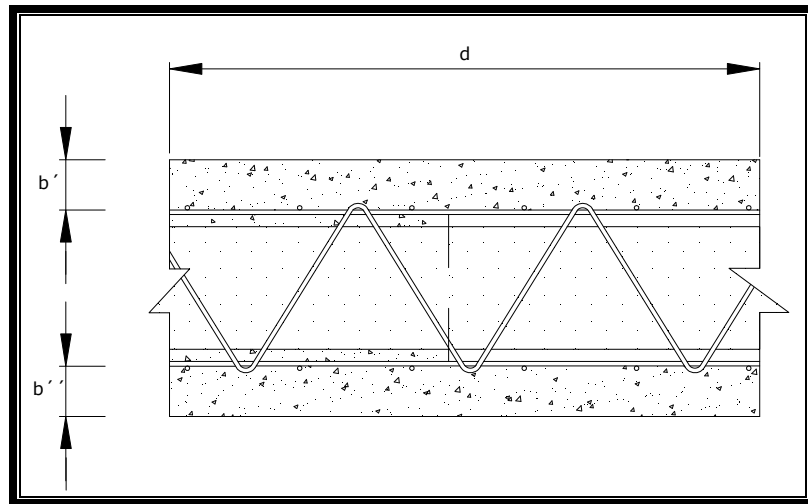
$$M_R := F_R \cdot \left[(A_s - A'_s) \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f_y \cdot (d - d') \right]$$

$$a := \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y}{f'_c \cdot b}$$

Es necesario mencionar que el RCDF se tuvo que adaptar para poder hacer los cálculos anteriores, ya que en el no se contemplan sistemas de estas características.

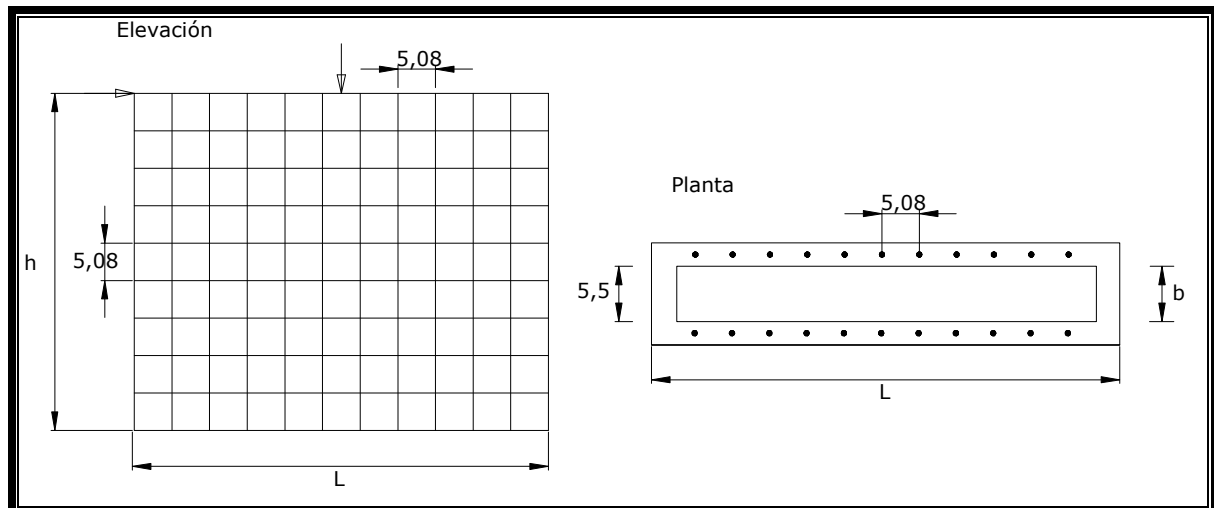
3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS ANALÍTICAMENTE PARA MUROS CONSTRUIDOS CON PANEL.

Geometría del muro

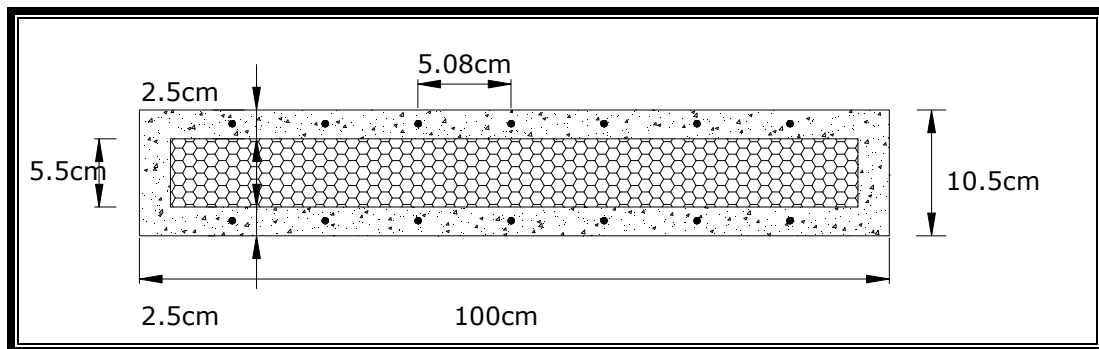


$b' = b''$ Ancho del mortero a ambos lados del panel (entre 2.5 y 3.5cm).
 d = Longitud del muro.

3.2.1 Resistencia al corte de un muro



Ejemplo:



$$b = 100 \text{ (cm)}$$

$$A_v = 2 \cdot 0.03243 = 0.06485 \text{ cm}^2$$

$$t = 2.5 \text{ (cm)} \text{ se debe multiplicar por 2}$$

$$L = 100 \text{ (cm)}$$

$$S = 5.08 \text{ (cm)}$$

$$f'_c = 70 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$f_y = 4000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Área del alambre C14

$$d = 0.08" = 2.54 \cdot 0.08 = 0.2032 \text{ cm.}$$

$$A := \pi \cdot r^2$$

$$A = 0.03243 \text{ cm}^2$$

Área de cortante se tiene que considerar dos veces el área de un alambre ya que los dos alambres contribuyen para tomar el cortante, por lo tanto el área de cortante es:

$$A_v = 2 \cdot 0.03243 = 0.06485 \text{ cm}^2$$

Contribución del mortero:

$$V_c := 0.5 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot L$$

Donde b se sustituye por el espesor del muro t , y L es la longitud del muro.

Tomando como peralte y ancho del muro un metro (100cm).

$$V_c := 0.5 \cdot \sqrt{70} \cdot 5 \cdot 100$$

$$V_c := 2091.6 \text{ (kg)}$$

El esfuerzo en el acero se toma como:

$$f_s = 0.6 f_y = 0.6 \cdot 4000 = 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

El valor nominal del cortante resistente del muro (V_n) esta dado por (ACI):

$$V_n := A_v \cdot f_s \cdot \left(\frac{d}{s_{ep}} \right)$$

$$V_n := 2 \cdot 0.03243 \cdot 2400 \cdot \left(\frac{100}{5.08} \right)$$

$$V_n = 3061.2 \text{ (kg)}$$

El valor efectivo del cortante (V_e) esta dado por:

$$V_e := \phi \cdot V_n$$

Donde el valor de $\phi := 0.85$

$$V_e = 2601 \text{ (kg)}$$

El valor del cortante resistente es:

$$V_R := V_c + V_e$$

$$V_R := 2091.6 + 2601$$

$$V_R := 4692.6 \text{ (kg)}$$

Utilizando las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, para cortante tenemos.

La resistencia del concreto para tomar el cortante en muros esta dada por:

Si la relación $\frac{H_m}{L}$ de altura total a longitud del muro no excede de 1.5 se aplica la ecuación:

$$V_{cR} := 0.85 \cdot F_R (\sqrt{0.8 \cdot f'_c}) \cdot (t \cdot L)$$

Si la relación $\frac{H_m}{L}$ es igual o mayor a 2 se debe utilizar la ecuación:

$$V_{cR} := 0.5 F_R (\sqrt{0.8 f'_c}) \cdot (b \cdot d)$$

Donde b se sustituye por el espesor del muro t y el peralte efectivo del muro se tomará igual a 0.8L

La resistencia del acero de refuerzo para tomar el cortante esta dada por:

Cuantía de refuerzo paralelo a la dirección de la fuerza cortante de diseño p_m , se calculará con la siguiente expresión.

$$p_m := \frac{V_u - V_{cR}}{F_R \cdot f_y \cdot A_{cm}}$$

Y la del refuerzo perpendicular a la fuerza de diseño, p_n , con:

$$p_n := 0.0025 + 0.5 \cdot \left(2.5 - \frac{H_m}{L} \right) \cdot (p_m - 0.0025)$$

$$p_m := \frac{A_{vm}}{S_m \cdot t} \quad p_n := \frac{A_{vn}}{S_n \cdot t}$$

S_m , S_n separación de los refuerzos paralelo y perpendicular a la fuerza cortante de diseño respectivamente.

A_{vm} área de refuerzo paralelo a la fuerza cortante de diseño comprendida a una distancia S_m ; y

Avn área de refuerzo perpendicular a la fuerza cortante de diseño comprendida a una distancia Sn.

Las cuantías de refuerzo mínimo son:

$$p_m \geq 0.0025$$

$$p_n \geq 0.0025$$

Resistencia al cortante del mortero:

$$V_{cR} := 0.85 \cdot 0.7 \cdot (\sqrt{0.8 \cdot 70}) \cdot 100 \cdot 5$$

$$V_{cR} := 2226 \text{ (kg)}$$

Resistencia al cortante del acero:

Cuantías mínimas de acero transversal y longitudinal.

$$p_m := \frac{A_{vm}}{S_m \cdot t}$$

$$p_m := \frac{0.06485}{5.08 \cdot 5}$$

$$p_m := 0.00255$$

$$p_m = p_{min} := 0.0025$$

$$p_m := p_n$$

$$V_{SR} := \frac{F_R \cdot A_v \cdot f_y \cdot L}{S}$$

$$V_{SR} := \frac{0.7 \cdot 0.06485 \cdot 4000 \cdot 100}{5.08}$$

$$V_{SR} := 3574 \text{ (kg)}$$

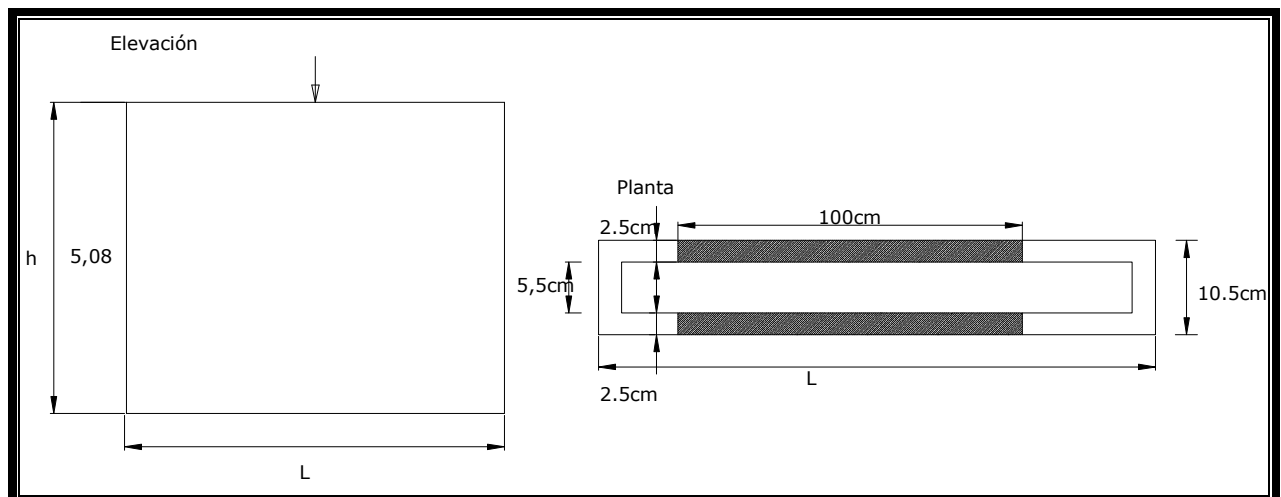
El cortante resistente de la sección esta dado por:

$$V_R := V_{cR} + V_{SR}$$

$$V_R := 3574 + 2226$$

$$V_R := 5800 \text{ (kg)}$$

3.2.2 Resistencia del muro ante Cargas Axiales



f'_c = Resistencia a la compresión del mortero

h = Altura del muro

t = Espesor del muro

A_m = Área del mortero

$$A_m = 2 \cdot 0.025 \cdot 1 = 0.05 \text{ m}^2$$

Resistencia a carga axial

$$f_a := 0.2 \cdot f_c \cdot \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right]$$

$$f_a := 0.2 \cdot 70 \cdot \left[1 - \left(\frac{244}{40 \cdot 10.5} \right)^3 \right]$$

$$f_a := 11.25 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$\text{fa} := 11.25 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

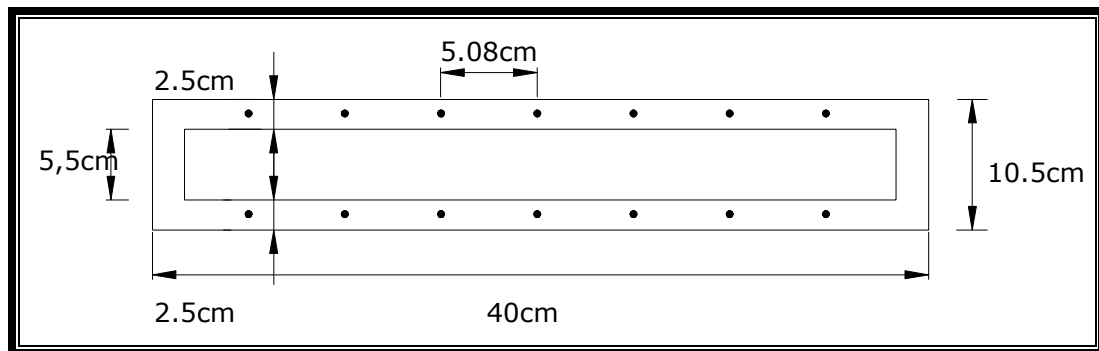
Resistencia admisible

$$f_{\text{adm}} := f_a \cdot A_m$$

$$f_{\text{adm}} := 11.25 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 0.025 \cdot 1$$

$$f_{\text{adm}} := 5625 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

Sea una sección donde: $b=10.5\text{cm}$, $d=40.0\text{cm}$, determinar la carga axial permisible.



Utilizando la memoria de cálculo del fabricante.

$$P := 0.85 \cdot (A_g \cdot 0.25 \cdot f'_c + f_s \cdot \rho_g)$$

donde:

P = Carga axial máxima

f'_c = Resistencia última a compresión en el mortero $\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$

f_s = Esfuerzo permisible de compresión en el refuerzo vertical, tomando el 40% del valor de la resistencia de fluencia, pero no mayor de $2100 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$

ρ_g = Relación entre el área del refuerzo vertical y el área total.

A_{st} = Área total del refuerzo vertical en cm^2

A_g = Área total de la sección en cm^2

$$f_y = 4000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

Determinación del refuerzo vertical

$$\frac{40}{S_{ep}} := \frac{40}{5.08}$$

$$\frac{40}{S_{ep}} := 7.87 \quad \text{barras por cara} = 7 \text{ barras}$$

Total de barras = $2 \cdot 7 = 14$ barras

A_{st} = Num. barras * Área de una barra

$$A_{st} = 14 \cdot 0.03243$$

$$A_{st} = 0.45402 \text{ cm}^2$$

A_g = área de todo el mortero que rodea al elemento

$$A_g = 40 \cdot 2.5 \cdot 2 + 5.5 \cdot 2.5 \cdot 2$$

$$A_g = 227.5 \text{ cm}^2$$

$$\rho_g := \frac{A_{st}}{A_g}$$

$$\rho_g := \frac{0.45402}{227.5}$$

$$\rho_g := 0.002$$

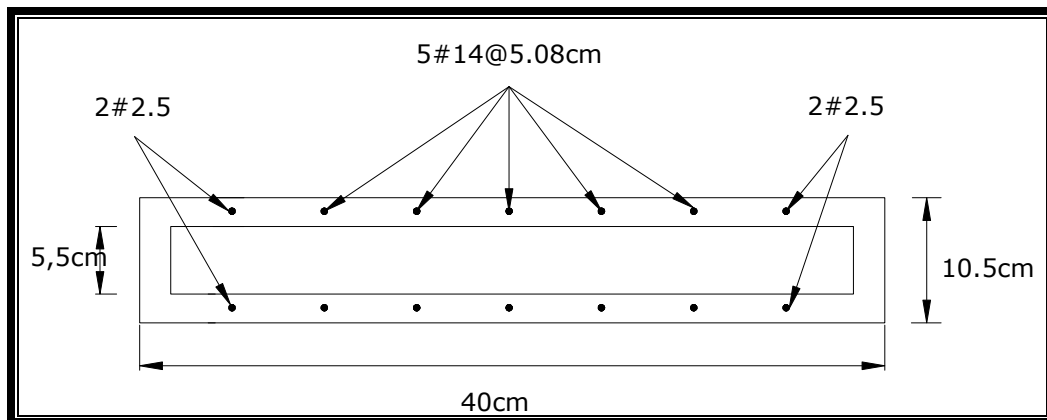
$$f_s = 0.4 \cdot f_y = 0.4 \cdot 4000 = 1600 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$P := 0.85 \cdot (A_g \cdot 0.25 \cdot f'_c + f_s \cdot \rho_g)$$

$$P = 0.85 \cdot (227.5 \cdot 0.25 \cdot 70 + 1600 \cdot 0.002)$$

$$P = 3387 \text{ Kg.}$$

Si reforzamos los extremos con dos barras del # 2.5 ($A=0.5 \text{ cm}^2$)



$$A_{st} = 10 \cdot 0.03243 + 4 \cdot 0.5$$

$$A_{st} = 2.3443 \text{ cm}^2$$

$$\rho_g := \frac{2.3243}{227.5}$$

$$\rho_g = 0.1022$$

$$P = 0.85 \cdot (227.5 \cdot 0.25 \cdot 70 + 1600 \cdot 0.1022)$$

$$P=3523 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Al reforzar los extremos con 2Vars # 2.5 La carga admisible aumenta aproximadamente en un 4.1%

Utilizando la memoria de cálculo del fabricante.

$$P_n := 0.85 \cdot f'_c \cdot A_g + A_{st} \cdot f_y$$

$$P_n := 0.85 \cdot 70 \cdot 227.5 + 0.45402 \cdot 4000$$

$$P_n := 15352.3 \text{ (kg)}$$

$$P_e := \delta \cdot P_n$$

$$\delta := 0.70$$

$$P_e := 0.70 \cdot 15352.33$$

$$P_e := 10747 \text{ (kg)}$$

Utilizando la memoria de cálculo del fabricante.

$$\phi \cdot P_{nmax} := 0.8 \cdot \phi \cdot [0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

$$\phi \cdot P_{nmx} := 0.8 \cdot 0.7 \cdot [0.85 \cdot 70 \cdot (227.5 - 0.45402) + 4000 \cdot 0.45402]$$

$$\phi \cdot P_{nmax} := 8582 \text{ (kg)}$$

Aplicando la ecuación de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

$$P_u := F_R \cdot (A_g \cdot f'^*_c + A_s \cdot f_y)$$

$$F_R := 0.7$$

$$f'^*_c = 0.85 f'_c$$

$$f'^*_c = 0.8 f'_c$$

$$f'_c := 47.6 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$A_g = A_c - A_s$$

A_c = área de concreto

A_s = área de acero

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

$$A_c = 40 \cdot 2.5 \cdot 2 + 5.5 \cdot 2.5 \cdot 2$$

$$A_c = 227.5 \text{ cm}^2$$

Numero de barras de acero

$$N_v := \frac{40}{5.08}$$

$$N_v := 7.87$$

$$N_v := 8.2$$

$$N_v := 16$$

$$A_s := 16 \cdot 0.03243$$

$$A_s := 0.52 \left(\text{cm}^2 \right)$$

$$A_g := 227.5 - 0.52$$

$$A_g := 226.98 \left(\text{cm}^2 \right)$$

$$f_y = 4000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$P_u := 0.7 \cdot (226.98 \cdot 47.6 + 0.52 \cdot 4000)$$

$$P_u := 9018.9 \text{ (kg)}$$

CAPITULO 4

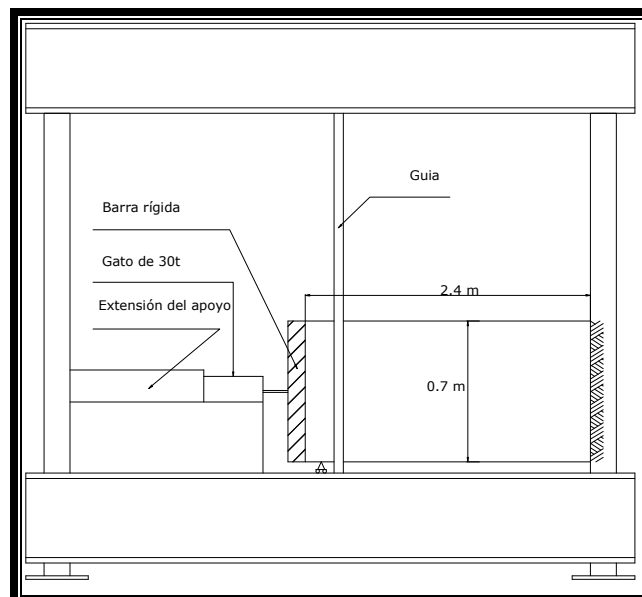
ESTUDIO EXPERIMENTAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PANELES

Como parte de los alcances de este trabajo se consideró importante incluir y discutir los resultados de algunos estudios experimentales realizados en el Laboratorio de Materiales del Departamento de Estructuras de la División de Ingeniería Civil y Geomática, de esta facultad. Los estudios estuvieron encaminados a determinar la resistencia de paneles estructurales ante carga vertical, carga lateral y se consideran representativos de este tipo de sistemas constructivos en nuestro medio.

Previamente, se realizaron ensayos de laboratorio para estimar los niveles de carga en muestras estándar de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, probándose la resistencia a Compresión y Tensión diagonal (en cilindros y en muretes).

4.1 MURO DE PANEL SOMETIDO A LA ACCION DE CARGAS AXIALES

Dadas las dimensiones de los paneles y el tipo de prueba a realizar, se colocaron de forma horizontal dentro de un marco de carga de 50 toneladas, empotrando uno de los extremos en una columna y aplicando la carga en el extremo opuesto del mismo marco. Para transmitir una carga uniforme se colocó un perfil en canal que recibiría la carga del gato hidráulico, evitando concentraciones de esfuerzos.



La aplicación de carga se logró con un gato de 30 toneladas previamente calibrado, mismo que fue dispuesto en una línea de acción que transcurría por el eje centroidal del panel ensayado. También se colocó un dispositivo auxiliar que restringía el movimiento lateral con el fin de llevar hasta un nivel máximo de carga a los paneles, con objeto de evitar una falla por pandeo lateral.

4.1.1 Primer prueba

La primer prueba se realizó sobre el panel sin algún tipo de repellado. En esta prueba no se presentaron grietas paralelas al sentido de aplicación de la carga, solo se presentaron en sentido perpendicular a esta por efecto de aplastamiento.

Los niveles de carga que se obtuvieron antes de ocurrir la falla fueron de alrededor de 13,500kg.

Resultado analítico.

f_{*mp} = Esfuerzo a compresión obtenido en ensayos de muretes.

A_d = Área de diafragma.

A_g = Área efectiva del acero de refuerzo

A_m =Área del mortero del repellado

$$P := f_d + f_g$$

$$f_d := A_d \cdot f_{*mp}$$

$$f_g := A_g \cdot f_{yg}$$

$$A_d := 70 \cdot 8.0$$

$$A_d := 560 \text{ cm}^2$$

$$f_d := 560 \cdot 4.71$$

$$f_d := 2,637.6 \text{ kg}$$

$$A_g := 4.99 \text{ cm}^2$$

$$f_g := 4.99 \cdot 3000$$

$$f_g := 14,970$$

$$P := 2,637.6 + 14970$$

$$P := 17,607.6 \text{ kg}$$

4.1.2 Segunda prueba

La segunda se desarrolló sobre un panel con un repellado de 1cm de espesor en ambas caras. En esta prueba hubo aparición de grietas debidas al fenómeno de pandeo en la cara del panel donde se presentan las fuerzas de tensión.

Estas grietas se incrementaron a medida que se aumento la carga, finalmente la falla se produjo por pandeo local debido a la concentración de esfuerzos en la zona de aplicación de la carga.

La resistencia obtenida en un panel de 2.4 x 0.70 x 0.08m de espesor con membrana de mortero fue de 21,000kg lo cual representa un incremento del 55.6 % en comparación con la prueba 1, realizada sin colocar ningún tipo de repellado.

Resultado analítico.

$$P := f_d + f_g + f_m$$

$$f_m := A_m \cdot f'_m$$

$$A_m := (70 \cdot 1) \cdot 2$$

$$A_m := 140 \text{ cm}^2$$

$$f_m := 140 \cdot 131$$

$$f_m := 18,340 \text{ kg}$$

$$P := 17607.6 + 18340$$

$$P := 35,947.6 \text{ kg}$$

Panel	Carga(kg)	Esfuerzo de compresión(kg/cm ²)
Sin repellar	13,500.0	24.1125.
Resultado analítico	17,607.6	31.44
Con repellado	21,000.0	30
Resultado analítico	35,947.6	51.35

4.2 MURO DE PANEL SOMETIDO A LA ACCION DE CARGAS LATERALES.

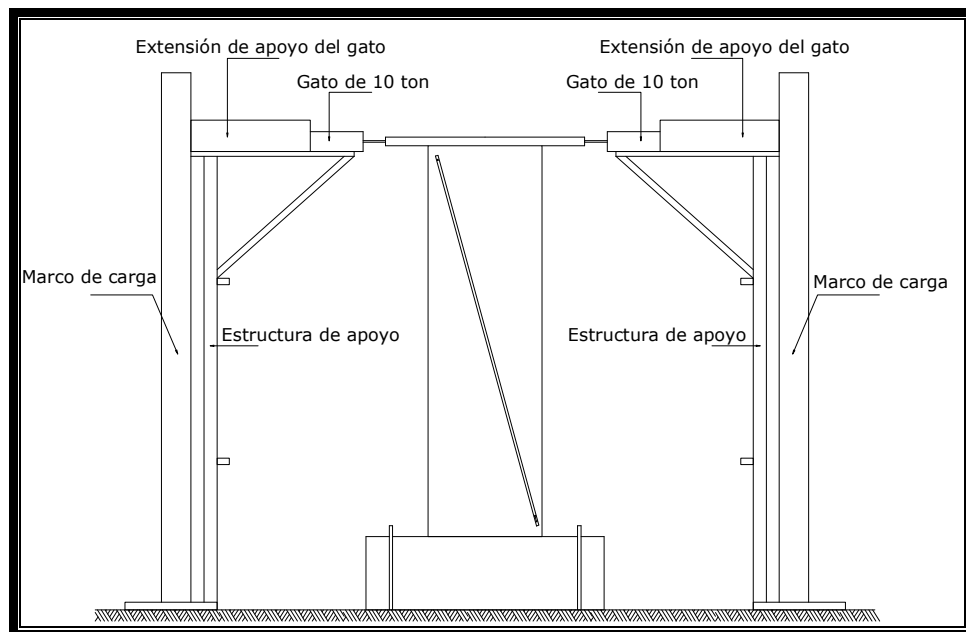
La prueba de muros o paneles bajo la acción de carga lateral es utilizada fundamentalmente para estimar la capacidad de los elementos ante fuerza cortante y, de manera adicional, para evaluar el comportamiento de esos mismos elementos bajo momento flexionante.

Para esta prueba fue necesario anclar en el piso del laboratorio espárragos de 1" de diámetro con objeto de mantener solidamente ligado el sistema de apoyo. El mecanismo de apoyo utilizado estuvo conformado por una dala de concreto reforzado y por un perfil de acero estructural.

También se utilizaron ménsulas para poder fijar los gatos en la parte superior del marco de carga, conformado por dos vigas de sección "I" las cuales pueden soportar incrementos de carga considerables.

La aplicación de carga se logró mediante dos gatos de 10 toneladas cada uno, que trabajan de manera alterna provocando un comportamiento histerético en el panel. Fue necesario soldar un perfil de acero estructural en la parte superior del panel, con el propósito de que la carga se transmitiera uniformemente en la trayectoria de su aplicación y así evitar la concentración de esfuerzos.

El panel fue instrumentado con el auxilio de barras diagonales en ambas caras con el propósito de conocer su comportamiento a partir de las distorsiones registradas en los micrómetros montados en el extremo de cada una de estas barras.



4.2.1 Primer prueba

El primer panel fue ensayado sin adicionarle ningún tipo de refuerzo con el fin de observar y medir su comportamiento en términos de carga y distorsión, tal como se suministra de fábrica.

Desde los primeros niveles de carga, las deformaciones generadas fueron excesivas, debido a que el conglomerado de poliestireno que forma el diafragma del elemento es extraordinariamente deformable. La falla se presentó a los 900 kg de carga provocando el desprendimiento de los conectores ahogados en la dala de concreto. La deformación alcanzada para el ultimo nivel de carga fue de 1089×10^{-5} unidades de deformación.

4.2.2 Segunda prueba

El segundo panel fue ensayado colocándole previamente un repellado de mortero de 2cm de espesor en cada una de sus caras. Este elemento comparado con el primero, tuvo un incremento en la capacidad de carga del 60 %. Se encontró también que la deformación del panel fue menor que en la prueba anterior alcanzando 221.47×10^{-5} unidades de deformación, lo que nos indica que el repellado aporta una gran rigidez al panel, haciéndolo trabajar como un diafragma. A pesar del incremento de rigidez, la resistencia lateral del panel solo pudo alcanzar una carga de 1500kg.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Es cada vez mas frecuente el uso de sistemas prefabricados como son los paneles estructurales, en la construcción de casas habitación, teniendo grandes ventajas en cuanto a la manera de cómo son construidos, ya que este tipo de sistemas tienen una característica muy particular como es la eliminación de los castillos en el perímetro de la obra, lo cual simplifica las cimentaciones ya que no hay necesidad de ampliarlas para la colocación de estos.

Las cimentaciones son normalmente excavaciones simples que requieren muy poca o ninguna formación, lo cual las hace muy económicas y rápidas de construir.

Solo es necesario ahogar varillas a la cimentación para anclar el panel y posteriormente colocar las instalaciones que sean requeridas en el proyecto.

Antes de colocar el repellado de mortero sobre el panel, se coloca el acero de refuerzo en cruces de muros, puertas, ventana, en uniones del panel se coloca mallas unión o mallas esquineras.

El uso de este sistema es muy versátil ya que se puede utilizar no solo como sistema estructural sino también como muros divisorios e incluso para dar volúmenes arquitectónicos, si es que el proyecto lo requiere.

Las ventajas que presenta el uso de paneles para construir vivienda son variadas, ya que son estructuras de buena calidad y se pueden incorporar tecnologías y diseños innovadores, cuya durabilidad es similar a las hechas con concreto. Son estructuras resistentes ya que todos los muros pueden tener una función estructural, por lo que pueden edificarse hasta 2 niveles con este sistema constructivo,

Gracias a su ligereza y tamaño los paneles presentan una notable facilidad de desplazamiento, transporte e instalación, permitiendo construir con mucha rapidez y simplicidad sin costosos equipos y una vez recubiertos con mortero son ideales en zonas frías o calientes. Las propiedades térmicas del panel estructural combinado con algunos sistemas de aislamiento, reducen al mínimo los costos de energía; son impermeables al aire, reduciendo las oscilaciones de calor y frío y no requiere de mano de obra especializada para su colocación reduciendo

los tiempos de ejecución de obra, respecto a los correspondientes sistemas constructivos tradicionales.

El pre-ensamblar en obra facilita la colocación de instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas.

En las últimas décadas las viviendas hechas con panel se han expandido en grandes regiones del mundo. Por la naturaleza monolítica de la construcción, es nula o mínima la utilización de castillos y cadenas, lo que se traduce en más facilidad, menos tiempo y por tanto, menos costo, sin embargo, el control de calidad debe ser superior a la mampostería convencional.

Las principales desventajas de este sistema son que no se puede utilizar en construcciones de más de dos niveles, ya que la resistencia lateral y de compresión con la que cuenta el panel, no es suficiente. Se debe prestar atención a la elaboración de los morteros que se colocan en los muros ya que es este el que proporciona toda la resistencia del sistema; Especial cuidado requiere la colocación de la cimentación y el firme ya que hay que dejar varillas ahogadas para anclar posteriormente los paneles, por lo cual es necesario tener una buena supervisión.

Hay que tomar en cuenta que generalmente cuando se coloca dentro del panel cualquier instalación, la malla de acero se corta interrumpiéndose la continuidad del refuerzo, lo cual requiere que se restituya mediante algún tipo de malla.

Se deben curar los elemento hechos con panel para que el mortero alcance se máxima resistencia.

Se debe tener cuidado a la hora de colocar acero de refuerzo en puertas, ventanas y todos los lugares donde se rompa la continuidad del panel, ya que de no ser así existe la posibilidad de que se formen zonas débiles y con esto se generen agrietamientos y fallas estructurales.

Para la revisión y para su diseño se debe hacer una adecuación de las normas que se tienen para el diseño de concreto, ya que las actuales normas no cuentan con una sección que haga referencia al diseño de este tipo de construcciones.

La construcción de vivienda a base de mampostería tiene algunas ventajas con respecto del uso de paneles, ya que la mampostería permite la construcción de

viviendas de varios niveles, sobre todo si es mampostería reforzada internamente y confinada vertical y horizontalmente.

Por otro lado, la construcción a base de mampostería es más cara que la que utiliza paneles debido a que se requiere más tiempo y material en la elaboración de un muro.

En comparación con el uso de concreto para la construcción de vivienda, en términos generales el panel es más económico, fácil y rápido de construir, ya que no requiere del uso de cimbras, aunque en la construcción de vivienda, por ejemplo la de interés social, recientemente se han desarrollado sistemas constructivos que tienden a disminuir costos mediante el uso de cimbras metálicas que permiten el colado monolítico de las viviendas en un tiempo muy reducido.

Ciertamente el concreto tiene mas ventajas sobre el panel asociadas con la mayor resistencia ante cualquier tipo de sollicitación de carga, mayor durabilidad, no tiene limitaciones en cuanto a altura o claros libres ya que se pueden construir aberturas con el ancho y la altura que se desee; generalmente los elementos de concreto son más robustos y tienen un mejor comportamiento, también es un buen material aislante del ruido y el calor. Ambos sistemas requieren de un control de calidad permanente, pues su resistencia se ve afectada por las operaciones de mezcla, colocación y curado.

Del diseño de piezas estructurales (vigas) obtenidas analíticamente, se puede concluir que tanto la memoria de cálculo del fabricante como el RCDF nos arrojaron prácticamente los mismos valores en el análisis por cortante.

Pero el RCDF recomienda una menor separación de estribos que la memoria de cálculo del fabricante, lo cual proporciona una mayor capacidad a cortante y un comportamiento más dúctil de la viga.

En el análisis por flexión para vigas los resultados obtenidos utilizando la memoria de cálculo del fabricante y el RCDF no fueron tan semejantes, existiendo diferencias debido a que el fabricante hizo el análisis considerando una sección sólida, lo cual incrementa el área de concreto que se tiene en la zona de compresión, dando una sobreestimación de la capacidad a flexión, una vez que se tomo en cuenta que la sección no es una sección completamente sólida, sino que en la parte central tiene un hueco y que se calculó el verdadero aporte de esta sección, se obtuvieron valores menores de la resistencia a flexión.

Para el diseño de muros por cortante se obtuvieron valores más grandes cuando se utilizó el RCDF que cuando se hizo el análisis con la memoria de cálculo del fabricante, y cuando se hizo la revisión por carga axial los resultados fueron parecidos en ambos casos.

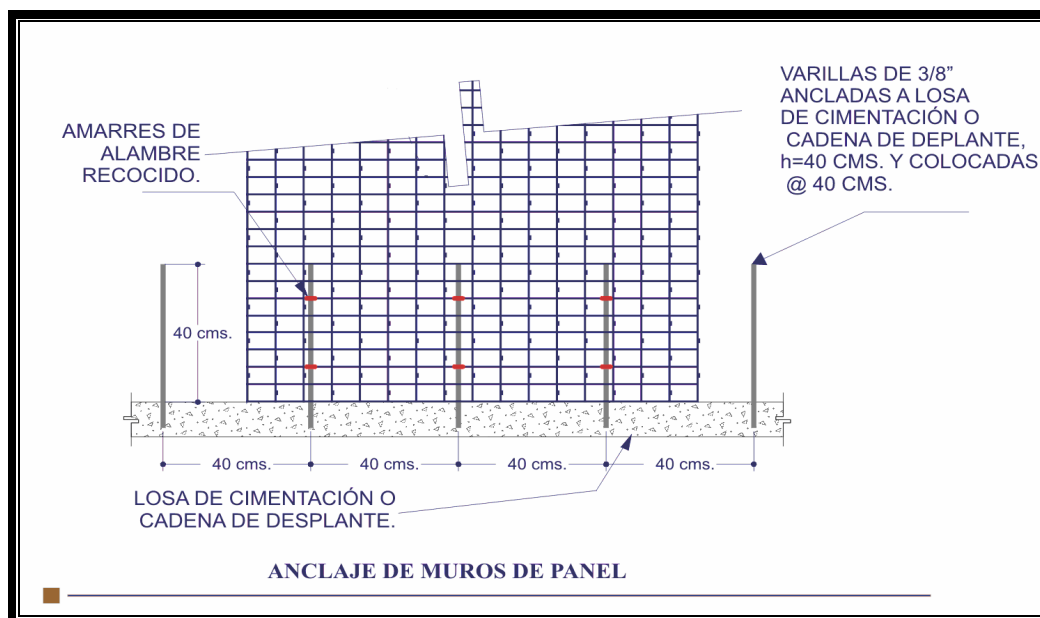
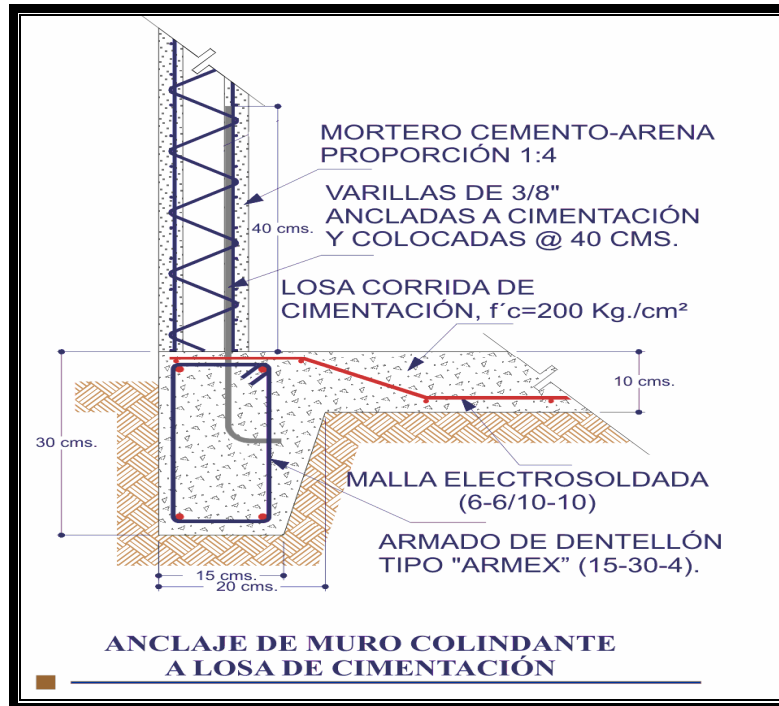
Del estudio experimental sobre el comportamiento estructural de paneles, observamos que en todas las pruebas (Carga Axial, Carga Lateral) siempre la primera fue realizada anclado simplemente el panel sobre el marco de carga correspondiente, en la segunda se adicionó algún tipo o repellado.

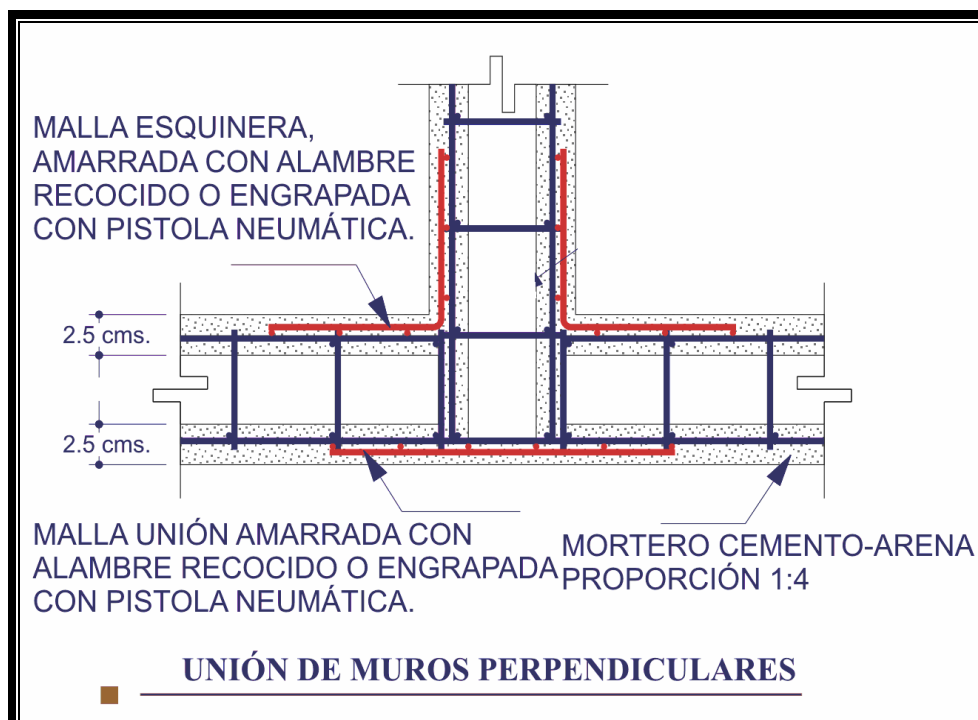
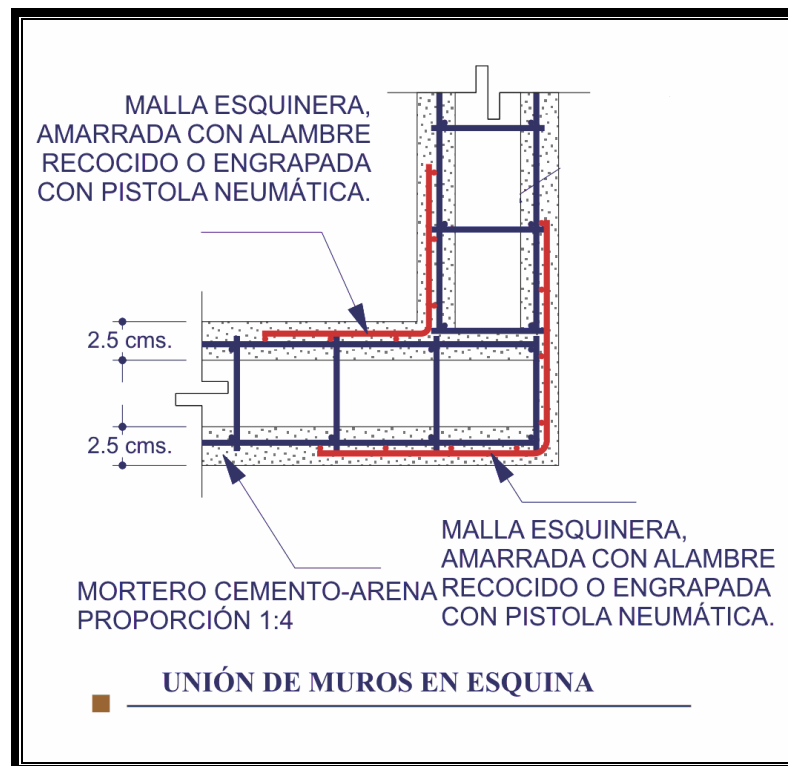
En las pruebas ante carga axial, se observó un incremento sustancial de un 55.6% de resistencia entre la primer prueba y la segunda ya que esta contaba con 1cm de repellado en ambas caras.

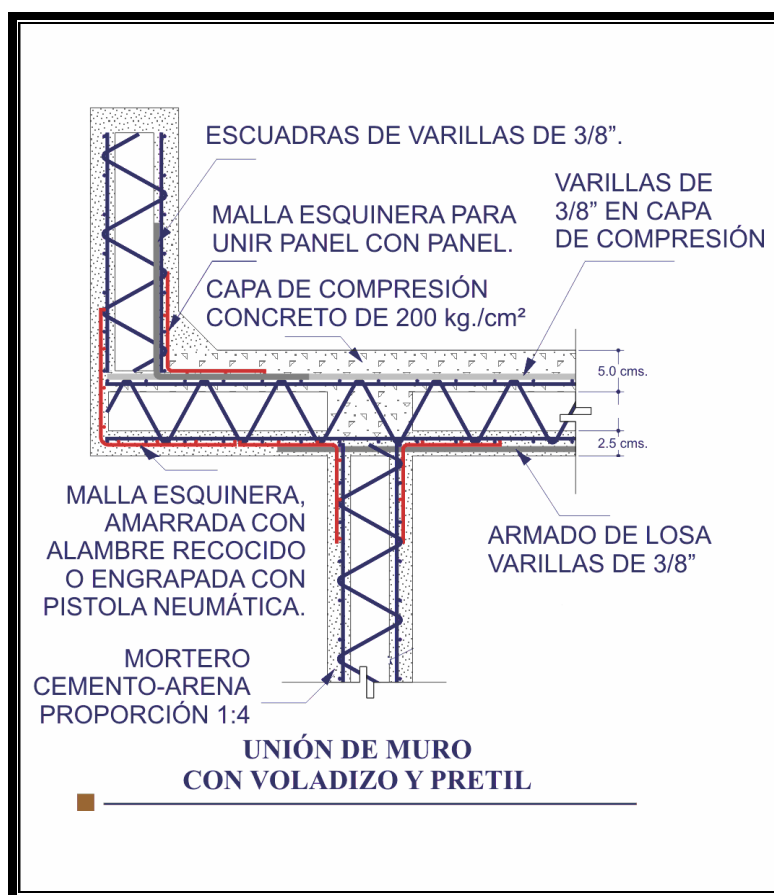
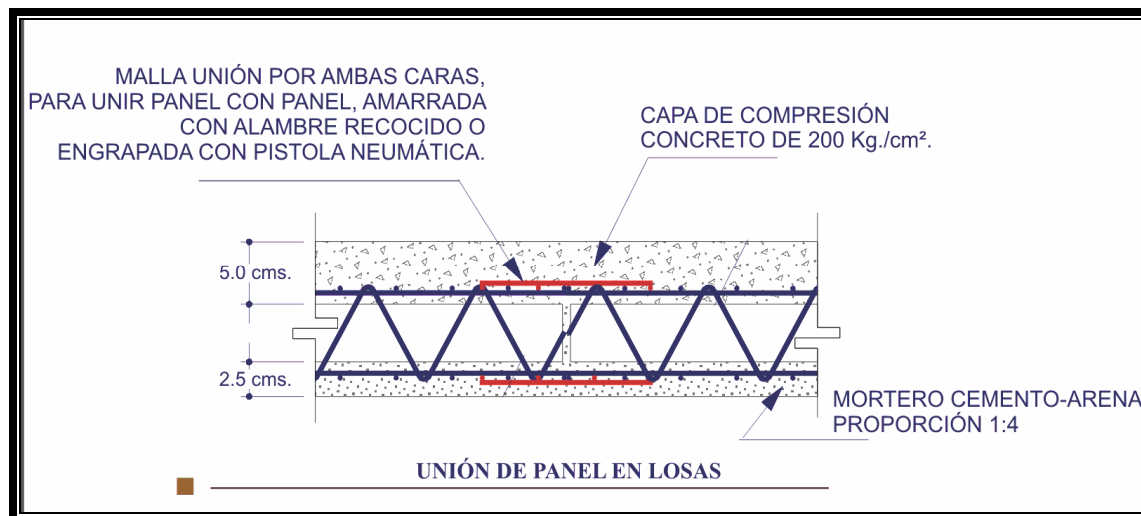
Las pruebas ante cargas laterales se hicieron de manera similar, en cuanto a la adición y colocación del repellado, la única diferencia fue que el repellado fue de 2cm de espesor, en estas se encontró que la primer prueba tuvo un comportamiento pobre ya que las deformaciones fueron excesivas, además de que la capacidad ante carga vertical fue poca, esto debido a la propia naturaleza del panel; En la segunda prueba se tuvieron menores deformaciones, y un aumento en la capacidad de carga lateral de un 60%, esto debido a la adición de rigidez proporcionada por el repellado.

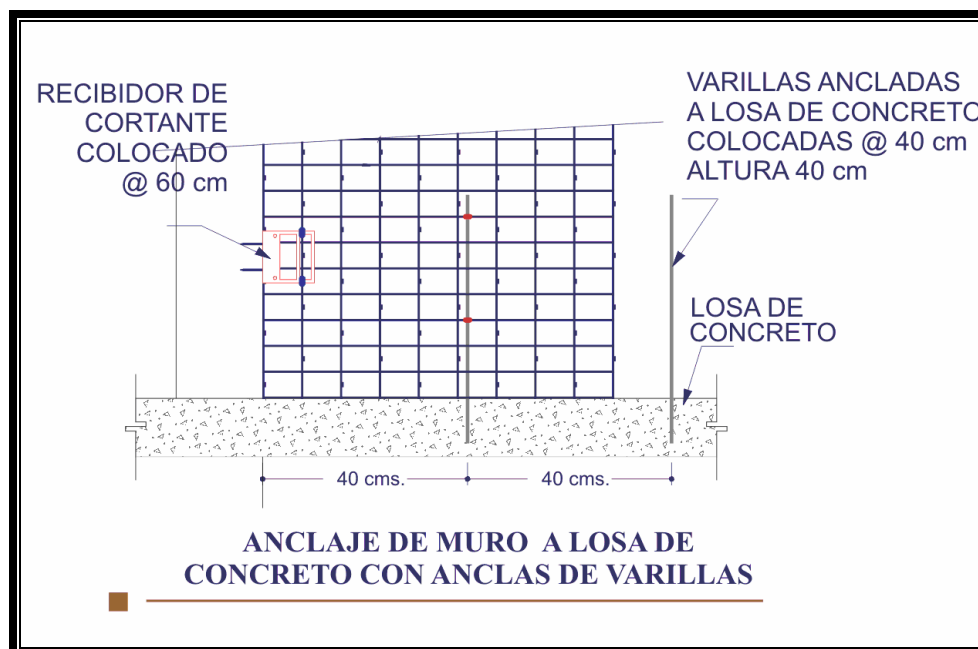
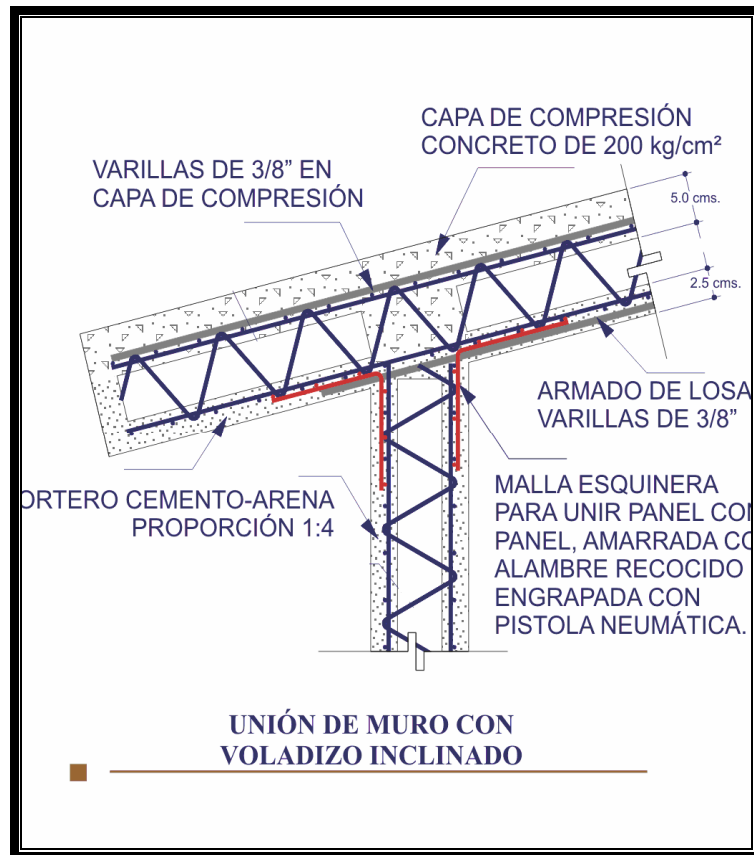
En resumen comparado con otros sistemas estructurales, a base de acero, de mampostería o de concreto, el panel estructural solo puede competir en la construcción de vivienda de poca altura, ya que su construcción, transporte, colocación, armado y acabado es más y económico que cualquiera de los otros sistemas. En cuanto a resistencia solo se le puede comprar con la mampostería, porque el acero y el concreto producen sistemas mucho más resistentes.

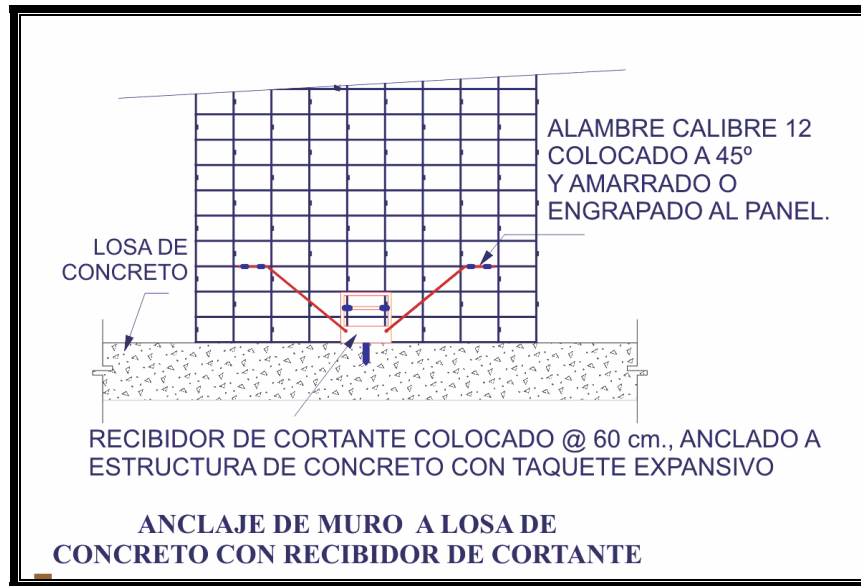
ANEXO 1. DETALLES CONSTRUCTIVOS











REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

González, Cuevas Oscar M. Robles. "Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado", 3ª edición, Editorial Noriega, México D.F., 2000.

Chacón, Francisco. "Análisis Estructural", Facultad de Ingeniería, México D.F. 1978.

Oscar de Buen L. "Estructuras de Acero Comportamiento y Diseño",. Editorial LIMUSA S.A. de C.V, México D.F. 1980.

Covintec, MURO-LOSA. "Memoria de Cálculo y Folleto de Especificaciones".

Sainz Suárez, Alejandro. "Análisis Experimental de Paneles de Manufactura Trabajando como Elementos Resistentes", Tesis de Licenciatura. UNAM. México 1994.

Traslosheros Frías Julio "Estudio Exploratorio para Determinar la Resistencia a Compresión de Paneles Aligerados Reforzados con Mallas", Tesis de Licenciatura. UNAM. México 1995.

Soto, Rodríguez Héctor. Diseño de Estructuras Metálicas. Volumen 1. México Noviembre 2000.

"Comentarios y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería", Facultad de Ingeniería, México enero 1992.

"Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto", Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal, México. 2004.

Popov, E "Introducción a la Mecánica de sólidos", LIMUSA S.A. de C.V., México, 1992.