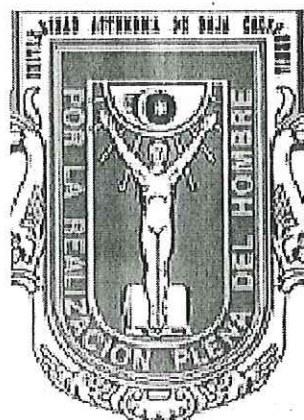
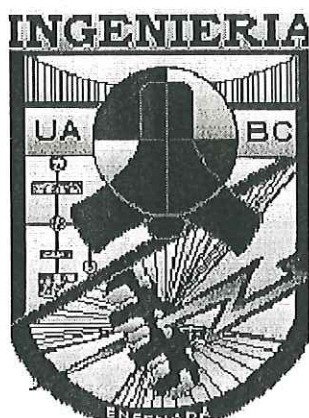


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA



“ MANUAL DE CONSTRUCCIÓN PARA EDIFICIOS TILT-UP ”

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil presentan:

GUILLERMO RODRÍGUEZ LÓPEZ
HÉCTOR HALE OLIVAS

Ensenada Baja California, México. Diciembre de 2003.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA**

“ MANUAL DE CONSTRUCCIÓN PARA EDIFICIOS TILT-UP ”

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil presentan:

**GUILLERMO RODRÍGUEZ LÓPEZ
HÉCTOR HALE OLIVAS**

Aprobado por:



Ing. Felipe de Jesús Pérez Blanco
Director de Tesis



Ing. Rene Martínez Zabateny
Director Externo de Tesis



Ing. Pablo Rosseau Figueroa
Sinodal



Ing. Alberto Parra Meza
Sinodal



Ing. Herminio Estrada Alvarado
Sinodal

Ensenada Baja California, México. Diciembre de 2003.

DEDICATORIA

A mis padres **ALICIA Y GUILLERMO** por su cariño y apoyo que siempre me han brindado y por darme la gran oportunidad de poseer una profesión.

A mi esposa **LUPITA** por su gran ayuda incondicional y por todas las horas dedicadas en la elaboración de ésta tesis.

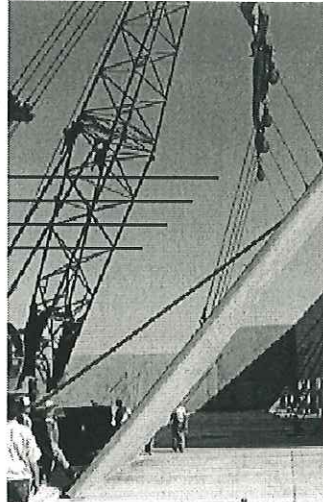
A mi hija **AHARA** por su amor y por ser una motivación en mi vida.

A mis hermanos, **IVÁN, SORAYA y KARLA** por los tristes y felices momentos que hemos compartido en nuestra vida.

A mis familiares que me han ayudado en incontables ocasiones en el transcurso de mi vida.

A mis **MAESTROS** por transmitirme sus conocimientos a lo largo de mi estancia en la institución.

A los miembros del comité de tesis, a mis Directores de Tesis y a los Sinodales por la revisión de ésta tesis.



PROLOGO

En los últimos cien años la tecnología se ha desarrollado exponencialmente, por lo que hoy en día el mundo se encuentra completamente comunicado. Gracias a las telecomunicaciones podemos hacer negocios desde nuestra casa (ya no es necesario viajar por el mundo) y el dinero electrónico esta supliendo a los cheques ordinarios. Es también gracias a los avances de la ciencia que existen nuevos materiales para construir, los cuales requieren de la inovación de métodos constructivos. El método constructivo denominado Tilt-Up, en sí, tal vez no sea un método nuevo, como lo veremos más adelante; más sin embargo, gracias al desarrollo tecnologico en la calidad de los concretos, aceros, y equipo de construcción, éste método constructivo se ha convertido en una alternativa nueva de construcción con varias ventajas tanto para el constructor como para el propietario del edificio.

Esta tesis tiene como finalidad analizar y comentar las recomendaciones básicas en lo relativo al procedimiento constructivo en el sitio de la obra, la secuencia del izaje, la seguridad en la obra, tipos de acabados, conexiones de techumbre, análisis de izaje, apuntalado temporal, cargas que afectan a los muros, especificaciones de proyecto, cálculo de los muros así como recomendaciones estructurales.

Tomando en cuenta las recomendaciones contenidas en ésta tesis, se ruducirá la necesidad de experimentar problemas "nuevos" en el sitio de trabajo. En el presente trabajo se comentan las cinco principales fases para construir un exitoso edificio de tilt-up: *diseño, planeación, construcción, izaje y acabados finales.*

Es importante tener en mente que éste es un manual que nos permitirá entender los principios constructivos y de diseño de un edificio Tilt-Up, más sin embargo no debemos de olvidar la responsabilidad civil que conlleva el diseño y construcción de una estructura, por lo que antes de diseñar y construir será necesario asesorarse con gente con experiencia en este método constructivo.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCION

¿ Qué es el Tilt-Up ?	2
Historia	2
El mercado del Tilt-up	4
Las ventajas del Tilt-up	4
Las desventajas del Tilt-up	5
El Tilt-up vs el uso del block común	5
Los edificios de hoy	5

2 CONSIDERACIONES PREELIMINARES

El sitio de trabajo	6
¿ Se debe edificar usando el método de Tilt-up ?	6
Las dimensiones óptimas de un edificio Tilt-up	7
Plataforma de trabajo	7
Tamaños y formas de muros	8
¿ Existen suficientes espacios para el colado de los muros?	8
Consideraciones estructurales	9
Como estimar el espesor de un muro	10
El modulado de los muros	11
Compuestos de curado y desencofrantes	11
Accesorios de izado	12
Los planos de construcción y las especificaciones	12
Acabados en los muros	12
¿ Cómo se unen los muros ?	13

3 CIMENTACIONES Y PISOS

¿Cuál debe de ser el espesor de una losa ?	14
El refuerzo en losas	15
El concreto	16
El agrietamiento de las losas de piso	17
Es esencial una base bien compactada	18
Juntas de control de fisuras	18
Espaciamiento entre juntas	19
Trazado de las juntas	19
Curado	20
Fisuras superficiales	20
Tamaño de grietas	21
Como medir el ancho de una grieta	21
Pandeo o alabeo de losas	21
Algunos otros problemas que presenta una losa	22
La perfecta losa de pisos	22
El sistema de cimentación	23
La secuencia de la construcción	24

Zapatas interiores	25
Las cimentaciones y los muros	25
Especificaciones de concreto para cimentaciones	26

4 LOS MUROS

¿ Existe suficiente espacio para colar los muros ?	29
¿ Dónde colar los muros ?	29
Croquis de los muros	30
Preparando la superficie para colar	30
El cimbrado perimetral de los muros	30
Cimbrando puertas y ventanas	31
Colocando tiras de apariencia en los muros	31
Usando molduras de plástico	32
Fijando los soportes de techumbre	32
¿ En qué tiempo se cimbra un muro ?	32
El desencofrante antes que todo	33
Tipos de desencofrantes	33
Revisando la cimbra antes de colar	34
Colocando el acero de refuerzo y los accesorios de izaje	34
El acero de refuerzo recomendado	34
¿ Cómo se coloca el acero de refuerzo ?	35
Código para calcular el acero de refuerzo	35
Instalando los insertos de izaje e insertos para los puntales	35
Revisando el acero antes de colar	36
Colando los muros	36
El colado	37
El concreto	37
El bombeado de concreto	38
El izamiento y apuntalamiento de los muros	38
El día de la verdad	38
Seleccionando la grúa	38
Planeando la erección de los muros	38
Acerca de las grúas	39
Los accesorios de izamiento	41
Apuntalando los muros	42
Contrafuertes de rigidez	43
La secuencia de izado	43
Tolerancias	44
Fisuras en los muros	45
Problemas en el izamiento	45
Algunos problemas y remedios	46
Conexiones y toques finales	47
Traslape de varillas de cerramiento	47
Removiendo los puntales	48
Resanando la superficie exterior	48
El calafateo de juntas entre muros	48
El sandblasteo	50
Pintura	50

5 INGENIERIA PARA TILT-UP

Introducción al diseño de un edificio de Tilt-up	51
Código de construcción para edificios de Tilt-up	51
Programa de pruebas de relaciones de esbeltez en muros	52
Consideraciones básicas en el diseño de un muro Tilt-up	52
La deflexión en los muros	53
El "efecto p-delta"	54
Las fuerzas que actúan en un muro Tilt-up	54
La fuerza del viento	55
Introducción al diseño sísmico	55
Requerimientos para diseño sísmico	55
Combinación de cargas	57
Combinación de cargas factorizadas	57
El concepto de sobrerresistencia para diseño sísmico en uniones	57
El objetivo del diseño sísmico	58
¿Cómo estimar el ancho de un muro?	58
El refuerzo mínimo en un muro	58
El recubrimiento del acero de refuerzo	59
Aberturas en los muros	59
Muros cortos actuando como columnas	64
Conexión de muros y losa de piso	65
Muros de cortante	65
Distribución del cortante en lo largo de los muros	67
Diseño de mochetas	67
El cortante en los extremos de un muro de cortante	67
Conexiones de colector de cortante	68
Desalineamiento permisible en la parte superior de los muros	68
El pandeo de muros debido a cambios de temperatura	68
Muros reteniendo tierra	68
Edificios Tilt-up de varios niveles	69
La cimentación debajo de los muros	69
Consideraciones durante la construcción de la cimentación	69
Muros doblemente armados	64
Conectores para vigas en la pared	64
Conexiones sísmicas para la estructura de techumbre	64

¿Qué tan seguros son los edificios de Tilt-up?	70
La ingeniería en el izado de muros	70
El diseño de los puntales	73
Recomendaciones finales generales	73
Ejemplo 1	74
Ejemplo 2	79

6 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Especificaciones generales	94
Especificaciones de materiales	95
Especificaciones de obra	97

7 DETALLES CONSTRUCTIVOS

Detalles constructivos	100
------------------------	-----

8 SERVICIOS Y PRODUCTOS PARA TILT-UP

Servicios y productos para Tilt-up	134
------------------------------------	-----

9 ANEXOS

El concreto en clima caluroso	143
Tolerancias para muros Tilt-up	147
Formulario	148
Fallas sísmicas activas en California	149
Mapa de riesgo sísmico en California	150
Área de acero en mochetas de un pie	151
La estabilidad de un edificio Tilt-up	152

BIBLIOGRAFÍA	153
--------------	-----

1

INTRODUCCIÓN

¿QUE ES EL TILT-UP?

El termino Tilt-up fue usado por primera vez a finales de los años 40's para describir un nuevo método para construir paredes de concreto de una forma más rápida y económica sin la necesidad de utilizar el cimbrado vertical tradicional.

En general se puede hablar de dos fases constructivas: primero las losas de concreto que formaran los muros son colados horizontalmente sobre la losa de piso del edificio. Una vez que éstas adquieren la resistencia necesaria son levantadas por medio de una grúa móvil y son puestas sobre la cimentación preparada previamente, formando así los muros perimetrales del edificio.

Aunque el método, anteriormente descrito, es usualmente conocido con el termino de "Tilt-Up", también es llamado "tilt-wall" y en algunos documentos técnicos como: (site-cast precast concrete walls) "Paredes precoladas y puestas en sitio". Sin embargo "Tilt-Up" es el término comúnmente aceptado.

Estos muros de concreto pesan normalmente más de 40 toneladas y tienen un espesor de 6" a 8" (152mm - 200 mm). Para la construcción de los mismos se necesita muy poca cimbra ya que para dar forma al muro solamente se requieren fronteras perimetrales que retengan y den forma al

concreto. Una vez que éstos han adquirido su resistencia, normalmente de 7 a 10 días, una grúa móvil es llevada a la obra para erguir los muros y colocarlos sobre las zapatas previamente construidas. Entonces los paneles izados son temporalmente apuntalados. Enseguida se construyen los techos, uniendose estos a los muros, para así darle la forma definitiva al edificio.

HISTORIA

Tal vez el origen de este método constructivo se desarrolló hace 2,000 años, cuando un constructor romano anónimo descubrió que sería más fácil colar una losa de concreto sobre el piso para después ser erguida y colocada en su posición final; en vez de cimbrar ambas caras del muro verticalmente, colarlo y después decimbrarlo.

El Tilt-up como lo conocemos actualmente evolucionó paulatinamente con el avance de las nuevas técnicas desarrolladas en la construcción de estructuras de concreto. Sin embargo la gran ventaja para el uso de este método tuvo que esperar a que se desarrollara el uso del concreto reforzado, el cual fue empleado a principios de siglo.

Uno de los pioneros en el uso de paredes de concreto reforzado, coladas horizontalmente y erguidas en sitio fue Robert Aiken, quien en 1908 construyó varios edificios usando gatos o grúas para levantar éstos muros. Uno de los edificios



Fig. 1.1 Construcción de Edificio Tilt-UP de 5,000 metros cuadrados, para electrónica "Levitz", en parque industrial ubicado en El Sauzal de Rodríguez, Ensenada B.C. México.

construidos fue una bodega de 2 niveles en Campo Logan, Illinois; también construyó la iglesia metodista en Zion, Illinois. Este nuevo método constructivo causó admiración entre los constructores y no constructores de aquellos años a tal grado que hasta el mismo Thomas Alba Edison patentó una técnica constructiva muy similar.

Más sin embargo, éste método se popularizó hasta la aparición de un elemento clave que revolucionó la fabricación de estos muros en una forma mucho más rápida, económica y segura: *la grúa móvil*. Estas grúas aparecieron a finales de los años cuarenta. Otro gran avance tecnológico fue la introducción y el uso masivo del concreto premezclado en plantas.

Cuando el uso de estos dos elementos clave se generalizó, este método constructivo se extendió rápidamente. Su uso comenzó en el sur de California, el cual es considerado como el lugar del nacimiento del Tilt-up. Actualmente los edificios construidos con este método se pueden encontrar en casi todos los estados de Estados Unidos. Su uso también se está expandiendo internacionalmente. En 1958 el ingeniero consultor F. Thomas Collins, quien había diseñado ya varios edificios por este método, publicó el primer manual de Tilt-up titulado: "Construyendo con Tilt-up".

Todas las tecnologías son mejoradas por el hombre con el tiempo y el Tilt-up no puede ser la

excepción. En los últimos 45 años ha habido grandes avances de vanguardia: mejoras en técnicas de cimbrado de fronteras, erección de muros, juntas de expansión y en accesorios. Pero los avances más significativos han sido los logrados a través de los diseños arquitectónicos creativos y a la aplicación de este método constructivo en edificios de varios niveles.

Por otro lado, la investigación y desarrollo del cálculo de estas estructuras han permitido el mejor entendimiento del comportamiento de las mismas, lo cual ha llevado a que los diseños sean más económicos, seguros y al mismo tiempo a la creación y desarrollo de nuevas consideraciones de cálculo, diseño y construcción.

Actualmente se estima que alrededor de 200,000 edificios han sido construidos con éste método (hasta enero de 1998), sumando aproximadamente 560 millones de metros cuadrados de construcción; la mayoría de estos edificios oscilan entre los 930 M² a 5,600 M² (ver figura 1.3 y 1.4).

Como un dato interesante cabe mencionar el impacto económico que éste método refleja en las empresas conreteras, ya que solo en 1995, en los Estados Unidos, más de dos millones de yardas cúbicas (1.7 millones de metros cúbicos) se usaron para la construcción de edificios usando este método constructivo.

EL MERCADO DEL TILT-UP

En Estados Unidos el 10% de los edificios no residenciales están contruidos por medio de éste método constructivo; el Tilt-up esta siendo cada vez más usado , sin embargo, todavía es necesario hacer publicidad y promover las ventajas de éste método constructivo.

En California el uso del método de Tilt-up es muy común en la construcción de edificios industriales y comerciales de poca altura. En México, por ejemplo, no es muy común el uso de este sistema, por lo que es aquí donde existen grandes oportunidades para la introducción y uso de este método constructivo. Si se construye un edificio con este sistema y se demuestran los beneficios del método, lo más seguro es que otras gentes lo usen y apliquen.

Existen varios métodos constructivos que compiten y no permiten el desarrollo del tilt-up, por ejemplo, en México el uso de block comparado con el método del tilt-up es generalmente más económico, aunque requiere de más tiempo de construcción. Esto se debe a que en México no existe mano de obra especializada para la construcción de éste sistema .

En varios países actualmente el mercado del Tilt-up se esta desarrollando, entre ellos Canadá, Australia y México. Aunque existe poco uso del método en Inglaterra y Europa, las asociaciones del concreto están promoviendo el uso de éste método constructivo es esas zonas.

LAS VENTAJAS DEL TILT-UP

En el mercado de la construcción la competencia es muy fuerte y el uso del Tilt-up se debe justificar cuando las ventajas de su uso sean claras y específicas. Algunas de las ventajas que este método ofrece son las siguientes:

♦ **Economía.** En áreas en donde existe gente capacitada para trabajar con este método - particularmente operadores de grúa expertos- el Tilt-up ha sido más económico que los métodos convencionales de construcción en edificios similares.

♦ **Velocidad de la construcción.** Una vez que la losa de piso fue colada, el tiempo estimado desde que se cuelan los muros hasta que son erguidos, es de aproximadamente entre 4 o 5 semanas.

♦ **Durabilidad.** Debido a las características del concreto la vida útil de estas estructuras es muy alta.

♦ **Resistencia al fuego.** Obviamente el concreto es uno de los mejores materiales inflamables. Por ejemplo una pared de 16.5 cm de espesor tiene un rango de resistencia al fuego de 4 hrs aproximadamente.

♦ **Bajo costo de mantenimiento.** En estas estructuras el único mantenimiento que hay que realizar es la aplicación de pintura en los muros cada 6 u 8 años.

♦ **Bajo costo de aseguranza.** Debido a la alta resistencia al fuego de las paredes la prima por si-

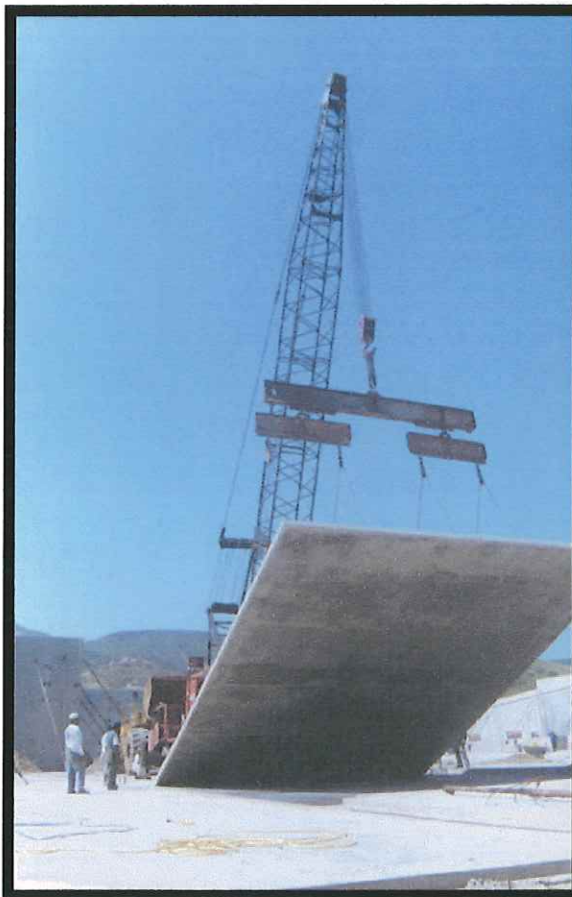


Fig. 1.2 Izamiento de un muro de Tilt-Up.

niestro de fuego es menor que en otros edificios construidos por otros métodos.

♦ **Reducción de costos de aire acondicionado.**

Los muros construidos con Tilt-up rebasan la capacidad térmica de los edificios construidos con otros métodos y materiales.

♦ **Rentabilidad.** Debido a las ventajas mencionadas anteriormente, la construcción de edificios con este método impacta favorablemente la rentabilidad de la inversión.

LAS DESVENTAJAS DEL TILT-UP

♦ Algunos diseños arquitectónicos pueden resultar incosteables debido al alto costo de construcción usando el Tilt-up como método constructivo.

♦ Falta de mano de obra y equipo especializado.

♦ La capacidad de resistencia de algunos suelos no permite el uso de este método debido al peso de los muros (se tendrían queincar pilotes lo que incrementaría el costo significativamente) además de que se necesita de mucho espacio para el colado de los muros y la maniobrabilidad de la grúa durante la erección de los mismos.

♦ Se requiere de mucho cuidado y supervisión en lo referente a la construcción del edificio.

EL TILT-UP VS. EL USO DEL BLOCK COMÚN

Para edificios de menos de 465 M2 la mejor opción es, probablemente, la construcción con el uso del tradicional block, debido a que el costo de

Usos de Edificios de Tilt-Up en E.U. (1998)

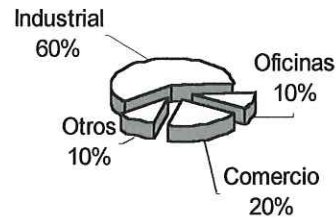


Fig. 1.4 Usos de edificios Tilt-Up.

renta de la grúa podría resultar elevado por la pequeña cantidad de muros a erguir. Además de que el espacio para colar los muros y maniobrar la grúa resulta muy reducido. Si los muros en un edificio tienen una altura libre mayor de 7.0 m, el uso del Tilt-up resulta más económico. Además, los muros de Tilt-up no requieren de impermeabilización en su superficie como en el caso de los muros porosos de block común. Es más rápido construir muros con Tilt-up en comparación con el uso del block común; con el Tilt-Up se pueden fácilmente construir un almacén de 5,600 m² en 4 semanas, desde el cimbrado de los muros hasta el inicio del laminado de techumbre.

LOS EDIFICIOS DE HOY

Actualmente existen edificios impresionantes de Tilt-Up, veamos los siguientes datos:

Los edificios de Tilt-Up más grandes:

- ♦ Bodega de 158,000 m² en Columbus Ohio.
- ♦ Almacén tiendas Target (153,000m²).

El muro más pesado:

- ♦ Para un almacén en San José, California, 128 Ton.

El muro más alto:

28 m de altura para una iglesia en Houston, Texas.

Distribución Geográfica en E.U de Tilt-Up.

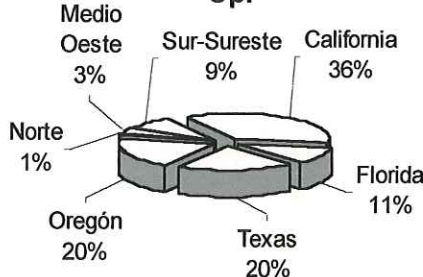


Fig. 1.3 Distribución Geográfica de Edificios en E.U.

2

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

La misma naturaleza del método constructivo del Tilt-up nos obliga a tener en cuenta algunas consideraciones preliminares muy importantes que debemos de tomar en cuenta antes de comenzar cualquier proyecto. La economía en el uso de este método constructivo depende de una buena planeación, ya que el éxito de una etapa constructiva se encuentra en función de la etapa que le precedió. Cualquier error que se cometa quedará plasmado en el concreto, como si fuera un monumento al error; de una planeación depende el evitar al máximo la posibilidad de todo error constructivo.

EL SITIO DE TRABAJO

Antes de iniciar todo proyecto, es necesario tomar en cuenta el sitio donde se construirá el edificio, lo primero que hay que investigar es si el uso del suelo que el gobierno tiene destinado a esa zona permite la construcción del mismo; además, hay que verificar que exista acceso y espacio para maniobrar la maquinaria de construcción necesaria.

Cercar el sitio de trabajo se debe considerar, ya que es muy importante disminuir al máximo el vandalismo y el acceso a gente sin autorización, disminuyendo, con esto, la posibilidad de que ocurra un accidente.

EL ACCESO DE LA GRUA. Es necesario que el contratista recorra el lugar en donde se construirá el edificio para que determine, imaginariamente, el movimiento de la grúa, así como los lugares probables por donde entrará y saldrá la misma.

También es muy importante determinar si el

acceso de la grúa no causará problemas, como el de romper cables de luz o fracturar las losas de la calle debido a su excesivo peso.

INSTALACIONES SUBTERRANEAS. Túneles subterráneos, líneas de agua potable y drenaje, son muy comunes de encontrar en el sitio de trabajo, por lo que es necesario conocer la ubicación de estas instalaciones para prevenir cualquier daño a las mismas debido al esfuerzo que pueden recibir debido al peso de la maquinaria.

INSTALACIONES AEREAS. El cableado eléctrico urbano generalmente resulta un problema en la construcción de edificios de tilt-up, por lo cual es necesario tenerlo presente antes de proyectar.

¿ SE DEBE EDIFICAR USANDO EL METODO DE TILT-UP ?

No todos los edificios de poca altura son recomendables construirlos usando el método constructivo del Tilt-up. No se debe intentar usar caprichosamente éste sistema cuando existen otros métodos diferentes que darán como resultado un edificio igual pero más económico.

Aquí mencionamos algunas preguntas que se deben hacer y que ayudarán a decidir si conviene usar el tilt-up ó no:

¿Son las paredes exteriores completamente lisas y representan al menos el 50% de la superficie total de los muros?

¿La altura promedio total del muro será de menos de 9m? (Esto no es una regla ya que se

pueden construir edificios de mayor altura)

¿Es posible el uso de muros de dimensiones estándar para de esta forma optimizar la producción y el costo de los mismos?

¿Existe suficiente área de piso que permita el colado de los muros? Como recomendación la superficie total exterior de los muros no deberá ser mayor del 80% del área de pisos disponibles. Aunque esto no deberá ser una regla general, ya que más adelante veremos que existen algunas técnicas para resolver el problema de falta de espacio en la losa de piso para colar los muros.

¿Los muros se pueden dividir en secciones cuyo peso no exceda la capacidad de la grúa?

La mayoría de los edificios diseñados para ser construidos con block común pueden edificarse usando el método Tilt-Up. No debemos olvidar, como anteriormente ya lo señalamos, que es un error el construir un edificio de Tilt-Up cuando existe algún otro sistema constructivo que nos resulte más económico.

LAS DIMENSIONES OPTIMAS DE UN EDIFICIO TILT-UP

La mayoría de los contratistas opinan que 465 m² es el área mínima recomendable para la construcción de un edificio con tilt-up. Sin embargo algunos han construido, económicamente, edificios con tilt-up de un área aproximada de 285 m².

El área máxima de un edificio tilt-up no se puede especificar; lo que si podemos afirmar es que conforme el área de construcción aumenta el costo unitario de los muros disminuye, dependiendo, claro, de la complejidad arquitectónica de los mismos.



Fig.2.1 Antes que todo se debe determinar el sitio de trabajo.

PLATAFORMA DE TRABAJO

Losa de piso. La calidad del acabado de la losa de piso es un aspecto muy importante en la construcción con tilt-up. Como los muros son colados sobre la losa de piso cualquier imperfección en ésta se reflejará en el muro.

Juntas. Se deben localizar las juntas de expansión de la losa de piso para evitar que estas dañen la estética de los muros. Las juntas del piso se deben calafatear para así minimizar el daño que estas pudieran causar al muro, ya que éstas imperfecciones en los muros no se pueden ocultar con la simple pintura.

Electricidad y plomería. Se deben hacer planes para ahogar todas las instalaciones en la losa de piso, para así evitar cualquier obstáculo en el movimiento de la grúa y en el colado de los muros.

Hueco de los dados. El hueco dejado para los dados, en donde se asentará una columna, también se pueden usar como cimbra horizontal en el colado de los muros. Esto se puede lograr rellenando el hueco con 3" de arena y vaciando encima una lechada de concreto hasta llegar al nivel del piso (ver detalle #6 de cimentación de columna en

el capítulo 7).

El curado. El curado de la losa es muy importante ya que de una buena aplicación depende el éxito del aditivo usado. El tiempo ideal para aplicar el curado es inmediatamente después de haber dado el acabado final al piso. Es muy aconsejable seguir las recomendaciones del fabricante acerca del tipo de aditivo que se aplicará a la losa.

TAMAÑOS Y FORMAS DE MUROS

Aquí hay algunas consideraciones que hay que tomar en cuenta al determinar el tamaño de los muros y su forma:

♦ Como recomendación, el peso de un muro no deberá exceder las 40 toneladas. Como regla, la capacidad de la grúa deberá ser el doble del peso del muro con mayores dimensiones; las grúas de 80 toneladas de capacidad son las que más comúnmente se usan en la erección de los muros. Cabe mencionar que esta regla puede variar, ya que ocasionalmente se pueden usar muros de más de 40 toneladas, ya sea por efecto arquitectónico o requerimiento estructural. En el caso de muros con un excesivo peso se pueden usar dos grúas para la erección de los mismos.

♦ El peso de un muro se obtiene multiplicando su área por su espesor y por el peso volumétrico del concreto, si el muro tiene ventanas y puertas, estas áreas se deben de restar.

♦ Los muros rectangulares son los más económicos.

♦ Las puertas y ventanas se deben poner a más de 46 cm de cualquier orilla del muro.

♦ Los muros en forma de "L" se deben evitar, si es posible, ya que requieren de ciertos cuidados para su erección.

¿ EXISTE SUFICIENTE ESPACIO PARA EL COLADO DE LOS MUROS?

Es importante tomar en cuenta esta cuestión, ya que si no existe suficiente espacio para el colado de muros en forma continua, el costo de la obra se incrementará.

Generalmente, por lo menos el 20% del área de la losa de piso se usa para el movimiento de las ollas revolvedoras y la grúa, por lo que por regla general los muros no deberán de ocupar más del 70% u el 80% del area total de los pisos. Para determinar el área total de los muros, se debe multiplicar el promedio de la altura de los muros por el perímetro del edificio; después se debe de dividir el resultado entre el área total de los pisos para obtener la fracción de piso ocupado por los muros. Es importante tomar en cuenta la franja de cerramiento entre el muro y la losa que se deja para después ser colada y unir a estos; ya que ésta disminuye nuestra área de pisos.

Sin embargo, no es esencial contar con el 70 u 80% del espacio de pisos para poder colar los muros. Como lo comentaremos más adelante, los muros pueden ser colados uno sobre otro ó también se pueden colar sobre una losa exterior, previamente colada para este uso.



Fig.2.2 Grúa de 60 toneladas para el izamiento de los muros .



Fig.2.3 Cimbrado y Armado de un muro de Tilt-Up.

La resistencia a estas dos fuerzas por el elemento esta en función del espesor y del acero de refuerzo. Las fuerzas que determinan generalmente el espesor y cantidad de acero del refuerzo del muro son las fuerzas laterales debidas al viento, sismo y el izaje.

La carga del viento varía dependiendo de la zona geográfica y del reglamento de construcciones local. La carga de diseño por viento puede variar desde 73 Kg/m² hasta 195 Kg/m².

La carga por sismo se calcula tomando en cuenta un porcentaje del peso del muro y sobre todo los coeficientes sísmicos

CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

Aquí mencionaremos algunos conceptos básicos acerca de como trabajan los muros estructuralmente y de como ellos conforman el sistema estructural. Es muy importante que antes de diseñar cualquier edificio se tengan los conocimientos estructurales básicos, para así ahorrarnos muchos problemas al estructurar la idea arquitectónica del edificio.

Los muros soportan fuerzas desde dos direcciones:

Fuerzas Verticales. Debidas al peso mismo del muro y a las cargas muertas y vivas del techo, lo que ocasiona que el muro tienda a pandearse como si fuera una columna, o que sufra un sobre esfuerzo a compresión. Entre más delgado sea el espesor del muro, la tendencia al pandeo del mismo será mayor debido a la relación de esbeltez del elemento (como se verá más a detalle en el capítulo 5).

Fuerzas Laterales. Debidas a las fuerzas del viento y de sismo las cuales tienden a pandear los muros; para resistir este pandeo el muro trabaja como una viga simplemente apoyada en dos puntos, los cuales son usualmente el piso y la estructura del techo.

de la zona sísmica en donde se edificará. En México el riesgo sísmico se divide en cuatro zonas designadas con las letras de la A la D en orden creciente de riesgo sísmico. El riesgo sísmico depende esencialmente de la distancia a la zonas de falla y al tipo de suelo. Una zona donde se generan gran cantidad de sismos es en la costa del pacifico frente a los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Deben tenerse ciertas precauciones al emplear mapas de regionalización como el mencionado, ya que la subdivisión es forzosamente burda y en una misma zona pueden quedar incluidos sitios de riesgo sísmico significativamente distintos. También hay que estar consciente de que los grados de riesgo sísmico varían de un país a otro y que por ejemplo, la zona sísmica "B" de México no necesariamente tiene el mismo riesgo que la identificada también como zona "B" según alguna regionalización sísmica de los Estados Unidos.

Para el estado de California-(Dentro de la zona 4)- se debe utilizar el 30% del peso del muro como fuerza horizontal sísmica (o más en algunos casos). Esto significa 98 Kg/M² para un muro de 14 cm de espesor y 146 Kg/M² para uno de 20cm de espesor. En zonas de alto riesgo sísmico, el

viento es generalmente menos crítico que la carga por sismo, pero no siempre esto es así.

En zonas de alto riesgo sísmico las conexiones entre la estructura de techumbre y muros es muy importante. Numerosos colapsos de la estructura de techo han ocurrido en la presencia de sismos y esto es debido a la falla de estas conexiones.

El acero de refuerzo se coloca en el eje del muro debido a que el muro debe resistir las fuerzas horizontales actuando en ambos sentidos. En donde existen concentraciones de esfuerzos, como

nos dará 48. Entonces por cada 1.2 m de claro de muro el espesor del mismo requiere de un incremento de 2.5 cm, o dicho de otra forma, usando el sistema ingles, un cuarto del claro en pies es el espesor requerido en pulgadas. Por ejemplo para un muro con una altura libre (del piso al techo) de 24 ft (7.3m) se requerirá que tenga un espesor de 6" (150mm). (En sistema internacional, multiplica la altura en metros por 26 para encontrar el espesor de los muros en milímetros). Recuerden que esto es solo una aproximación burda de cálculo, el diseño y cálculo detallado será quien determine el espesor exacto del muro (como lo veremos más adelante).

AREA NETA PARA MURO DE 40 TONELADAS					
<i>Espesor del muro en Pulgadas</i>	5 1/2"	6.0	6 1/2"	7 1/4"	8.0
<i>Peso(Lb)/Pie Cuadrado</i>	69.0	75.0	81.0	91.0	100.0
<i>Area máxima (Ft2)</i>	1160.0	1070.0	990.0	880.0	800.0

en las conexiones de las vigas o alrededor de las aberturas para ventanas y puertas, el refuerzo se coloca en ambas caras para proveer mayor rigidez y resistencia de la estructura.

Entre los calculistas de tilt-up es muy frecuente escuchar hablar acerca del efecto "P-delta"; suena misterioso, pero es muy simple, la "P" se refiere a la fuerza vertical de techumbre actuando en el muro, y la "delta" a la deflexión horizontal ocasionada en el muro debido a la excentricidad de la carga con respecto al eje del muro.

También es común oír hablar de la relación h/t. Esta es la relación entre la altura libre del muro y el espesor del mismo. Por altura libre entendemos el claro entre apoyos, la cual es generalmente la distancia entre la losa de piso y la estructura de techumbre. Esta relación es muy importante ya que el espesor del muro esta en función de su relación de esbeltez, la cual a su vez esta en función del claro libre.

COMO ESTIMAR EL ESPESOR DE UN MURO

Generalmente la relación h/t, después de terminar los cálculos necesarios, estará entre 44 y 52. Tomemos un promedio de éstos dos, lo que

Tabla 2.1 Tabla para cálculo d áreas de muro por limitación de peso.

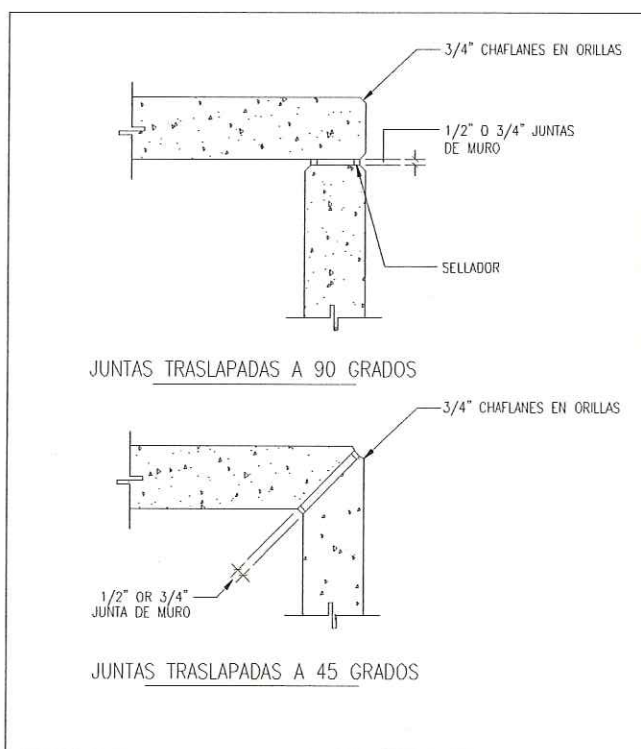


Figura 2.4 Traslape en Esquinas a 45 y 90 grados.

EL MODULADO DE LOS MUROS

Este es uno de los pasos más importantes en el diseño de un edificio tilt-up. Por modulado se entiende la forma de los muros y la cantidad necesaria para formar el edificio, la ubicación y las juntas entre ellos.

Es recomendable que el arquitecto se coordine con el ingeniero estructurista, ya que él puede resolver ciertos aspectos estructurales al mismo tiempo que se modulan los muros del edificio.

Para modular los muros se debe de hacer un croquis, primero, de donde irán los muros, asegurándose de que cada uno no exceda del límite del peso recomendado; además es recomendable tener en mente las siguientes consideraciones:

- ◆ Cada muro no debe de exceder el área mostrada en la tabla 2.1 (para usar esta tabla es necesario conocer el espesor aproximado, el cual se puede calcular usándo la regla mencionada anteriormente).

- ◆ Se deben evitar el uso de dinteles mayores de 12 m de largo. También se debe de pensar como estarán conectados y apoyados los extremos de los mismos. Los apoyos simples son los recomendados en el uso de dinteles (muros-viga).

- ◆ En caso del uso de vigas, éstas deben de apoyarse en los muros, teniendo cuidado de que la carga transmitida por la viga a los muros se distribuya entre ellos.

- ◆ No se deben de dejar espacios para puertas y ventanas al final de los muros, debido a que las pequeñas variaciones entre la unión de los dos dificultarían el montaje de puertas y ventanas más aún si estas son prefabricadas. Se recomienda dejar los espacios para ventanas y puertas en la parte intermedia de los muros.

- ◆ Se deben dejar al menos 45cm de espacio entre aberturas para puertas, ventanas y entre una abertura y la orilla del muro. Esto permite espacio suficiente para la colocación del acero de refuerzo extra que se debe colocar en los extremos de las aberturas para soportar los esfuerzos debido a la

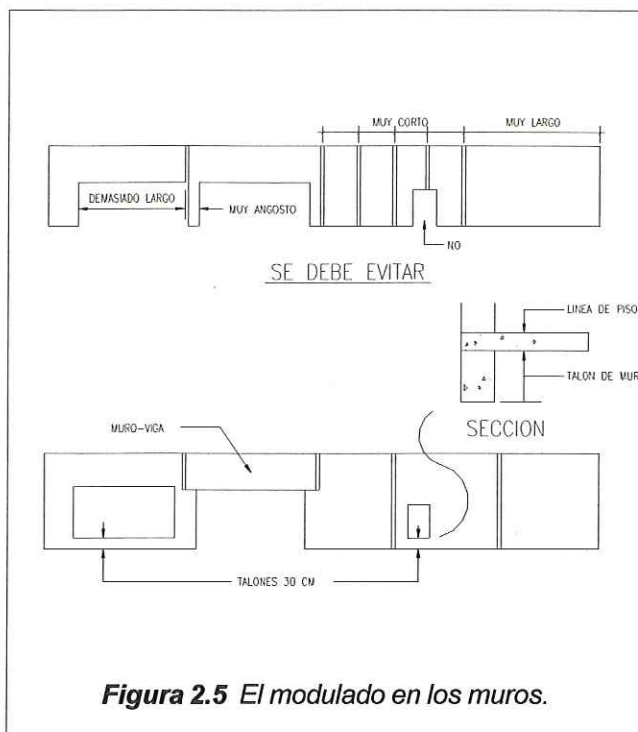


Figura 2.5 El modulado en los muros.

erección y a las cargas laterales.

- ◆ La parte inferior de los muros normalmente se extiende 30cm por abajo del nivel de la losa de piso, aunque debido al desnivel entre la losa de piso y el nivel exterior esta distancia puede aumentar. Las aberturas para puertas se deben extender 10 cm debajo del nivel de piso, para que cuando se cuele el cerramiento de éste, en la parte inferior de la abertura para puerta quede suficiente espacio para darle un buen acabado al mismo.

- ◆ Se debe decidir si las esquinas van a estar unidas a 45 grados o si se traslaparán en escuadra. La segunda forma es la más común y más barata, se debe definir previamente cual de las dos topa. Esto es importante para el dimensionamiento de los muros. (Ver figura 2.4)

COMPUESTOS DE CURADO Y DESENCOFRANTES

Todo desencofrante (líquido que evita la unión entre dos elementos de concreto) y compuesto para curado debe cumplir con las normas del ASTM-C-309. Una selección adecuada, así como la aplicación correcta de los mismos son esenciales para el éxito de un proyecto de tilt-up.



Fig.2.6 Apuntalamiento de Muros Tilt-Up

Estos aditivos deberán reunir las siguientes características:

- ◆ Buena calidad de curado.
- ◆ Una calidad excelente desencofrante.
- ◆ Calidad en el secado.
- ◆ Apariencia de limpieza.
- ◆ Compatibilidad en los acabados finales en el muro (pintura, sellos y adhesivos).

Es recomendable usar la misma marca de producto para material de curado y desencofrante; la compatibilidad entre ambos es crítica.

ACCESORIOS DE IZADO

Los proveedores de estos accesorios ofrecen una gran variedad en tipos y tamaños de insertos. Antes de construir o diseñar cualquier edificio, el ingeniero deberá consultar con algún proveedor sobre el tipo de inserto a usar.

LOS PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS ESPECIFICACIONES

Todos los planos deberán ser lo más detallado posible, éstos deberán incluir:

- ◆ Identificación del muro.
- ◆ Todas las dimensiones posibles.
- ◆ Deben especificar todas las características físicas incluyendo el peso del muro.
- ◆ La cantidad y forma de refuerzo.
- ◆ La localización exacta de los insertos.
- ◆ Especificar los acabados en los muros.
- ◆ La información necesaria acerca de los puntales. (ver capítulo 6 para una información más detallada).

ACABADOS EN LOS MUROS

Los primeros edificios de tilt-up tenían un acabado muy simple y económico: ninguno. Simplemente eran erguidos y colocados en su lugar; con el paso del tiempo se han ido aplicando diferentes acabados, como pintura, acabados con arena y gravas, molduras de madera, sandblast, entre otros tipos de acabados.

A continuación se mencionan algunos acabados en muros, en orden de incremento de costo:

PINTURA

Este es el acabado mas común y económico. Se recomienda usar 2 capas. Colores mas oscuros requerirán de tres capas. La pintura acrílica es

comúnmente la más usada.

ACABADOS APARENTES

Todos los muros pueden tener un acabado aparente, esto se logra con formas de madera puestas en el muro antes de colarlo.

SANDBLAST

Esto se logra exponiendo al muro a una ráfaga de aire a presión mezclado con granos finos de arena. Dependiendo de la penetración de lo mismos, los acabados se clasifican en: ligeros, mediaños y pesados.

ACABADOS CON PIEDRAS

Estos son los mas caros debido al costo de la mano de obra, estos acabados consisten en pegar piedras o elementos prefabricados sobre los muros.

¿COMO SE UNEN LOS MUROS ?

Los muros son puestos en su lugar y quedan unidos extremo con extremo quedando una pequeña abertura entre ellos, la cual es calafateada y sellada para evitar la filtración del agua. El ancho de estas juntas, normalmente, es de $\frac{1}{2}$ " (13 mm) para muros de hasta 20 ft (6 m) de altura y de $\frac{3}{4}$ " (19 mm) para muros con mayor altura. También existen selladores que resisten el fuego hasta por cuatro horas. Una correcta selección de estos selladores es importante, ya que deberán soportar la expansión y contracción de los muros.

También, entre los muros, se colocan conexiones estructurales, normalmente ángulos ó soleras, dependiendo de las necesidades de los mismos.

3

CIMENTACIONES Y PISOS

A continuación se mencionan algunos pasos a seguir en el diseño de las losas de piso, las cuales se discutirán a detalle más adelante:

- ♦ Determinar que cargas, probablemente, se transmitirán durante la vida útil de la losa.
- ♦ Determinar el mínimo espesor requerido de losa.
- ♦ Especificar el tipo y características del concreto a usar.
- ♦ Decidir si la losa será armada con varillas, con

mallla electrosoldada, o si no será armada.

- ♦ Especificar las juntas de control, así como su tipo.
- ♦ Especificar las pruebas requeridas para el control de calidad.

¿ CUAL DEBE DE SER EL ESPESOR DE UNA LOSA ?

Aunque existen fórmulas y tablas para determinar el espesor de una losa, la experiencia ha demostrado que una losa de 5" (130 mm), sobre una base bien compactada, será suficiente para una losa de uso industrial ligero.

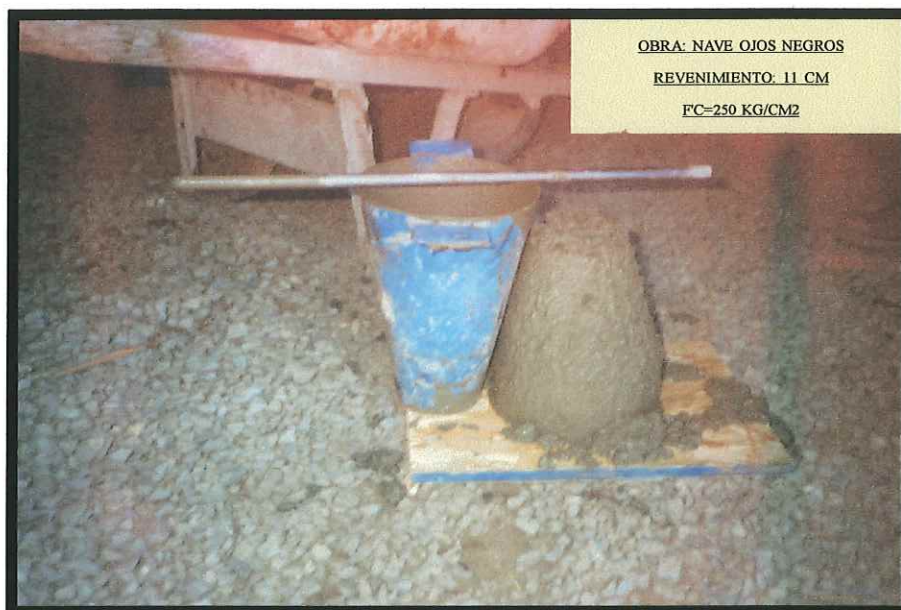
Sin embargo, las losas de 6" (150 mm) son usadas para soportar mayor carga. La mayoría de los contratistas recomiendan losas de 6" ya que en ellas aparecen menos fisuras debido al desplazamiento de la grúa. Cabe mencionar que no se debe



Fig. 3.1 Construcción de una losa de piso armada con varilla de 3/8" a cada 45 cm en ambos sentidos.

garantizar el éxito de la construcción de una losa simplemente por que ésta se encuentre apoyada sobre una base bien compactada.

También es necesario mencionar que una losa de 5" (130 mm) cuesta un 25% más que una losa de 4" (100 mm) pero su resistencia a las cargas aumenta en un 56%. De la misma manera, una losa de 6" (150 mm) tiene 44 % más de capacidad de carga que una de 5" (130 mm).



EL REFUERZO EN LOSAS

El refuerzo no contribuye significativamente en la resistencia a la flexión de las losas. La función del acero es controlar las grietas plásticas y la posible separación entre ellas; entre mas cantidades de refuerzo se usen, la losa tenderá a desarrollar un mayor número de grietas pero con aberturas menores. Si el área de refuerzo es 0.5% o más veces el área de la sección transversal del concreto y esta colocado a la mitad o un poco más arriba de la losa, el espesor de las grietas deberan ser apenas visibles. Por ejemplo, ésta cantidad de acero en una losa de 13 cm (5") llevaría un armado de varillas del # 5 a cada 30cm (12"), en ambos sentidos, y colocadas en la parte media del peralte de la losa.

Para lograr una mejor eficiencia del refuerzo, en el control de grietas plásticas, en caso de usarse, éste deberá colocarse cerca de la cara

Fig. 3.2 La prueba de Revenimiento en el concreto es una medida de la trabajabilidad de la mezcla, debe especificarse de 10 cm (4"); ó 13 cm como máximo.

superior de la losa; a unos 4cm (1 ½ ") de la superficie de ésta. Sin embargo, si el refuerzo se usa para incrementar la resistencia a la flexión de una losa con posibles agrietamientos, éste deberá colocarse a la mitad de la altura de la losa.

El acero de refuerzo utilizado en las losas es de dos tipos: varilla y malla electrosoldada. Cuando se usan varillas, estas son generalmente del #3 ó #4.

La malla electrosoldada es generalmente de cuadros de 6" y en calibres 6 y 10 . Algunos ingenieros dicen que la malla más ligera (calibre 10) no contribuye significativamente a la resistencia de las grietas.

El uso de una malla de refuerzo contribuye a incrementar la resistencia a la tensión en una losa de concreto y a reducir el espesor de las grietas plásticas. Ya sea malla o varillas, ambas deben apoyarse sobre pequeños bloques de concreto.

Un sustituto de las mallas son las fibras que se usan seguido para incrementar la resistencia a la tensión y reducir el espesor de las grietas. Estas generalmente se agregan al concreto en la planta o

PROPORCIONAMIENTO	
Elementos	Peso (Kg)
Cemento	254.0
Arena	636.0
Grava	817.0
Agua	132.0
Reductor de Agua	7.7

Tabla. 3.1 Proporcionamiento de mezcla de concreto

a la olla en la obra.

Para pisos industriales de uso pesado, una losa de al menos 15 cm (6") se recomienda, armada con varillas del No.3 o No.4 a cada 46 cm (18") centro a centro en ambos sentidos.

En resumen, el refuerzo en losas reduce el espesor de las grietas e incrementa el espacio entre las juntas de control. Sin embargo, no contribuye estructuralmente a la capacidad de carga de la losa.

Es por esto que es más efectivo incrementar el espesor de la losa algunos centímetros y "eliminar" así el costo equivalente del refuerzo.

EL CONCRETO

Estas son algunas sugerencias que se pueden tomar en cuenta para el diseño de mezclas de concreto en losas de piso.

a) El tamaño máximo del agregado no debe exceder un tercio del espesor de la losa. Como máximo se utiliza agregado de 1 ½", entre más grande el agregado se requiere menos cemento para llenar los espacios entre ellos y resulta una mezcla más económica. Dado el tamaño máximo del agregado, el laboratorio determinará las proporciones de grava y arena para minimizar la cantidad de cemento requerida. Las mezclas a base de gravilla (3/8") no son recomendables debido a que son incosteables y provocan grandes contracciones (las mezclas de gravillas requieren un 50% más de agua aproximadamente). Entre mayor sea el agregado, menor será la contracción.

b) La relación agua-cemento es la medida más importante en la resistencia del concreto. Entre menor sea la cantidad de agua para una cantidad dada de cemento, mayor será la resistencia. Sin embargo una mezcla demasiado espesa es muy difícil

de colocar; así que debe existir un balance entre una mezcla fluida que sea fácil de colocar pero sin demasiada agua para que no afecte a la resistencia del concreto.

c) La resistencia del concreto especificado no debe ser menor de 3000 psi (200 Kg/cm²), para obtener una superficie sólida durable (aunque el ACI recomienda 4500psi (300 kg/cm²). Como veremos más adelante, la dureza de la superficie está también en función del secado de la misma durante el acabado.

d) El contenido de cemento está en función de la proporción de los agregados, conforme a la resistencia especificada, y varía desde 225 kg (5 sacos) por yarda cubica para una mezcla de 2500 lb/in² (180 kg/cm²) y agregado máximo de 1"; hasta 300 libras (6.0 sacos) por yarda cubica para una mezcla de 4000 lb/in² (250 kg/cm²), utilizando los mismos agregados. Nótese que un saco de cemento adicional es aproximadamente igual a 1000 lb/in² (70 kg/cm²) adicionales en la resistencia.

e) El *revenimiento*, el cual es una medida de la trabajabilidad de la mezcla de concreto, debe



Fig. 3.3 La base debe de estar construida con un suelo granular no expansivo (es decir, sin arcilla), el cual debe de compactarse por medios mecánicos al 90% Proctor como mínimo y debe de estar verificada por un laboratorio de mecánica de suelos en campo.

especificarse de 10 cm (4"); o 13 cm como máximo. Si es una mezcla bombeable, un revenimiento de 13 cm es aceptable. Un revenimiento de 15cm (6") no debe aceptarse al menos que el concreto vaya a usarse en trabajos estructuralmente sin importancia.

EL AGRIETAMIENTO DE LAS LOSAS DE PISO

El concreto se agrieta porque se contrae; esto se debe a la evaporación del agua en el concreto, además de otros factores como: el tipo y proporción de los agregados, la cantidad de cemento usado en la mezcla y otras cosas, pero básicamente el agua es la causante.

Solo una pequeña cantidad de agua, alrededor de 10 lt por saco, es necesaria para reaccionar químicamente con el cemento y producir un endurecimiento (este proceso se llama "hidratación"). Si por ejemplo, 178 lt de agua por metro cúbico constitu-

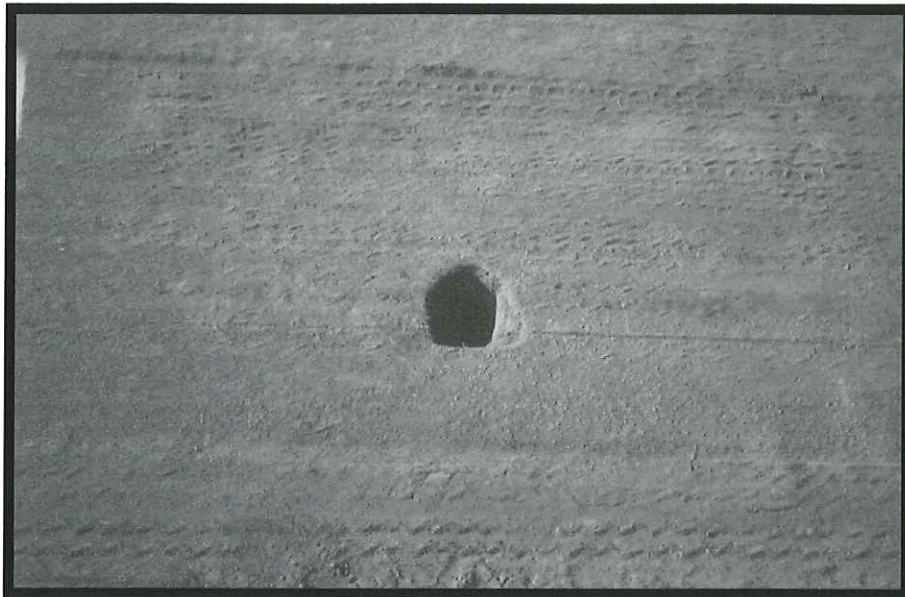


Fig. 3.4 Es muy importante determinar el grado de compactación del terreno compactado antes de colar la losa de piso.

yen una mezcla trabajable, solo un tercio de esta se requiere teóricamente. El resto se evapora, provocando una contracción en el volumen. La contracción empieza tan pronto como el concreto se coloca y continúa así indefinidamente. Se han hecho una gran cantidad de pruebas para graficar la contracción en función del tiempo, con una gran variedad de resultados, dependiendo de muchas variables tales como el diseño de la mezcla, el tipo de agregados, el método de curado y la temperatura. Como regla general se puede decir que en los primeros 3 días casi el 20 % de la contracción total se ha desarrollado; a los 30 días el 65%, al final de 3 meses el 80%, y en un año el 90% pero de nuevo, estas son solo estimaciones aproximadas.

Un valor promedio de una contracción normal que puede ser esperada en un año es alrededor de 0.5 mm en 1 metro lineal.

Todo lo que podemos hacer es tratar de minimizar la contracción disminuyendo el contenido



Fig. 3.5 El acabado de los pisos es muy importante ya que se usaran como cimbra de los muros.

de agua en la mezcla y teniendo un control estricto en el corte de la losa, para prevenir las grietas por contracción plástica.

El agrietamiento por contracción de temperatura puede reducirse significativamente con un curado apropiado; éste retrasa y reduce el agrietamiento por contracción dándole al concreto más tiempo para desarrollar mayor resistencia a la tensión.

Estas son algunas sugerencias para minimizar la cantidad de las fisuras:

1) Controlar el revenimiento, mantenerlo en 10cm ó menos.

2) No colar el concreto con clima caliente; si la temperatura pasa de los 85°F no es recomendable colar, pero en caso necesario se pueden usar sombrillas para el sol o también cubiertas de plástico para mantener la humedad. Otra alternativa es colar en la madrugada para que de esta forma el concreto sea colocado y acabado antes de que suba demasiado la temperatura.

3) Evitar colar en días con mucho viento. Si el viento es de mas de 15 MPH, la evaporación (y la contracción) se incrementarán en gran medida.

4) Disminuir la evaporación curando con dos capas de compuesto de curado. Aplicar cada capa en ángulos rectos entre ellas y no usar menos de un galón por cada 28 M2 de superficie, de otra forma la capa será muy delgada. Algunas pruebas han demostrado que aplicando una tercera capa se reduce significativamente el agrietamiento.

Siguiendo éstas precauciones se minimiza la contracción por temperatura y plásticas. Las grietas deben aparecer en las juntas de control, no entre ellas.

ES ESCENCIAL UNA BASE BIEN COMPACTADA

Para ilustrar la importancia de una base bien compactada, imagina una lámina de plástico puesta sobre una losa de concreto fresco. Tu no caminarías sobre ella por que se hundiría, pero si la hoja

de plástico estuviera sobre un piso firme, caminarías sobre ella sin ninguna preocupación. Esta analogía ilustra el peligro que se corre cuando se cuele la losa de piso sobre un suelo mal compactado.

La base debe de estar construida con un suelo granular no expansivo (es decir, sin arcilla), el cual debe de compactarse por medios mecánicos al 90% Proctor como mínimo y debe de estar verificada por un laboratorio de mecánica de suelos en campo. (Por 90% de compactación entendemos que el suelo se debe compactar al 90% de su máximo teórico con su contenido de humedad óptima). Aunque para evitar cualquier posible problema, se recomienda compactar la base al 95% Proctor.

Una buena base debajo de la losa cumple principalmente con dos funciones: actúa como un colchón firme que distribuye las cargas de la losa uniformemente y además realiza la función de una capa capilar que previene el ascenso de la humedad del suelo hacia la losa de concreto (fenómeno de capilaridad).

Si es necesario evitar la humedad en algunas zonas del edificio (como en algunas maquiladoras de productos electrónicos) será necesario que la base cuente además con una cubierta de plástico para evitar cualquier posibilidad de la introducción de humedad hacia la losa de piso.

Otra forma de evitar la humedad es agregar a la mezcla de concreto un aditivo a prueba de agua.

Una base de más de 4" (compactada) es más que suficiente, ya que pruebas han demostrado que una base de mayores dimensiones no contribuye significativamente.

JUNTAS DE CONTROL DE FISURAS

El aserrado de las juntas para el control de grietas es una fase de vital importancia durante el proceso constructivo de la losa de piso.

Debido a que no es posible eliminar la contracción del concreto, al menos que se utilice cemento "compensador de contracciones", el cual tiene la desventaja de ser muy caro, podemos tratar de anticipar dónde se formarán las grietas y crear

planos débiles en esos lugares para tener así un control sobre las fisuras creadas por la contracción del concreto.

Primero veamos como son coladas las losas de piso. Colar las losas en cuadrícula ya no es muy común debido a que otros métodos han probado ser mas productivos. Hoy, las losas son coladas en franjas, a lo largo del edificio, y generalmente de 6 a 8 m (20 a 25 ft) de ancho; sin embargo una gran cantidad de contratistas cuelan las franjas usando reglas vibratorias de 48 ft (14 m) de ancho (o de un ancho tal que se ajuste a la separación de las columnas), y después cortan con la sierra a 16ft (5m) al centro de la franja y a cada 16 ft (5m) transversalmente; cabe mencionar que existen reglas vibratorias de 85 ft (26 m) o más de ancho.

Por otro lado las juntas que se forman entre las franjas son llamadas "juntas frías", debido a que pasa cierto tiempo antes de que la franja de confinamiento sea colada. Estas uniones también trabajan como juntas de control de grietas. Para formar juntas de control transversalmente sobre una franja, se hacen cortes con sierra parcialmente a través de la losa o se colocan tiras de plástico para generar los planos debilitados.

ESPACIAMIENTO ENTRE JUNTAS

Supongamos que colamos una franja larga de una losa sin ninguna junta. Entonces, si el concreto se contrae, como normalmente lo hace, tendremos una grieta. Se puede determinar teóricamente que tan separadas estarán éstas grietas por medio de lo que se llama "subgrade drag tehory".

La figura 3.2 muestra una tabla con los espacios entre juntas recomendados por la asociación de Cemento Portland.

Vemos en esa tabla que para una losa de 13 cm (5") con un revenimiento máximo de 10 cm (4") el espaciamiento máximo recomendado es de 4.6 m (15ft).

Muchos ingenieros, sin embargo, trabajan con separaciones de hasta 6 o 7m (20 a 24 ft) debido a que trabajan con espaciamientos entre columnas considerables, lo cual reduce el numero de juntas

necesarias en el piso. Esto sin embargo, es riesgoso y si se hace así, se deben tomar todas las precauciones necesarias para controlar la contracción y el curado en la losa.

Si se usan cortes con sierra, el corte debe hacerse tan pronto como la losa pueda soportar el peso de la sierra y ésta no desmorone la losa en los bordes. Esto se logra normalmente de 4 a 12 horas después del acabado en la losa de concreto.

Es importante no dejar pasar por alto el tiempo para el corte de las franjas de la losa ya que ésta empieza a contraerse tan pronto como se inicia el fraguado; por lo que si se espera demasiado,

ESPECIAMIENTO ENTRE JUNTAS			
Espesor/losa	Agregado	Rev.	Espaciamiento
13 cm	19 mm	10 cm	4.6 m
15 cm	19 mm	10 cm	5.5 m

Tabla. 3.2 Espaciamiento entre juntas en losas de concreto.

una fisura menor que se haya formado en un lugar arbitrario buscará el plano más débil y formará una grieta permanente, aun cuando después se realicen los cortes correspondientes en la losa de piso.

TRAZADO DE LAS JUNTAS

Una vez determinado el espaciamiento entre las juntas, el siguiente paso es proyectar la localización de las mismas.

Las juntas de control siempre deberán colocarse en esquinas entrantes o en otros cambios abruptos de dimensiones, debido a que estos son puntos de concentración de esfuerzos los cuales siempre se generan las grietas.

Las juntas deben intersectar los ejes de las columnas y estar en forma de diamante en la base de la misma. Nunca se debe llegar con una junta a una columna en un ángulo de 90°.

Las secciones entre las juntas de control deben ser aproximadamente cuadradas, pero no con una relación largo-ancho mayor de 1.5:1, ya que el



Fig. 3.6 Excavación de zanja para alojar la cimentación de zapata corrida.

concreto se contrae equitativamente en todas direcciones. Las secciones que son el doble de largo con respecto al ancho tienden a agrietarse transversalmente.

CURADO

El curado del concreto debe de comenzar inmediatamente después del vaciado. El propósito de curar el concreto es de evitar que la superficie del concreto se seque rápidamente y aparezcan grietas en la losa.

El método de curado que más predomina para grandes losas es el de rociar la superficie de la losa con un líquido de curado. Este líquido lo que hace es crear una membrana plástica sobre la superficie de la losa. Para asegurar una capa bien sellada, el líquido de curado debe de aplicarse en dos capas, una en sentido horizontal y la otra en sentido vertical, no se debe exceder de mas de 7.4 metros cuadrados por litro. La losa se debe humedecer antes de aplicar la membrana de curado, y remover cualquier exceso de humedad con un cepillo o escoba. El hecho de humedecer la losa es para evitar que el líquido de curado sea absorbido por la losa y su efectividad disminuya.

FISURAS SUPERFICIALES

Causas y prevención.

A continuación se describen algunas de las fisuras más comunes que se presentan en una losa, sus posibles causas y como prevenirlas.

Grieta Plástica por temperatura. Esta es la fisura que ocurre inmediatamente después de que el concreto es regleado, mientras se encuentra todavía en estado plástico. La causa se debe al rápido secado de la superficie, usualmente debido al clima caliente, al viento, o a la aplicación tardía del líquido de curado. Para prevenir este tipo de grietas superficiales no se debe vaciar el concreto en días muy calurosos, en días con vientos muy fuertes y empezar lo antes posible el curado de la superficie. Humedecer la base antes de vaciar el concreto también puede ayudar en la prevención.

Grietas Aleatorias. Estas son el tipo de grietas que más comúnmente se presentan. Estas son las grietas que aparecen en donde se supone que no deberían aparecer, cabe mencionar aquí que éste tipo de grietas no son juntas de control. El remedio para la prevención de este tipo de grietas es el uso de concreto con bajo rendimiento (generalmente

un revenimiento de 10 cm como máximo), el espaciamiento más cerrado de las juntas de control y un buen curado.

Grietas Hexagonales. Estas son grietas que se desarrollan en todas direcciones dejando un espaciamiento corto entre ellas además de que adquieren una forma hexagonal. La causa de la aparición de estas grietas es debido al exceso de agua en la superficie de la losa; se pueden prevenir removiendo el exceso de agua sobre la losa.

Tamaño de Grietas. Las grietas crecen con el tiempo. Algunas grietas son tan pequeñas que pasan inapercibidas, otras son muy visibles y dañan estéticamente la apariencia de la losa; además la mayoría de ellas acarrearán futuros problemas debido al tráfico pesado y a la intrusión del agua en las mismas.

TAMAÑOS DE GRIETAS

Los tamaños de las grietas se clasifican por su espesor:

- **0.01" (0.25mm)** de ancho, demasiado pequeña para causar algún problema.

- **0.02" (0.05mm)** de ancho, esta fisura ya es visible y se le puede inyectar un epóxico (si es requerido estructuralmente).

- **0.04" (1mm)** esta fisura no debe ser permitida en un área de tráfico por lo que debe ser rellenada o en su defecto reemplazar la losa.

- **0.06" (1.5mm)** de ancho, la losa se ha contraído demasiado rápido debido al alto revenimiento del concreto o al pobre curado. La grieta necesita ser rellenada o reemplazada.

- **0.12" (3mm)** de ancho. Este es un ancho de aproximadamente 1/8" y la causa de esta fisura debe ser determinada antes de ser rellenada o reemplazada.

Es importante mencionar que si el piso va a estar cubierto con algún material entonces algunas grietas no tienen mucha importancia.

COMO MEDIR EL ANCHO DE UNA GRIETA

Existe un pequeño aparato para medir el ancho de las fisuras, este aparato es llamado comparador de fisuras y se puede obtener gratuitamente en los laboratorios tecnológicos de la construcción, una subsidiaria de la Asociación del cemento Portland en Skokie, Illinois. Es un plástico transparente que puede ser sobre puesto sobre una grieta y el ancho de la misma se compara con las líneas que marca el plástico, determinando así el grosor de la grieta. La fisura se puede comparar en milímetros o pulgadas.

PANDEO O ALABEO DE LOSAS

Este es un fenómeno que ocurre muy frecuentemente en las losas; las esquinas de una losa de forma rectangular tienden a pandearse hacia arriba; esto se debe al secado más rápido de la parte superior de la losa lo cual causa que ésta se contraiga mas que la inferior causando que las esquinas se levanten.

Para minimizar el alabeo ó pandeo se debe de usar el espesor mínimo que se pueda usar en la losa, se debe de tener mucho cuidado con el control del curado para que el gradiente de humedad en la losa sea uniforme.

La experiencia ha demostrado que el mejor seguro contra el alabeo de una losa es usar concreto con bajo revenimiento y un buen curado de la misma. Si se usa acero de refuerzo en la losa, este se debe colocar en la tercera parte superior de la losa para contrarrestar el pandeo de la misma.

Sí desgraciadamente el pandeo de una losa ocurre, existen dos posibles soluciones. Una es inyectar "grout" debajo de las esquinas que se levantaron para así proveer un soporte rígido.

La otra es realizar un corte diagonal a una distancia corta cerca de la de la esquina pandeada para que el pedazo de losa pandeado se separe del resto de la losa y se siente por si sola en el terreno firme. Si no se corta la esquina, lo más probable es que un montacargas fracture la esquina y realice el trabajo de asentar la esquina.

ALGUNOS OTROS PROBLEMAS QUE PRESENTA UNA LOSA

a). Levantamiento de polvo en un piso de concreto. Este es un desgaste que sufre la losa dando como resultado que la losa genere un polvo y se pierda el acabado aplanado. Esto sucede cuando se acumula gran cantidad de agua en la superficie de la losa causando una alta relación agua-cemento con su correspondiente pérdida de resistencia.

Otra posible causa de este problema es que se realice el acabado de la losa mientras que el concreto sigue sangrando.

b). Laminado de la losa. Este problema aparece con el tiempo y consiste en la aparición de pequeñas laminas de concreto proveniente de la superficie de la losa. Este problema también es causado por comenzar a dar el acabado final a la losa sin haber removido antes el agua del sangrado del concreto. Lo que sucede aquí es que el agua queda atrapada justo debajo de la superficie lo cual propicia el laminado de la losa.

c). Desmoronamiento en los bordes de las juntas. Normalmente este problema ocurre en áreas expuestas al tráfico pesado de montacargas; el problema se debe al relativo movimiento entre las juntas debido a posibles huecos debajo de la losa. Una base bien compactada puede minimizar este problema. Cuando ocurre, el problema puede ser progresivo pero puede ser reparado rellenando las juntas con alguna pasta epóxica.

LA PERFECTA LOSA DE PISOS

Una losa de piso sin defectos es casi imposible de obtenerse; sin embargo, una losa casi perfecta puede construirse si se toman algunas precauciones, además de que el dueño este de acuerdo en pagar por ellas. Un contratista del sur de California describe como pudieron construir una losa casi perfecta de 10,000 m² para una bodega. Aquí se comenta lo que ellos hicieron:

En lugar de construir una losa de 5" (130mm) como estaba planeado, ellos optaron por construir una losa de (170mm) 6 3/4" de espesor.

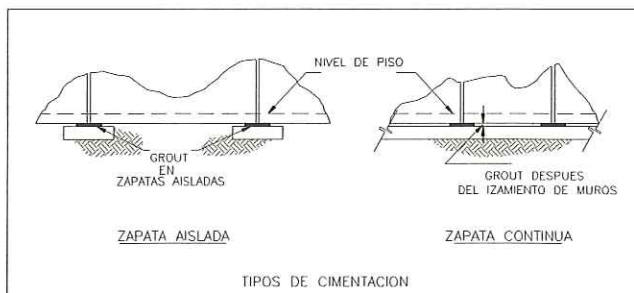


Fig. 3.7 Anteriormente el uso de zapatas aisladas debajo de los muros era el estándar en cimentaciones, más sin embargo actualmente las zapatas corridas han desplazado al uso de las aisladas

El concreto especificado era de 280 kg/cm² (4000 psi) con un revenimiento entre (100 mm) 4" y (130 mm) 5". Cualquier concreto con más de 130 mm de revenimiento era rechazado. La base se compactó al 95% Proctor y se humedecía justo antes de vaciar el concreto. Se usó una regla vibratoria para vibrar las franjas de 14.8 m (48 ft), se usaron cortadoras de concreto para dividir las franjas en tres, además de realizar los cortes transversales a cada 5 m (16 ft), así dividiendo la losa en segmentos de 16 ft.

Inmediatamente después se aplicaron 2 capas de líquido de curado transversalmente usando un galón por cada 19 m², cada capa formó un ángulo de 90 grados con respecto a la otra. El tráfico no fue permitido hasta siete días después del colado, tiempo en el cuál comenzó el cimbrado de los muros. Todos los muros fueron vaciados usando concreto bombeable, no se permitió el uso de ollas revolvedoras encima de la losa y fueron erguidos usando la grúa desde afuera del edificio.

Cuando se iban a vaciar los muros y sobre la losa existían juntas, estas fueron rellenadas con silicon (Dow-Corning). Después de que los muros fueron erguidos, todas las juntas de la losa fueron otra vez aserradas con la cortadora de concreto a una profundidad de 40 mm (1-1/2"). Esta abertura fue después rellenada con arena silica, dejando una profundidad de 12 mm para la aplicación de un sellador epóxico (Sikadur 51 SL) de juntas.

Después de muchos años de uso pesado, la losa aun continua en excelentes condiciones.



Fig. 3.8 Las zapatas aisladas se construyen debajo de la unión de dos muros, para que así cada cimentación soporte la mitad del peso de cada muro.

Pero como el mismo contratista remarco, todas éstas precauciones cuestan dinero y no todos los dueños están dispuestos a pagar por ellas.

EL SISTEMA DE CIMENTACION

El sistema de cimentación para un edificio Tilt-Up requiere de algunas pocas consideraciones extras no encontradas o usadas en edificios de madera, acero o concreto. Un típico sistema de cimentación para un edificio de Tilt-Up consiste en colchones o zapatas aisladas interiores para soportar



Fig. 3.9 En las zapatas aisladas se colocan placas de acero que son soldadas a las placas de la parte inferior de los muros.

las columnas; zapatas continuas interiores para soportar los muros, y la cimentación corrida perimetral para soportar los muros exteriores. Los muros perimetrales pueden también ser soportados por zapatas aisladas, las cuales se construyen debajo de la unión de dos muros, para que así cada cimentación soporte la mitad del peso de cada muro.

En Estados Unidos Anteriormente el uso de zapatas aisladas debajo de los muros era el estándar en cimentaciones, más sin embargo actualmente las zapatas corridas han desplazado al uso de las aisladas y son las más usadas hoy; ésto es debido a que actualmente es más económica la excavación por medios mecánicos y el concreto premezclado.

Ahora bien, ya sea que se use una zapata aislada ó corrida es necesario rellenar con "grout" el espacio entre zapata y muro.

LA SECUENCIA DE LA CONSTRUCCION

La secuencia más común usada por los constructores de Tilt-Up en lo que concierne a cimentaciones y losas es la siguiente:

1.- Lo primero que se prepara es la subbase para que reciba la losa de piso. La preparación de subbase puede incluir desde el relleno con material de banco, compactación de la misma, la instalación eléctrica, sanitaria y la excavación de las zanjas para las zapatas interiores.

2.- El concreto se vacía en las zapatas interiores, en las cuales previamente se colocaron los tornillos de anclaje y la placa base de acero. La parte superior de las zapatas interiores deben quedar unos 20cm (8") debajo del piso para que la placa base de la columna y los tornillos de anclaje queden escondidos debajo del nivel de piso. Esto es mas estético que atornillar los pernos directamente sobre el piso de la losa.

3.- Vaciar el concreto, realizar el acabado y curado de la losa.

4.- Excavar y formar la cimentación exterior. Muchas veces esto se hace antes de colar la losa de

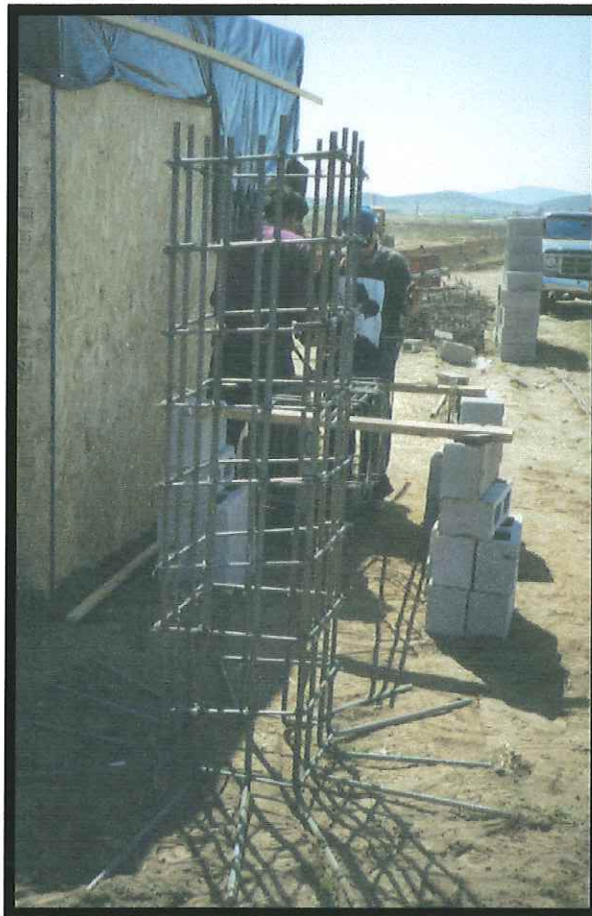


Fig. 3.10 Armado de columna con 16 varillas de 5/8" y estribos de 3/8" a cada 25 cm.

piso, o al mismo tiempo.

5.- Construir los colchones de nivelación en la cimentación perimetral para asentar los muros en ellos (En este punto los muros ya fueron cimbrados y colados).

6.- Después de que los muros son erguidos es necesario rellenar con grout debajo de ellos para que exista un apoyo uniforme y nivelado entre los muros y la cimentación.

7.- Se amarran las varillas de los muros con las varillas de la losa y se cuelga la franja que queda entre los muros exteriores y la losa de piso. Esto se debe de hacer después de que el techo se ha puesto y antes de que los puntales de muros sean removidos.

8.- Después de que las columnas interiores ya han sido levantadas, se debe rellenar con grout entre el espacio que queda en el dado y las placas de la base; después se cuelan los huecos que quedan a un lado de la columna en el piso.

9.- Se debe checar la losa para preveer la aparición de grietas o juntas abiertas; si esto ocurriese será necesario rellenarlas con alguna sustancia epóxica.

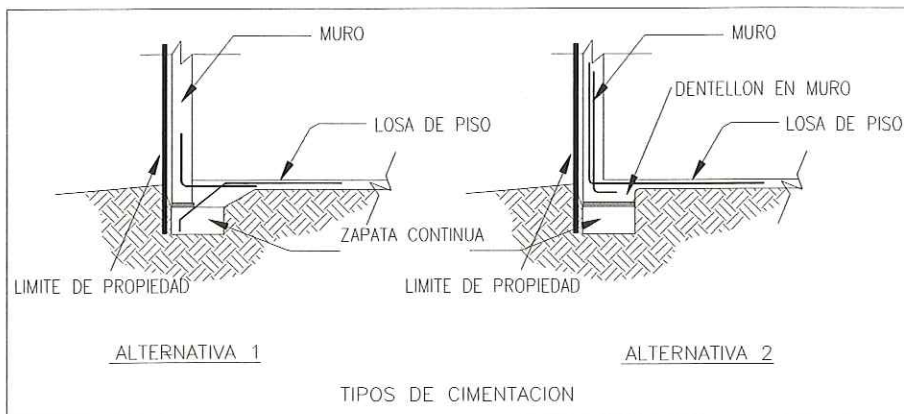


Fig. 3.11 Cimentaciones de lindero.

ZAPATAS INTERIORES

Las placas base para soportar las columnas interiores de acero pueden ser atornilladas directamente sobre la superficie de la losa de piso. Aunque esto es económico y permite que la cimentación y la losa se cuelen al mismo tiempo, es antiestético y puede crear un problema de mantenimiento.

Lo más común y práctico es que la parte superior de la cimentación quede enterrada unos 20 cm debajo de la losa terminada para que la placa base y los tornillos queden ahogados en concreto. Ahora bien para tener un piso liso que permita el cimbrado de los muros, la placa base y los tornillos de anclaje son cubiertos con arena hasta casi el borde de la losa, enseguida se crea una forma de diamante con sus puntas superiores alineadas con las juntas de control de la losa, enseguida se agrega una lechada de cemento para crear así una losa uniforme ficticia, esto con el objeto de cimbrar los muros. Una vez erguidos éstos, las formas de diamante deben de ser limpiadas de arena y cemento para dejar al descubierto los tornillos de anclaje.

LAS CIMENTACIONES Y LOS MUROS

El tamaño de una cimentación siempre será, por supuesto, determinado por el ingeniero calculista basado en las cargas del suelo y de la estructura. Los dados en las zapatas aisladas miden normalmente entre cuatro y seis pies cuadrados, las zapatas corridas, usualmente, varían desde 14" a 30" de ancho. Las zapatas aisladas serán reforzadas con varilla de refuerzo en ambos sentidos y colocadas en la parte inferior de la misma.

En las zapatas corridas los muros son puestos al centro de las mismas para que el peso de los muros se distribuya uniformemente entre la zapata

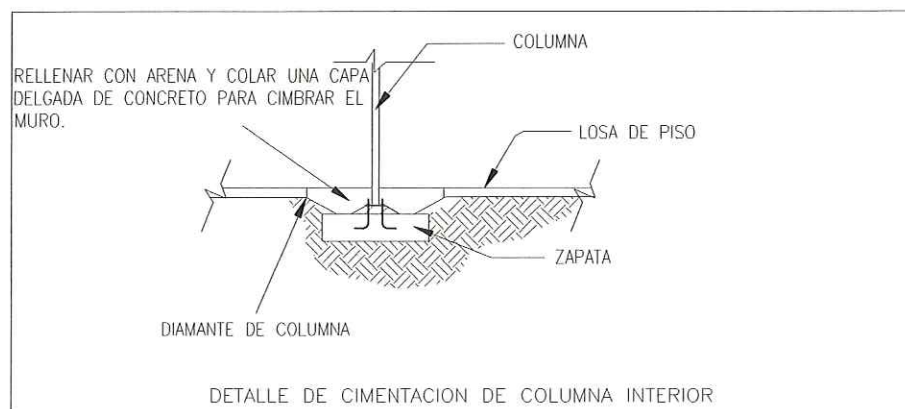


Fig. 3.12 Cimentación de columna de Interior



Fig. 3.13 Es muy importante que la cimbra de la cimentación este nivelada y alineada correctamente.

y el suelo.

Para las cimentaciones del lindero el ingeniero deberá de tener mucho cuidado debido a la carga excéntrica que se presenta en la zapata. Una manera de resolver el problema de la excentricidad es poniendo un dentellón en la parte inferior del muro para que el peso del muro quede centrado en la zapata.

Una regla que hay que tener en mente cuando se usa acero de refuerzo en cimentaciones es que debe de haber por lo menos 3" (9 cm) de concreto entre el acero de refuerzo y el terreno natural.

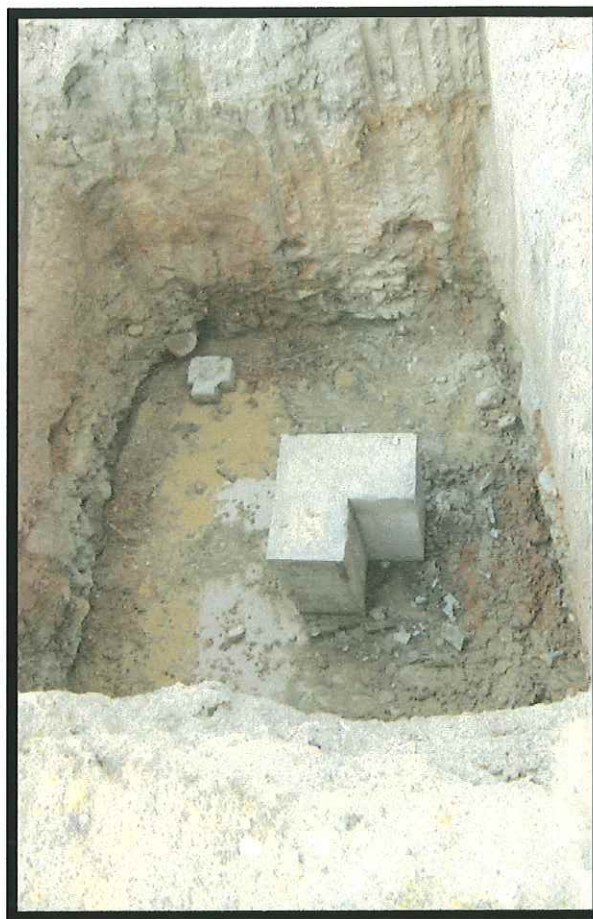


Fig. 3.14 Zapata aislada en esquina de edificio.

ESPECIFICACIONES DE CONCRETO PARA CIMENTACIONES

La resistencia mínima del concreto recomendado para cimentaciones es de 2000 lb/in² (150 kg/cm²), aunque lo más común es 2500 lb/pulg² (180 kg/cm²), el revenimiento permisible varía de (130-150 mm) y por economía, el tamaño del agregado que se usa es el de 1 1/2".

4

LOS MUROS

Los muros deben cimbrarse sobre la losa, se deben colocar lo más cerca posible a su posición final para minimizar el tiempo y movimiento de la grúa durante el erguido de los mismos.

La ubicación ideal del cimbrado de muros es a lo largo de la línea en donde se ubicarán. La parte superior del muro deberá estar lo mas cerca de la frontera de la losa y la parte inferior del panel hacia el interior del edificio. De esta manera la grúa puede moverse en línea recta a lo largo de la losa levantando cada muro en una secuencia lógica y ordenada, además el operador siempre tendrá a la vista todas las herramientas y accesorios para erguir un muro. Si los muros fueran colados en forma inversa a la arriba mencionada, el operador tendrá que girarlos 180 grados en el aire y todas las herramientas y accesorios para erguirlos estarán fuera de su vista. Recordemos que otra forma de erguir los muros es que la grúa se encuentre desde afuera del edificio.

Colocar los muros con la cara exterior apoyada sobre la losa de piso tal vez no sea la única forma para erguir muros, lo que si, es la forma más sencilla de agregarle formas y texturas arquitectónicas al muro que formará el exterior del edificio. Las tiras para formar concavidades o huecos en el muro, ó texturas especiales son más fáciles de crear si se ponen sobre la losa y después se cuela el muro sobre ellas.

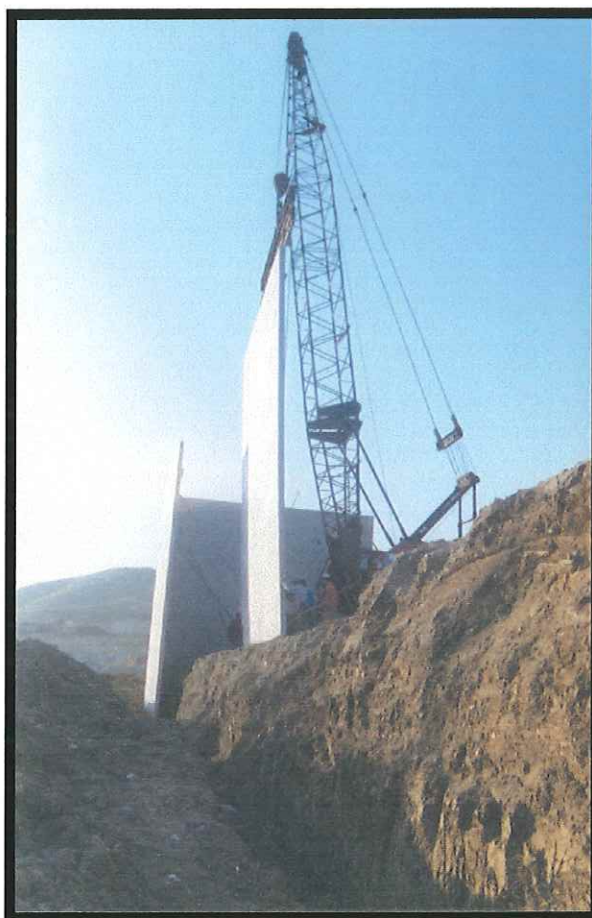


Fig. 4.1 La ubicación ideal del cimbrado de muros es a lo largo de la línea en donde se ubicarán. La parte inferior del muro deberá estar lo mas cerca de la frontera de la losa y la parte superior del panel hacia el interior del edificio.



Fig. 4.2 Si por alguna razón no existiese suficiente espacio para el cimbrado y colado de muros, entonces se pueden colar los muros unos sobre otros.

Para colocar el muro en su posición con un solo movimiento es necesario que la grúa se mueva del sitio de izamiento para colocar el muro en donde finalmente quedará. A esto se le denomina "caminar con el muro". Evitar caminar con algún muro es casi imposible, por ejemplo en los muros de las

esquinas. Es muy importante planear el lugar en donde se cimbrarán los muros para así minimizar a lo máximo el movimiento de la grúa. Se debe tratar que la grúa levante el mayor número de muros con el menor movimiento posible. Todo esto debido al alto costo horario de estas grúas.

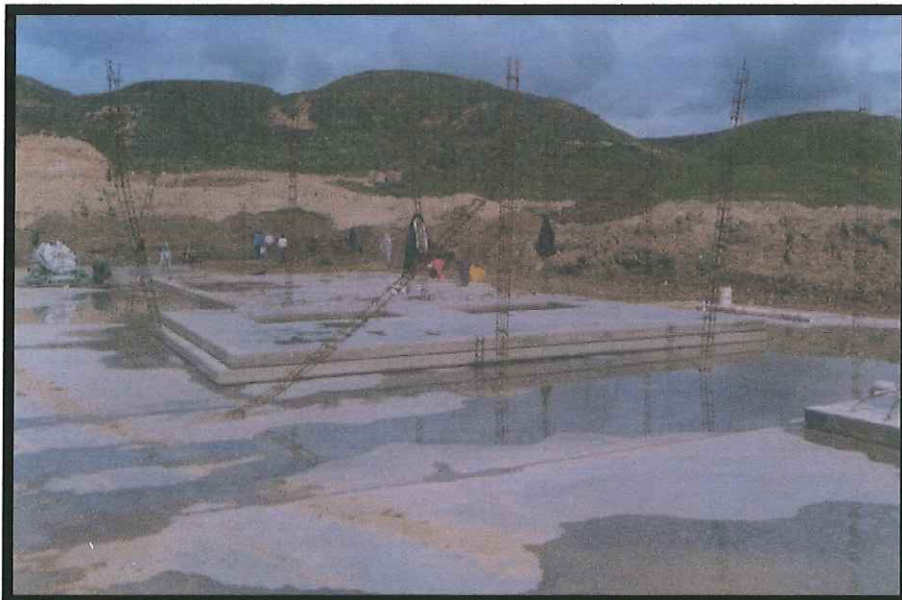


Fig. 4.3 Colado de muros en forma de "sandwich" debido a la falta de espacio en la losa de piso.

¿EXISTE SUFICIENTE ESPACIO PARA COLAR LOS MUROS?

Como regla general los muros no deberán ocupar más del 75% al 80% del área de la losa de piso, con esto normalmente se obtiene suficiente espacio para las maniobras de la grúa y para que las ollas de concreto puedan entrar a vaciar el concreto para los muros. Si los muros se van a colar con concreto bombeable entonces el espacio puede aumentar ya que no se necesitará espacio para las ollas revolvedoras,

Si por alguna razón no existiese suficiente espacio, existen varias opciones para resolver éste problema:

- Colar algunos muros en la parte aledaña al edificio sobre una losa para colado de 75mm (3"), la cuál será desechada después del levantamiento de los muros o también se puede construir éstas "losas para colado" por debajo del nivel de la base de los pavimentos para que la losa quede ahí y se pavimente después encima de ellas.

- Colar el mayor número de muros posibles y colocarlos en su lugar, una vez echo esto, volver a cimbrar y colar los muros faltantes.

- Colar un muro sobre otro en forma de sandwich.

- Erguir los muros con una grúa desde el exterior del edificio.

¿DONDE COLAR LOS MUROS?

Una de las formas más sencillas para planear el lugar en dónde los muros se deben cimbrar y colar, para así optimizar el uso de la grúa, es recortando pedazos de papel del tamaño a escala de cada muro. Los cortes de papel de los muros deberán ser o tener la misma escala que se uso en los planos de cimentación. Si los planos de elevación y cimentación tienen la misma escala, entonces simplemente se recortan los muros del plano de elevación para después sobreponerlos en el plano de cimentación. Enseguida se mueven y colocan los recortes en diferentes posiciones hasta encontrar la forma y ubicación más óptima para su cimbrado y colado. Una vez logrado esto, se pegan

con un "tape" transparente. La razón de usar los plaños de cimentación en lugar del plano de planta arquitectónica es debido a que el primero muestra el lugar en donde habrá juntas de contracción, dados para columnas y la tira de cerramiento perimetral (la cuál no se usa para el cimbrado y colado de muros ya que se cuela una vez que los muros han sido erguidos). Ahora bien una forma mejor de hacer lo anterior es con la ayuda de algún sistema de CAD.

Lograr una distribución óptima en el cimbrado de muros toma tiempo, pero todo este tiempo perdido (entre comillas) será recompensado enormemente cuando llegue el momento de erguir los muros.



Fig. 4.4 Otra consideración que hay que tomar en cuenta cuando se planea la distribución para el cimbrado de muros es cuanto espacio se debe dejar entre ellos.

Otra consideración que hay que tomar en cuenta cuando se planea la distribución para el cimbrado de muros es cuanto espacio se debe dejar entre ellos. Es posible cimbrar los muros dejando un espacio de solo 5 cm (2"), es decir el ancho de un barrote de 2" que forma la cimbra de cada muro. Esto es muy eficiente, fácil de construir y optimiza el uso de la losa de piso. Otra manera de cimbrar los muros es dejando un espacio de 2 pies entre ellos. Esto permite usar una cuña para levantar los muros en caso de que el líquido desencofrante no funcione.

CROQUIS DE LOS MUROS

Después de establecer cómo y dónde serán cimbrados los muros, una buena práctica es hacer un croquis en una hoja de cada muro, dibujando el muro con sus dimensiones y todos los accesorios que irán integrados al muro. Esto no solo servirá de guía para los carpinteros sino que servirá como una lista para checar el muro una vez cimbrado. También es muy buena práctica asignar el número de muro sobre la losa de piso.

PREPARANDO LA SUPERFICIE PARA COLAR

Todas las imperfecciones que pueda contener la losa de piso, antes de que se cuele el muro, se reflejarán en el muro una vez que este sea erigido.

En la mayoría de las ocasiones los muros son colados encima de la juntas de control de expansión de la losa de piso ocasionando que estas se reflejen en los muros una vez colados y erigidos en su posición final. Existen algunas técnicas para evitar esto. Una forma es limpiar y rellenar las juntas de control con silicon. Esto se aplica por la mañana cuando el piso está frío aún.

Otro método es rellenar las juntas con yeso aunque este método no siempre da resultados efectivos.

Un nuevo método que ha funcionado positivamente es el de rellenar las juntas de control con una lechada de un compuesto acrílico. Esta lechada se inyecta en una ranura permitiendo que éste líquido sobresature la ranura, enseguida se deja secar media hora y con una llana metálica se pasa encima de la ranura para cortar los residuos secos formando así una superficie lisa en toda la losa. El método a usar depende de cada contratista.

EL CIMBRADO PERIMETRAL DE LOS MUROS

La frontera más común en el cimbrado de los muros es un barrote 2" X 6" en el caso de que el ancho del muro requerido sea de 140 mm ó de 2" X 8" si los paneles tendrán un espesor de (18 mm) ¿Qué sucede si nuestras fronteras no son del espesor que necesitamos?

Existen dos opciones:

1.- Cimbrar con los barros convencionales, agregando una tira de madera del espesor requerido para que podamos obtener el ancho del muro requerido.



Fig. 4.5 El espacio entre la cimbra de los muros nos permitirá usar una cuña para levantar los muros en caso de que el líquido desencofrante no funcione.



Fig. 4.6 Es muy importante asegurar las fronteras de la cimbra contra deslizamiento, para esto es necesario colocar un barrote 2X4" en escuadra con la frontera , clavarlo en la losa y reforzarlo con tiras de madera para evitar el pandeo de la cimbra.

2.- La otra opción es cortar la madera a la medida que necesitamos, por ejemplo, un barrote de 2 X 10" se puede cortar para obtener un 2X8 ½". Con éste método se gasta más y se desperdicia material.

Aquí es importante remarcar que la cimbra no debe aceitarse ya que el desencofrante no es compatible con el aceite de la cimbra .

Esto significa que nuestra cimbra para muros solo tendrá 2 ó 3 reusos como máximo. Es muy importante asegurar las fronteras de la cimbra contra deslizamiento, para esto es necesario colocar un barrote 2X4" en escuadra con la frontera , clavarlo en la losa y reforzarlo con tiras de madera para evitar el pandeo de la cimbra.

Otra forma muy eficiente de proteger las fronteras del cimbrado es con ángulos de metal prefabricados, los cuales se achilillan a la madera y a la losa usando chilillos de 3/8" los cuales se removerán al descimbrar el muro, estos ángulos de metal se colocan en las esquinas de los muros y a cada cinco pies de espaciamiento entre ellos. No se recomienda usar pistola de clavos por que ésta daña

la losa de piso.

CIMBRANDO PUERTAS Y VENTANAS

Las aberturas para puertas y ventanas son cimbradas casi igual que las fronteras del muro, excepto que los ángulos metálicos o la madera, según sea el caso, que se usan para evitar el deslizamiento de las fronteras se colocan en el interior del hueco.

COLOCANDO TIRAS DE APARIENCIA EN LOS MUROS



Fig. 4.7 Cimbrado de muros contiguos. No se debe de olvidar la correcta forma de cimbrar los muros para evitar el pandeo de los mismos.



Fig. 4.8 Instalación de tiras de madera para crear una apariencia arquitectónica en el muro.

Para crear tiras de apariencia en los muros se usan tiras de madera de diferentes formas y tamaños, dependiendo la apariencia arquitectónica que se requiera dar en el muro; éstas tiras de madera se pegan al piso con resistol cinco mil o con clavos de concreto a la losa. Si se usa resistol

para adherirlas a la losa, las tiras se incrustarán en el muro a la hora de erguirlo, por lo que será mas difícil removerlas de los muros ya erguidos, lo más conveniente es que las tiras de madera queden adheridas a la superficie de la losa de piso, por lo que el uso de clavos es recomendable; claro que esto no es una regla general.

USANDO MOLDURAS DE PLASTICO

Actualmente en el mercado existen una gran variedad de formas para lograr acabados aparentes en los muros. Una de éstas es el uso de hojas de plástico con acabado, estas hojas tienen diferentes formas y texturas, las cuales se adhieren a la losa de piso usando un pegamento especial; antes de colar el muro es importante impregnar a estas con un líquido deseconfrante para así facilitar el desprendimiento final de los mismos una vez que el muro ha sido erguido.

FIJANDO LOS SOPORTES DE TECHUMBRE

Los soportes que recibirán los polines de la estructura de techo normalmente son de ángulo de 2"x2"x1/4".

¿EN QUE TIEMPO SE CIMBRA UN MURO?

Dos carpinteros expertos pueden cimbrar un muro normal en dos horas. Un panel con quiebres y algunos detalles arquitectónicos especiales puede tomar hasta 4 horas su cimbrado. En promedio dos carpinteros deben cimbrar de 8 a 12 paneles por día, dejándolos listos para recibir el acero de refuerzo.



Fig. 4.9 En las esquinas, aberturas para puertas y ventanas se calculará acero de refuerzo extra.

EL DESENCOFRANTE ANTES QUE TODO

Antes de colocar cualquier cosa sobre la losa es necesario rociar a ésta con el líquido desencofrante en dos capas alternadas. La superficie debe estar limpia y libre de polvo ó cualquier sustancia que impida la acción del líquido desencofrante.

Enseguida se humedece la losa con agua para evitar que el desencofrante sea absorbido por el concreto de la losa, reduciendo así su efectividad. Para asegurar su efectividad éste líquido debe aplicarse en dos capas de 7.4m²/litro; es necesario dejar pasar unos 15 minutos antes de rociar la segunda capa; ésta se debe aplicar en ángulo recto con respecto a la primera. La mayoría de estos líquidos desaparecen de la superficie del muro en un par de semanas debido al proceso de oxidación, evitando con esto cualquier problema con la adherencia de la pintura en los muros.

El desencofrante se debe aplicar algunos días antes de colar los muros. Para checar la efectivi-

dad de éste, justo antes de colarse lo muros se deberán rociar algunas gotas sobre la losa de piso;; si éstas permanecen sobre la losa entonces el desencofrante esta bien aplicado y funcionará; pero si las gotas de agua se filtran en el concreto, entonces se deberán aplicar nuevamente las dos capas de líquido desencofrante.

TIPOS DE DESENCOFRANTES

Existen tres tipos de desencofrantes:

- a). Solución sintética de petróleo ó de resinas.
- b). Solución de ceras jabonosas.
- c). Solución a base de silicones.

Los de tipo de resina y de ceras jabonosas forman una película, la cual puede quedar impregnada en las losas y los muros. Aunque las resinas estan diseñadas para que se oxiden de entre 30 y 90 días después de su aplicación, en algunas ocasiones perduran por más tiempo. Por otro lado las soluciones de ceras jabonosas, no se oxidan y particularmente, si su aplicación es excesiva, dejan



Fig. 4.10 Armado de parrilla de acero de refuerzo con varilla de 1/2" en ambos sentidos.



Fig. 4.11 El acero de refuerzo se coloca al centro del muro y la parilla es soportada por silletas de acero.

residuos en los muros, ocasionando la aparición de manchas y problemas a la hora de aplicar la pintura; es por esto que el mejor tipo de desencofrante es el que esta hecho a base de solución de silicones, ya que no deja residuos.

REVISANDO LA CIMBRA ANTES DE COLAR

- Revisa la altura del muro y su espesor.
- Asegúrate que el panel o muro sea cuadrado o rectangular (checar lo escuadrado del muro).
- Checa que las aberturas de puertas y ventanas estén en el lugar correcto y con las dimensiones apropiadas.
- Supervisa que los plásticos para acabado sean los correctos, que se les aplique el líquido desencofrante y que se encuentren en el lugar diseñado.
- Asegúrate que las fronteras del muro están a plomo y seguras contra deslizamiento.
- Revisa que el líquido desencofrante se haya

aplicado antes de colocar el acero de refuerzo.

COLOCANDO EL ACERO DE REFUERZO Y LOS ACCESORIOS DE IZAJE

Tener el acero de refuerzo en el lugar correcto y en la cantidad adecuada, es esencial, no solo por la integridad estructural del muro durante su vida útil, si no además por la gran cantidad de esfuerzos que se producen durante el izamiento del mismo.

Dentro del muro no solo se colocan las varillas de refuerzo si no un sin número de accesorios extras como: los insertos de izaje, los anclajes para contraventeo, el ángulo para soportar polines de techumbre, placas de acero, etc..

EL ACERO DE REFUERZO RECOMENDADO

Las varillas de refuerzo usadas normalmente en los muros son de 3/8", 1/2" y 5/8". Estas se colocan al centro del espesor del muro y normalmente se arman en doble sentido. Colocando el acero de refuerzo al centro del espesor del muro la resistencia al pandeo del muro es igual en ambas direc-

ciones.

En el caso en donde se requiere mayor resistencia, como en el perímetro de las aberturas para puertas y ventanas o en puntos en donde existieran cargas concentradas, el refuerzo se coloca en ambas caras del muro. El uso de varillas mayor al # 6 se deben evitar debido a la falta de espacio que éstas ocasionarían en el armado del muro.

El acero de refuerzo que se recomienda usar es el ASTM A615, grado 40 ó grado 60 ($F_y=4200$ kg/cm²). Aunque normalmente se usa el grado 60 desde que este cuenta con un 50% mas de resistencia en comparación con el acero grado 40 y la diferencia de costo es mínima.

La capacidad de soldabilidad en el acero que usemos es muy importante. El acero grado 40 tiene gran capacidad de soldabilidad, sin embargo el acero grado 60 requiere de un precalentamiento. Existe en el mercado un tipo de acero grado "60" con capacidad de soldabilidad, a este se le denomina acero grado 60-W y las varillas se pueden identificar ya que tienen grabadas una letra w y enseguida el grado de acero de la misma.

¿COMO SE COLOCA EL ACERO DE REFUERZO?

Una cuadrilla de cuatro hombres puede colocar la parrilla de acero de refuerzo en media hora; claro que ésta parrilla ya se encontraba previamente armada. El acero de refuerzo en el muro es apoyado en silletas; éstas normalmente son fabricadas en acero y plastico. Es muy importante usar las silletas adecuadas para asegurarnos que las varillas se han colocado al centro del muro. Las silletas se pueden conseguir de diferentes alturas, normalmente en incrementos de altura de $\frac{1}{4}$ " (6 mm). La recomendación más común para la colocación de las silletas es no colocarlas a más de 4 pies de separación entre ellas, en ambos sentidos.

El mínimo acero de refuerzo necesario en un muro es una parrilla de acero del # 4 armado en ambos sentidos @ 18" (457mm)centro a centro. El diseñador nunca deberá espaciar las varillas en

menos de 9" (230mm) centro a centro ya que es difícil pisar en este tipo de armado. Si el cálculo arroja un espaciado de éste tipo, es recomendable usar varillas de mayor diámetro. Por ejemplo, acero del # 5 @ 12" (305 mm) que es equivalente a varilla #4 @8" (203mm) (ver "el refuerzo mínimo en un muro" en el capítulo 5).

CODIGO PARA CALCULAR EL ACERO DE REFUERZO

Existe una mínima cantidad de acero de refuerzo especificada, por reglamento, que debe ser colocada en una losa para tener un control de fisuras debido a las contracciones y a los cambios de temperatura. En la mayoría de los casos esto se logra usando varillas del # 4@ 18" (460 mm), como mínimo, pero recuerda que esto es como mínimo y que rara vez se usa debido a los requerimientos estructurales que nos arroja el cálculo.

Algunos otros requerimientos a la hora de calcular el acero de refuerzo son:

■ El espaciamiento de las varillas no debe exceder tres veces el ancho del muro o 18" (460mm) lo que sea menor.

■ El traslape de varillas debe ser determinado por un ingeniero; aunque 24" (610 mm) será suficiente en el caso de usar varillas del # 4 y # 5.

■ Los muros con más de 10" (254 mm) de ancho deben estar doblemente armados, es decir un armado en cada cara del muro.

■ La distancia mínima entre varillas paralelas no debe ser menor que el diámetro de una varilla o 1" (25 mm), lo que sea mayor, o 1.33 veces el tamaño del agregado mayor.

■ La tolerancia para la colocación de la parrilla de refuerzo con respecto al centro del muro es de $\frac{3}{8}$ " (10 mm).

■ Alrededor de todas las aberturas, en el muro, se debe colocar por lo menos una varilla # 5 y extenderla mas allá de las aristas 24" (610 mm). El ingeniero puede especificar más si así se requiere.

■ La capa de recubrimiento del concreto en muros, no expuestos a la tierra ni el medioambiente, debe ser por lo menos de $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

■ En muros con armados de varilla hasta el #5 y expuestos al medioambiente y la tierra, el recubrimiento debe de ser de 1 1/2".

■ El refuerzo vertical y horizontal debe estar amarrado en por lo menos el 50% de todas las intersecciones del armado del muro.

■ Las varillas de refuerzo paralelas a la orilla del muro o de cualquier abertura deben colocarse a una distancia de 3" como mínimo de la misma abertura u orilla del muro.

■ Se debe evitar el uso de diferentes grados de acero en el diseño y de preferencia se debe usar un mismo diametro de varilla para el armado de todos los muros.

■ El desencofrante no debe entrar en contacto con el acero de refuerzo.

INSTALANDO LOS INSERTOS DE IZAJE Y LOS INSERTOS PARA LOS PUNTALES

La localización precisa de los insertos de izaje en el muro es crítica para un izamiento exitoso. Estos deben estar rígidamente amarrados a las varillas de refuerzo para que se encuentren en su posición correcta a la hora de que el muro sea colado. Se debe cerciorar que éstas estén puestas a la altura correcta para que puedan salir a la superficie del muro y no queden ahogadas en el concreto.

REVISANDO EL ACERO ANTES DE COLAR

■ Revisa que el espacio y tamaño de las varillas correspondan con el proyecto.

■ Observa si la parrilla se encuentra colocada al centro del espesor del muro.

■ Asegúrate que los insertos se encuentren en el lugar correcto y seguramente afianzados a la parrilla de refuerzo.



Fig. 4.12 En ésta fotografía se muestran dos muro listos para colar. El acero de refuerzo se encuentra a la mitad del muro soportado por silletas y al fondo se pueden observar ocho insertos de izaje.

■ Revisa en que condiciones se encuentra el desencofrante. (Rocía una poca de agua sobre la losa , si se forman ampollas de agua sobre ella, el desencofrante esta en buenas condiciones).

■ Limpia la losa de cualquier residuo de material.

■ Ahora si puedes colar tu muro.

COLANDO LOS MUROS

Es común que una cuadrilla de seis hombres cuelen 20 muros en un día, con una buena cuadrilla de trabajo, un panel no deberá tomar más de 30 minutos en distribuir el concreto en el muro, deján-

siempre dependerá de varios factores, como la resistencia de diseño, el revenimiento, el tiempo de colado y el clima.

La mayoría de las técnicas que hemos mencionado acerca del colado y acabado en la losa de piso, se aplica también a los muros. El colado de los muros se puede traducir en un proceso de producción de alto rendimiento.

El concreto debe tener un revenimiento de 4 a 5" (100 - 130 mm). Si se agrega agua a la olla en el sitio de trabajo, esto lo debe hacer un experto en la materia; ya que no hay que olvidar que por cada

Por otro lado un excesivo vibrado puede causar que el agregado grueso se asiente en el fondo del muro.

A large red crawler crane is shown in the process of lifting a massive, rectangular concrete slab. The crane, which has a lattice boom, is positioned on a flat, light-colored ground. The slab is being hoisted by several thick cables. Two workers in light-colored clothing are standing near the base of the slab, providing a sense of scale to the enormous size of the concrete piece. The background is a clear, bright blue sky.

EL CONCRETO

galón de agua agregado a una yarda cúbica de concreto (0.84 metros cúbicos) el revenimiento aumentará 1" (25 mm).

El agregado grueso de concreto normalmente es de $\frac{3}{4}$ " a 1 1/2" (19 a 38 mm). Si así lo requiriese, se le pueden agregar al concreto un sin

37

número de aditivos según el proyecto lo indique.

EL BOMBEADO DE CONCRETO

El uso de concreto bombeable es costoso, más sin embargo su uso se está haciendo cada vez más normal en el colado de los muros; la razón es que se elimina el tráfico de las ollas revoledoras sobre la losa y las bombas pueden alcanzar hasta los lugares más incómodos y remotos para colar un muro.

EL IZAMIENTO Y APUNTALAMIENTO DE LOS MUROS

Este es el día más excitante para los constructores de estructuras tilt-up. El dueño está casi siempre ahí con su cámara grabando el nacimiento de su edificio. La grúa llega a la obra muy de mañana y si no hay ningún problema, por la tarde el edificio empieza a tomar forma ya con una docena o más de muros izados y puestos en su lugar. Si se cuenta con gente especializada se pueden izar 20 o más muros por día, es decir 2,000 m² de muros aproximadamente.

Alcanzar este tipo de producción no es resultado de la casualidad; si no por el contrario es el resultado de una planeación cuidadosa, y de años de experiencia en la construcción con este método.

...EL DIA DE LA VERDAD

El día del izado es también el día de la verdad, cualquier error en el cimbrado de los muros o la inexperiencia en la construcción de los pisos se reflejará en el acabado final de los mismos. Los errores ocurren, no muy a menudo, y pueden ser arreglados, más sin embargo la corrección de los errores normalmente toman mucho tiempo y son costosos.

En ocasiones es necesario demoler o cortar el muro de concreto debido a que fue mal cimbrado, para después volver a colar el muro y colocarlo en su posición final.

Estos errores se pueden reducir al mínimo con una buena y eficiente supervisión a la hora del

cimbrado. El residente de obra debe de estar continuamente chequeando las dimensiones del muro cimbrado con respecto a los planos arquitectónicos y estructurales.

SELECCIONANDO LA GRUA

Una buena planeación, experiencia y organización son la clave para un buen trabajo de construcción. Es muy importante tomar en cuenta también la experiencia del operador de la grúa, aunque esto no quiere decir que si no se cuenta con operadores con experiencia el izamiento de los muros no se pueda realizar.

La grúa, como ya se había visto, debe de tener una capacidad de 1.5 a 2 veces el peso del muro más grande. De ser posible es necesario que el operador tenga experiencia en el izamiento de muros. En ciudades grandes es fácil encontrar gentes con esta experiencia, más sin embargo en pequeñas ciudades será difícil encontrar gente con experiencia. En este caso lo más recomendable es que el operador aprenda, tomando muchas precauciones, en la marcha. Se puede pedir ayuda de los distribuidores de accesorios para muros de Tilt-Up, en lo que se refiere a asesoría para el operador de la grúa.

PLANEANDO LA ERECCION DE LOS MUROS

Existe una gran cantidad de trabajo que realizar antes de erigir los muros, y la ejecución correcta del mismo es lo que hará la diferencia entre el éxito y el fracaso en el izamiento de los muros.

El operador de la grúa debe de tomar en cuenta la siguiente información:

- Debe de chequear el acceso de la grúa al sitio de trabajo.

- Deberá existir una rampa de concreto o tierra que permita a la grúa subir a la losa de concreto, esto con la finalidad de que la losa de concreto no se deposite debido al peso de la grúa.

- Se debe tener la precaución de preguntar por la compactación del terreno natural, en caso de que la grúa vaya a rodar sobre el mismo.



Fig. 4.14 En ésta imagen, de izquierda a derecha, podemos apreciar un muro con un anclaje para puntal y un anclaje para izamiento.



Fig. 4.15 Anclaje de apuntalamiento en losa de piso

- Deberá platicar con el residente de obra acerca de la secuencia en que los muros deberán ser erguidos.
- También checará que los insertos de izamiento y las conexiones para los puntales, se encuentren en lugar correcto y sean accesibles.
- Se debe cerciorar de que las zapatas se encuentran listas para recibir el muro.
- Preguntará a la cuadrilla de izamiento si se encuentra disponible y lista con la herramienta necesaria.
- No se deberán izar muros en días con viento, ya que hasta una pequeña brisa puede mover a el muro que este siendo izado.

ACERCA DE LAS GRUAS

La grúa más comúnmente usada para el izamiento de muros es: *la grúa camión con pluma*. La altura de la pluma depende de la altura de los muros a erguir. La grúa deberá contar con el permiso para tránsito por las calles de la ciudad. Una vez en la obra, ésta, deberá ser revisada y checada

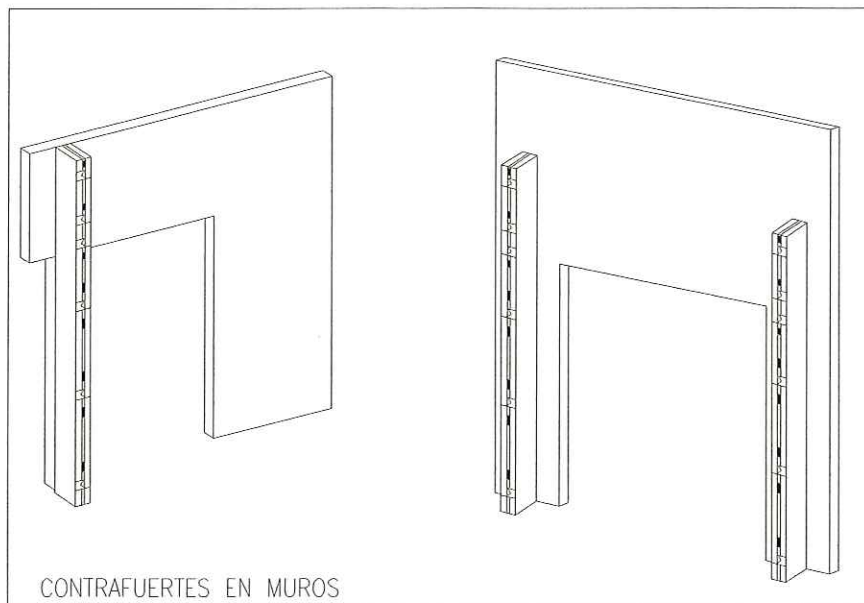


Fig. 4.16 Tipos de contrafuertes usados en el izamiento de muros tilt-up.

por el operador.

Las grúas se clasifican, por su capacidad, en toneladas de carga. La capacidad de carga es el máximo peso que la grúa puede levantar. Para un trabajo de Tilt-Up la grúa que comúnmente se usa tiene una capacidad de 140 Ton. Aunque esta no

es una regla general. Para seleccionar que capacidad de carga deberá tener nuestra grúa, será necesario tomar en cuenta el peso del muro más grande, su altura y la distancia que habrá que moverlo, desde su izaje hasta su posición final. Como regla general, la capacidad de una grúa, como mínimo, deberá de ser el doble del peso del muro de mayor



Fig. 4.17 En ésta fotografía se muestra el uso de contrafuertes en el izamiento de un muro.

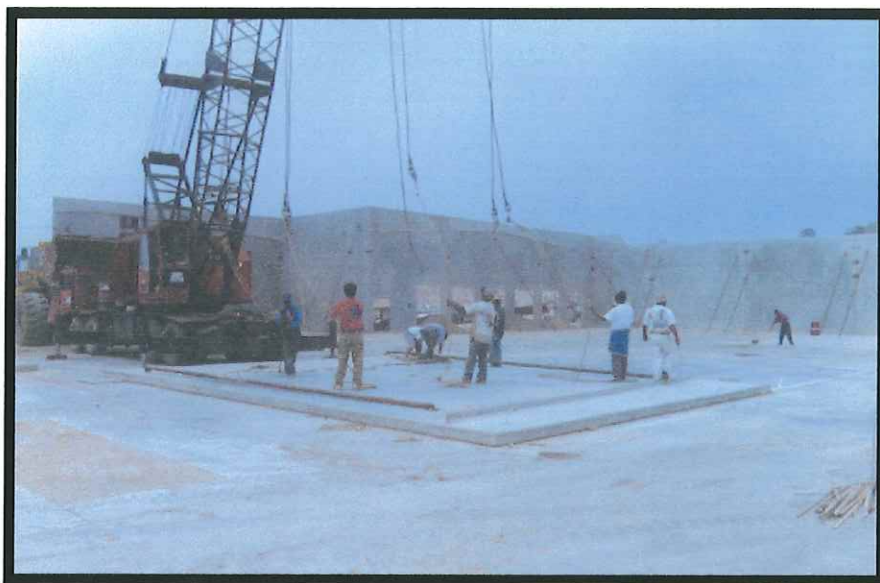


Fig. 4.18 La grúa tensa los cables y antes de erguir el muro se checa que los cables estén bien afianzados a los insertos de izaje

dimensiones o mayor peso.

LOS ACCESORIOS DE IZAMIENTO

Los accesorios de izamiento incluyen los insertos colocados en cada muro, los cuales se usan para amarrar los cables de la grúa e izar los muros, también existen los anclajes para puntales, los cuales tienen la función de conectar el puntal entre el muro y la losa de piso para, como su nombre lo indica, apuntalar los muros.

Como se verá más detalladamente en el capítulo cinco, Ingeniería para Estructuras Tilt-Up, el número de insertos para izaje, requeridos, dependen del tamaño y forma del muro; su distribución debe ser calculada para reducir al mínimo los esfuerzos por flexión que se originan durante el izamiento del muro. Una mala distribución de éstos puede causar la aparición de esfuerzos de flexión excesivos causando desde la aparición de grietas hasta la ruptura total del muro.

Algunos muros requieren solo de dos insertos de izaje, mientras que la mayoría requieren de cuatro. En algunos casos se han requerido hasta 16 insertos de izaje por muro. (ver capítulo 5).

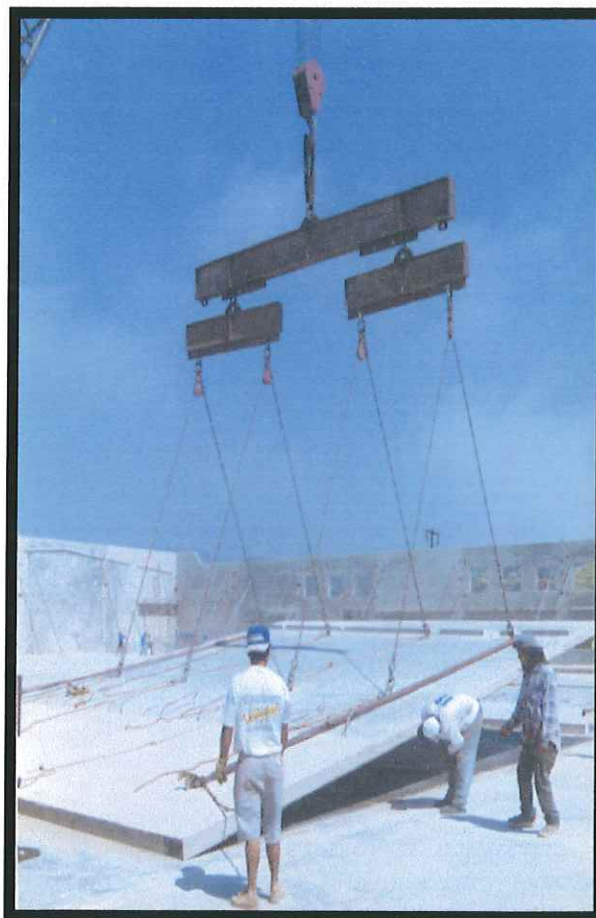


Fig. 4.19 Se da la señal al operador de la grúa para que comience a levantar el muro.

APUNTALANDO LOS MUROS

Después de que un muro ha sido puesto en su lugar y antes de que suelten los cables, unidos a los insertos de izaje del muro, que nos ayudaron a levantar el muro, los puntales se deben instalar para con ellos evitar el desplome de los muros y evitar también que se caigan debido a la fuerza del viento. En un día desastroso de 1987, en Ontario California, 150 muros se desplomaron debido a una falla en los insertos de izaje. Actualmente estos insertos, a raíz de esa experiencia, están diseñados para soportar una presión del viento de 15 lb/ft²).

Dos puntales por muro es el mínimo requerido. En áreas con alto riesgo sísmico o en donde los vientos son muy fuertes se requerirán de tres a cuatro puntales para reducir el riesgo de falla. Los puntales normalmente están hechos de tubo galvanizado con secciones telescópicas y con ajuste de rosca en la parte inferior del mismo. En la parte superior del puntal existe un tornillo que se atornilla a el inserto ahogado en el muro, por el otro lado, ese puntal se atornilla a la losa gracias a un inserto previamente colocado en la losa de piso.

La conexión del puntal, en la parte superior del muro, deberá estar arriba de la mitad de la altura

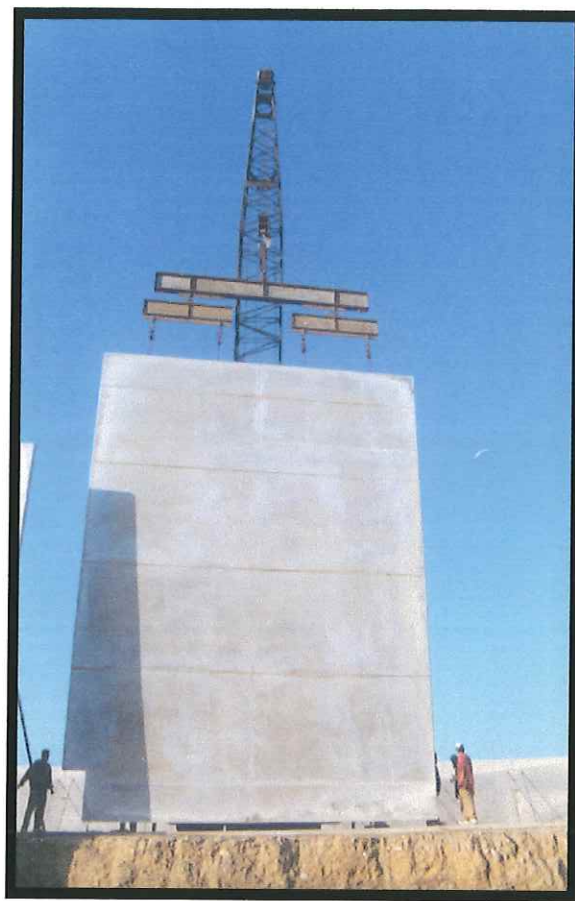


Fig. 4.20 El panel es colocado con sumo cuidado sobre los dados de soporte previamente nivelados con un "grout" adecuado.



Fig. 4.21 La cuadrilla de trabajadores, con la ayuda de algunas barras, y en coordinación con el operador de la grúa, colocan los muros alineados y a plomo.

ra del muro, como mínimo; usualmente se recomienda que entre el puntal y el muro exista un ángulo de 60°.

Los puntales son atornillados, primero, en el muro cuando se encuentra sobre la losa de piso antes de ser izado. Cuando el muro es erguido y puesto en su posición final, el puntal cuelga libremente, este es tomado por alguien y puesto en su posición final, formando un ángulo de 60° con la horizontal, mientras otro trabajador taladra un hoyo en la losa para que la parte inferior del puntal sea asegurada a la losa por medio de un tornillo

de expansión.

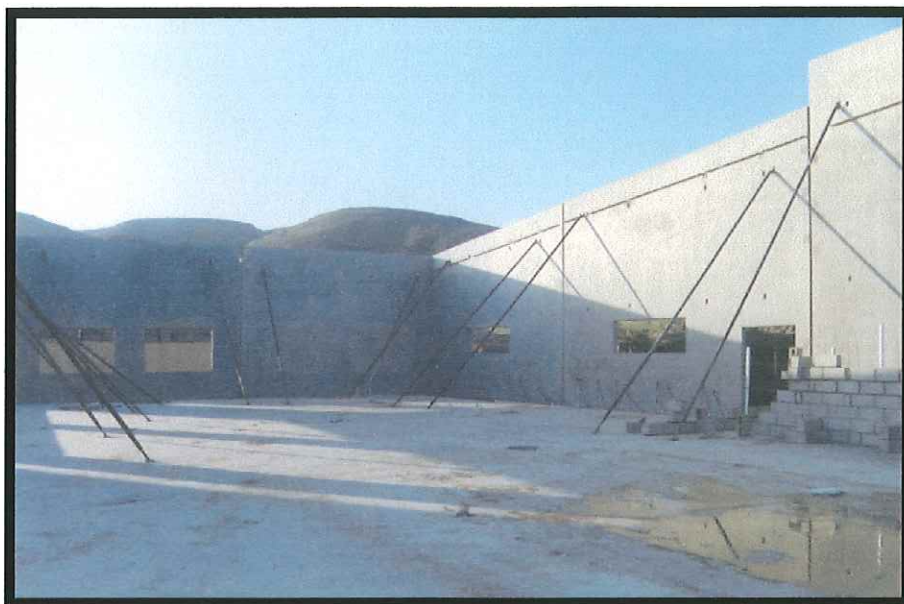


Fig. 4.22 Una vez erguidos los muros, se toman los puntales y se colocan de tal forma que formen un ángulo de 60° con la horizontal

CONTRAFUERTE DE RIGIDEZ

Los elementos de rigidez resuelven el problema de cómo izar muros asimétricos (como el caso de un muro con forma de "L" invertida) o con grandes aberturas. En realidad lo que hacen estos elementos, como su nombre lo indica, es rigidizar el

muro, facilitar su levantamiento y evitar su ruptura. (ver figura 4.16).

LA SECUENCIA DE IZADO

A continuación se expone una lista de actividades que se verían en el sitio de la obra en donde



Fig. 4.23 Una vez que los cables han sido separados de los insertos de izaje, la grúa empieza a maniobrar hacia el lugar en donde habrá de izar un muro más.

se estuviera izando un muro construido con el método tilt-up:

- En la obra estaría lista una cuadrilla de aproximadamente de 6 a 8 trabajadores. La grúa encendería su motor y se acercaría al primer muro por izar, enseguida 4 trabajadores tomarían los cables, que erguirán los muros, y los afianzarán a éste. El tiempo estimado para ésta operación es de 2 minutos, aproximadamente.

- La grúa tensa los cables y antes de erguir el muro se checa que los cables estén bien afianzados a los insertos de izaje, ahogados en el muro.

- Se da la señal al operador de la grúa para que comience a levantar el muro. El muro empieza a ser erguido lentamente, apoyando una arista del muro mismo contra la losa de piso. En ocasiones es bueno poner pedeceras de madera para evitar que el piso se dañe en caso de algún deslizamiento accidental del muro. El muro se sigue levantando hasta que queda casi en una posición vertical sobre el piso. El tiempo de esta operación es de alrededor de 10 a 15 minutos.

- Si el panel no puede ser colocado en su posición final, debido a que la extensión de la pluma de la grúa no lo permite: entonces la grúa se pone en movimiento con el muro recién levantado (a esto se le denomina caminar con el muro para encontrar un lugar más cercano a la posición final del mismo). Esto toma de 3 a 10 minutos. No se debe izar en presencia de viento.

- El panel es colocado con sumo cuidado sobre los dados de soporte previamente nivelados con un "grout" adecuado. Para lograr que el panel quede en su posición final, la cuadrilla de trabajadores, con la ayuda de algunas barras, y en coordinación con el operador de la grúa, colocan los muros alineados y a plomo.

- Una vez que se ha logrado esto, se toman los puntales y se colocan de tal forma que formen un ángulo de 60° con la horizontal, enseguida un trabajador, con la ayuda de un rotomartillo, taladran la losa de piso para que ahí se coloque la parte inferior del puntal y sea asegurado con un tornillo de

expansión. El tiempo usual para esto es de 15 a 30 minutos.

- Con el muro a plomo y asegurado a la losa de piso, los trabajadores desenganchan los cables de la grúa de los insertos de izaje.

- Una vez que los cables han sido separados de los insertos de izaje, la grúa empieza a maniobrar hacia el lugar en donde habrá de izar un muro más.

Como se puede ver el tiempo estimado para erguir un muro, con una cuadrilla experta, es de 20 a 30 minutos.

TOLERANCIAS

En lo que respecta al plomeo vertical del muro, la tolerancia es de $\pm \frac{1}{2}$ " (13mm); en la parte superior del muro la tolerancia en la altura con respecto

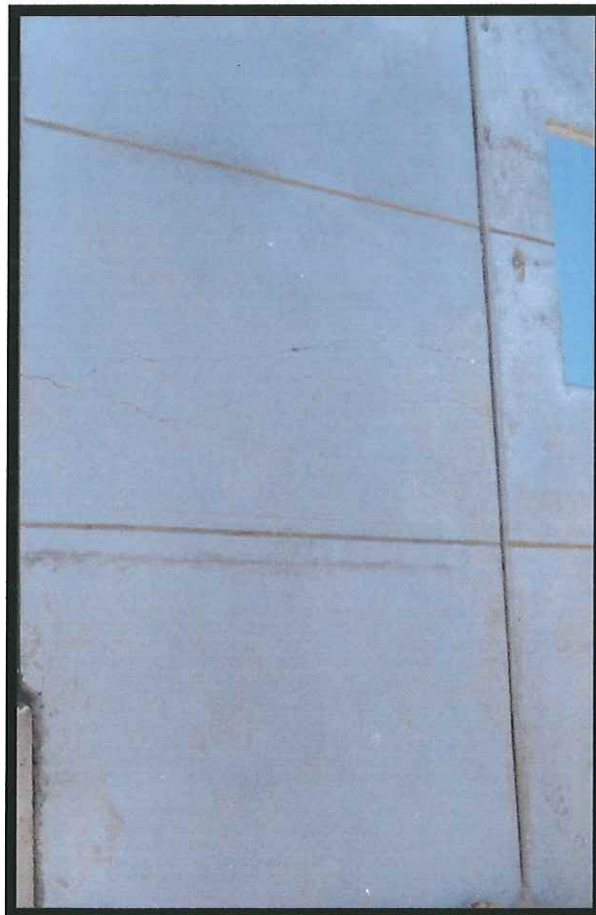


Fig. 4.24 Fisura en muro debido a la falta del uso de contrafuertes.

al muro vecino es de $\pm 1/4"$ (6mm). En la unión de los dos muros, en la cual casi siempre queda una abertura de $3/4"$ (19mm), no deberá variar la abertura en $\pm 1/4"$ (6mm) desde la parte inferior hasta la parte superior. Si se tiene cuidado en el cimbrado de las zapatas, dados y muros, estas tolerancias serán muy fáciles de obtener (ver anexo 2).

FISURAS EN LOS MUROS

Los muros ocasionalmente se fisuran a la hora de ser erguidos, normalmente esto ocurre debido a los sobre esfuerzos que se originan al momento de erguirlos o a que se haya dejado demasiado espacio entre los insertos de izaje.

La mayoría de las fisuras normalmente se cierran por sí solas después de que el muro ha sido puesto en su posición final, por lo que no hay que preocuparse más por ellas. Si después de haber izado el muro y haberlo puesto en su lugar la fisura es visible, entonces el ingeniero estructuralista deberá revisar la fisura y prever como afectará estructuralmente al comportamiento del muro. Si el muro tiene un pandeo visible después de haber sido erguido, esto significa que el acero sufrió un esfuerzo de fatiga que rebasó el límite de fluencia del mismo. Este pandeo puede medirse desde algunos milímetros hasta algunos centímetros. En este caso también el ingeniero estructuralista deberá decidir si el muro se reemplaza o se queda en su lugar.

PROBLEMAS EN EL IZAMIENTO

- **Aparición de fisuras en el muro a la hora de ser erguido:** Esto normalmente se debe a un armado insuficiente para soportar los grandes esfuerzos que se presentan al erguir el muro; o debido a que el muro se levanta rápidamente y sin ningún cuidado. La mayoría de las fisuras se cierran por sí solas después de que el muro ya ha sido puesto en su lugar; ocasionalmente las fisuras también son rellenadas con alguna sustancia epóxica. Es muy raro que un muro sea removido y reemplazado debido a la aparición de una falla o fisura.

- **El muro se adhiere a la losa de piso:** Esto normalmente se soluciona insertando una hoja de acero por debajo del muro para romper la capa de agua

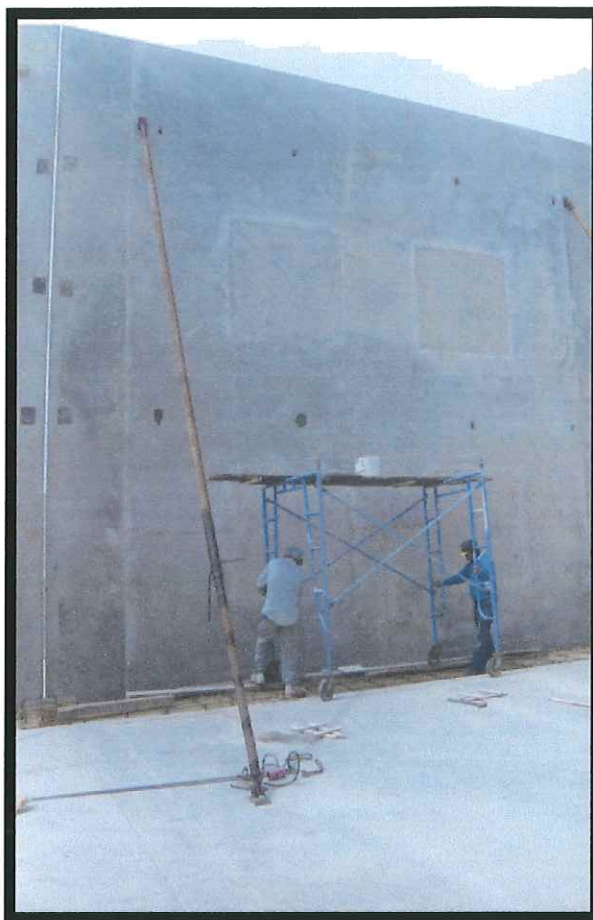


Fig. 4.25 Cuadrilla de resanadores de muros.

que funciona como aglutinante entre la losa de piso y el muro. Para evitar que ocurra es muy importante evitar la existencia de charcos de agua en la losa antes de colar los muros; otra causa que rara vez ocurre es que el líquido desencofrante falle y el muro se adhiera a la losa de piso, al ocurrir esto y erguir el muro normalmente una parte de la losa de piso se desprende y se va unida al muro recién izado.

- **Capacidad de la grúa insuficiente:** Esto normalmente ocurre por no considerar el peso del muro más grande. Cuando esto ocurre, se le puede poner a la grúa un contrapeso con botes rellenos de concreto, o contratar una grúa con mayor capacidad.

- **El muro no se puede colocar en su posición final:** Esto se debe a que no se colocan los insertos de izaje en su posición exacta. Si se batalla en

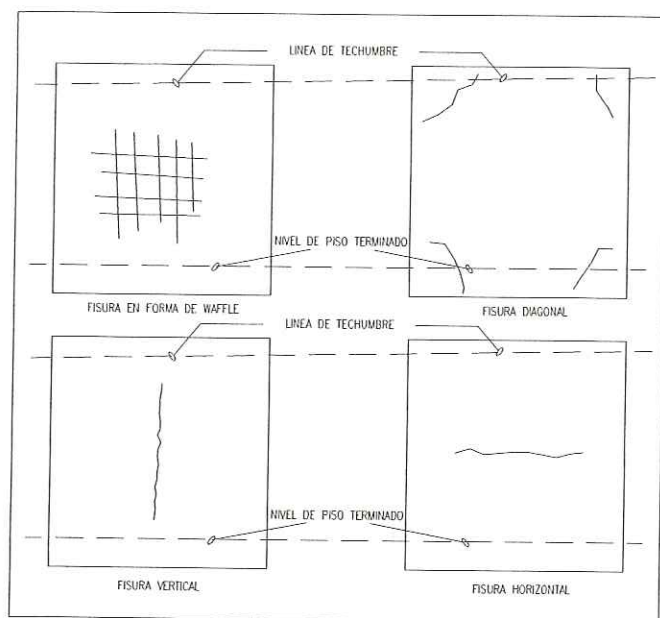


Fig. 4.26 Tipos de fisuras que se presentan en los muros.

queremos decir que se deban ignorar todas las grietas o fisuras en los muros; ya que si la fisura se extiende a través de todo el muro, o en una orilla del muro, estos deberán ser revisadas por el ingeniero estructurista.

Algunas de las fisuras más comunes que se presentan son las siguientes:

- **Fisura en forma de waffle:** Aquí las fisuras forman una cuadrícula en el muro, las cuales se forman sobre el acero de refuerzo, cubriendo en algunas ocasiones gran parte del muro. Estas grietas se originan debido al exceso de contracción, particularmente si el acero de refuerzo se encuentra muy cercano a la superficie. Este tipo de fisuras se

poner al muro en su posición final, se deberá volver a poner sobre la losa, para insertarle algunos insertos de izaje de emergencia que brinden un mejor balance en el mismo a la hora de ser izado. El operador de la grúa deberá siempre contar con algunos de estos insertos de emergencia.

- **El muro es muy grande:** Si por alguna razón el muro es muy grande, este deberá cortarse con alguna sierra para concreto o con un rotomartillo hasta que su dimensión permita colocarlo en su posición final.

- **Cuando un inserto de izaje se rompe:** Con la tecnología hoy en día usada en la fabricación de estos insertos de izaje es raro que esto ocurra. Cuando existe falla en los insertos lo que casi siempre ocurre es un mal cálculo en la distribución del diseño del inserto de izaje.

ALGUNOS PROBLMAS Y REMEDIOS

Aunque se hayan tomado todas las precauciones necesarias, las fisuras o grietas a menudo aparecen sobre los muros después de haber sido izados. La aparición de algunas fisuras normalmente se deben a la contracción del concreto y la mayoría de ellas aparecen cuando el muro todavía se encuentra sobre la losa de piso. Aunque la mayoría de las fisuras son debido a la contracción natural del concreto estas no tienen consecuencias estructurales significantes. Con esto no

Fig. 4.27 Esquema que muestra un resumen del proceso constructivo de un edificio Tilt-Up.

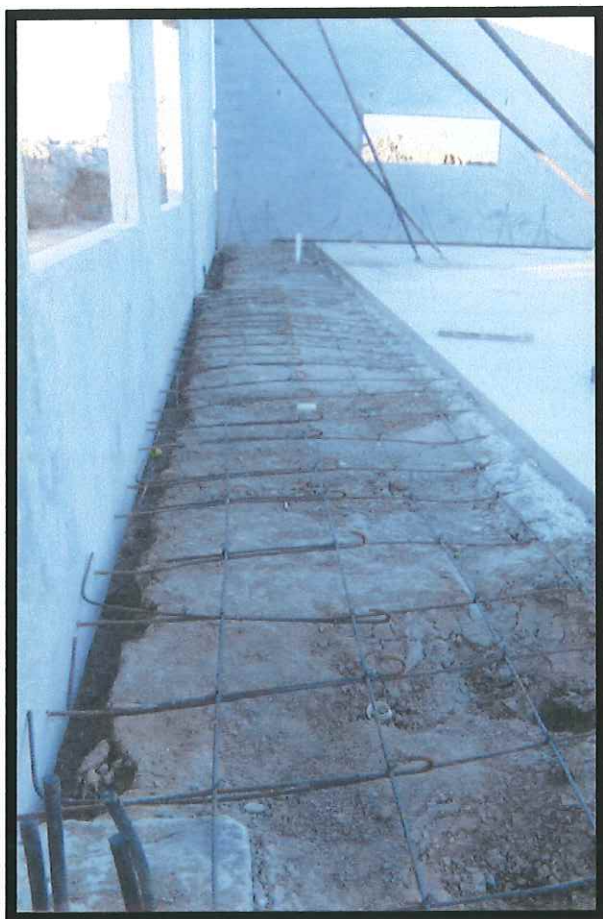


Fig. 4.28 Tira de cerramiento entre muro y losa de piso.

ven más en climas cálidos y se debe a que el concreto se afecta debido al contacto con el acero de refuerzo caliente, creándose un plano débil que facilita la aparición de éstas.

La solución a éste problema es el uso de concretos con revenimientos bajos y regar con agua fría el acero de refuerzo justo antes de colar el muro.

- Grietas verticales cerca del centro del muro: Esta fisura se debe normalmente a la contracción del concreto en una dirección longitudinal. Este tipo de fisura es muy común y normalmente no afecta estructuralmente.

- Fisuras horizontales a la mitad de la altura del muro: Esta falla se puede ocasionar también por una excesiva contracción en el concreto o por exceso de esfuerzos a causa del izamiento del muro. También pueden aparecer debido a cargas de viento

o de sismo ya que la fisura aparece en el punto en donde el esfuerzo es mayor. La mayoría de éste tipo de fisuras han aparecido después de haber ocurrido un sismo (ver figura 4.24).

- Fisuras diagonales en la esquina inferior: Estas fisuras son el resultado de una contracción longitudinal debido a que la parte inferior del mismo se encuentra restringido de movimiento por los mismos dados de cimentación. Estas grietas se pueden prever agregando acero de refuerzo extra en la parte inferior del muro.

- Aparición de manchas en los muros: Esto es el resultado de la absorción de agua en determinada zona del muro. Esto se origina debido a que no se aplica suficiente líquido desencofrante en la losa de piso ocasionando con esto que la losa de piso absorba el agua del concreto del muro recién colado.

CONECCIONES Y TOQUES FINALES

Después de que los muros han sido izados, varias cosas se tienen que hacer. Estas incluyen las conexiones entre los muros, el relleno de la abertura entre muros con "caulking"; el calafateo de las juntas de la losa de piso, remover las tiras del acabado aparente de los muros, emplastar los muros en donde lo requiera, rellenar los huecos dejados por los insertos, empezar a montar la estructura de la techumbre, montar las columnas interiores, finalmente los muros son sandblasteados o pintados depende de las especificaciones del proyecto.

TRASLAPE DE VARILLAS DE CERRAMIENTO

Las varillas de cerramiento unen al muro con la losa de piso. Lo primero que se debe de hacer es rellenar el espacio entre el muro y la losa y compactarlo. Si la profundidad de relleno es mayor de 1.5 m las varillas de arriba se deben traslapar, amarrar y soldar para así evitar que el muro se mueva debido a la presión del relleno compactado. Después de haber amarrado y soldado las varillas se coloca el concreto. Esta franja de cerramiento deberá ser terminada y curada igual que la losa de piso y las juntas de control deberán ser también

hechas con una maquina cortadora de concreto y deberán coincidir con las juntas de la losa de piso.

REMOVIENDO LOS PUNTALES

Esto se deberá hacer únicamente después de que la techumbre y los pisos han sido conectados a el muro. Los agujeros dejados por los insertos de izaje y los tornillos de expansión sobre la losa deberán ser rellenados con algun "grout".



Fig. 4.29 En esta imagen se aprecia el ángulo en dónde serán apoyados los polines para soportar la lámina de azotea.

RESANANDO LA SUPERFICIE EXTERIOR

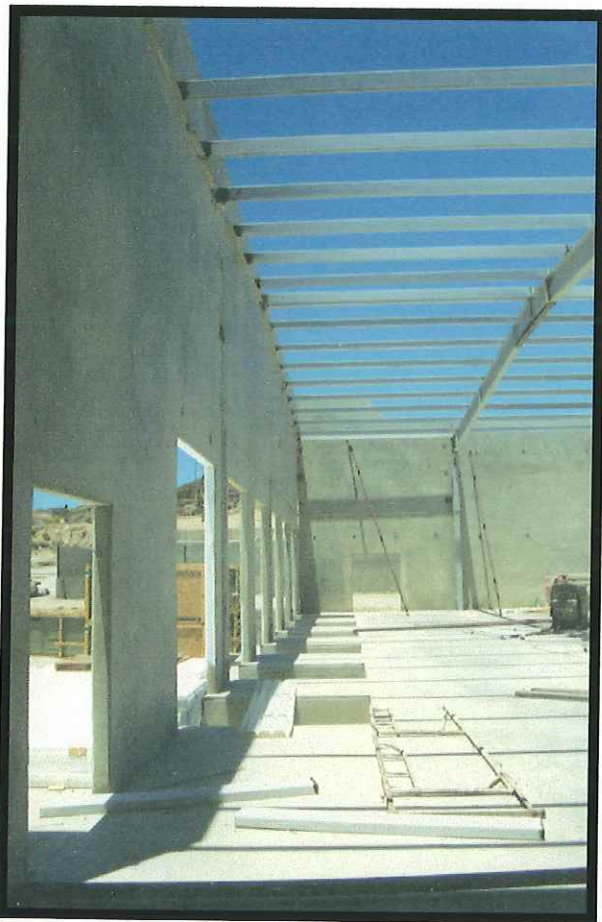


Fig. 4.30 Polinaje de techumbre apoyado en ángulo ahogado en muro de concreto y en marco de acero.

Cualquier desperfecto en la losa de piso se reflejara en la superficie de nuestro muro cuando sea izado. Si las juntas de control de la losa no fueron previamente rellenadas, éstas se reflejaran también en nuestro muro; por lo que éstas deberán ser calafateadas antes de colar los muros.

Por más cuidado que se tenga, siempre aparecerán marcas sobre el muro por lo que hay que resanarlas, para esto es necesario usar mezcla de cemento y cuando las grietas así lo requieran se deberá usar alguna sustancia epóxica (ver figura 4.25).

EL CALAFATEO DE JUNTAS ENTRE MUROS

Esta es una operación muy importante debido a que la unión entre muros debe retener el acceso del agua al interior del edificio por un largo periodo de vida útil, así como permanecer flexible para soportar la expansión y contracción del muro de concreto. El problema más común en el calafateo de juntas entre muros es la falta de adhesión del sellador con el concreto. Para evitar esto, la superficie de contacto deberá limpiarse con un cepillo de alambre para así remover cualquier residuo de líquido desencofrante o polvo que pudiera evitar la adhesión del sellador con el mismo. El material



Fig. 4.31 Unión de muros con zapata aislada por medio de soldadura.

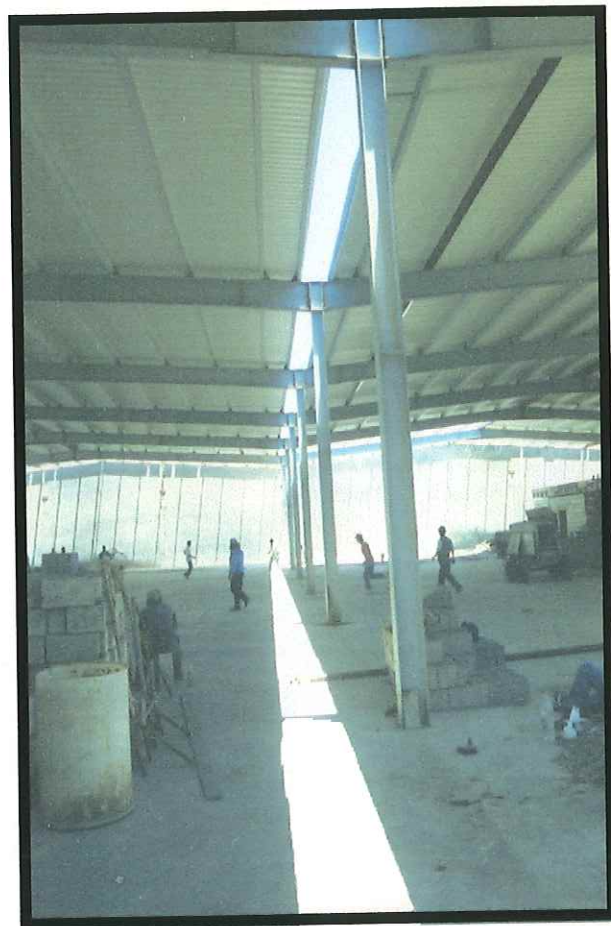


Fig. 4.33 Laminado de techumbre.

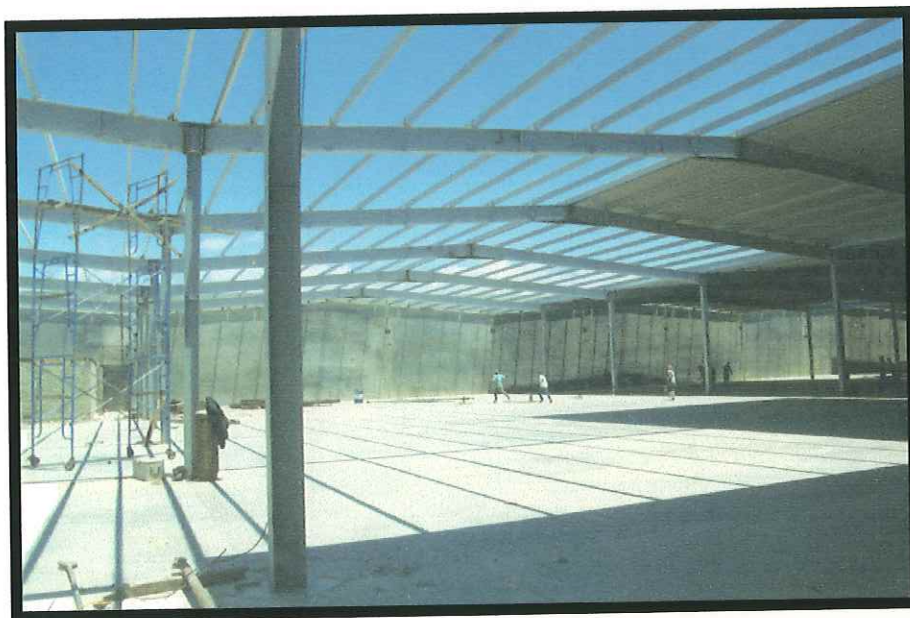


Fig. 4.32 Columnas interiores en edificio y laminado de techumbre.

sellador, el cual deberá permanecer flexible indefinidamente, es aplicado a una profundidad igual o al menos $\frac{3}{4}$ partes del ancho de la junta. El ancho de las juntas normalmente es de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " (13-19mm).

EL SANDBLASTEO

El uso de sandblast es un método para obtener ciertos tipos de textura sobre la superficie del muro. La acción abrasiva del aire y arena a alta presión sobre el concreto crea las texturas sobre el muro. El sandblasteo se clasifica en ligero medio o pesado dependiendo el acabado deseado. Un sandblasteo ligero únicamente remueve cerca de $\frac{1}{16}$ " (1.6mm) de la superficie del muro. El tipo medio tiene una profundidad mayor de $\frac{1}{4}$ ", aproximadamente. El tipo pesado remueve una capa de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " de la superficie del muro. Cuando se usa el sandblasteo medio o pesado normalmente se usa un retardante químico para facilitar el sandblasteo. Entre más profundo sea el



Fig. 4.35 Unión con placas de acero entre muros de esquina.

sandblasteo más alto será su costo debido a que se requiere más tiempo hombre-máquina para lograrlo. Para un sandblasteo medio normalmente se requieren de 186 m²/hr.

PINTURA

Las pinturas más comunes usadas para superficies de concreto son las pinturas vinílicas ahuladas. Los muros no se deberán de pintar hasta después de 60 días de haber sido izados (para permitir que el líquido desencofrante y de curado se haya disipado del muro por completo).

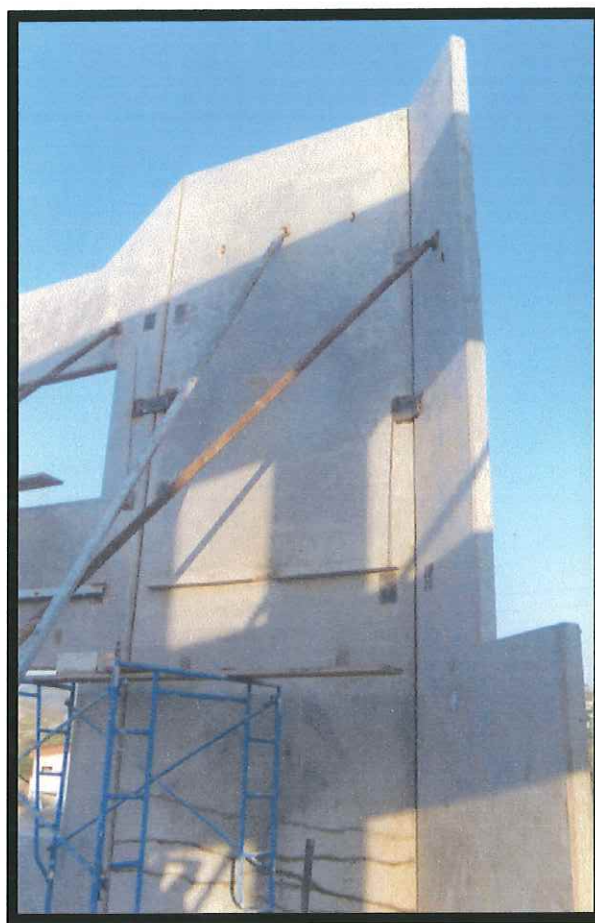


Fig. 4.36 Unión con placas de acero entre muro de edificio y mocheta.

5

INGENIERIA PARA TILT-UP

En esta sección se brindará toda la información que se necesita para el diseño y cálculo estructural de un edificio de tilt-up. Se hará énfasis en el diseño de los muros y sus conexiones; además se verán todos los aspectos de diseño y cálculo que intervienen en un edificio completo; se incluirá también un ejemplo de cálculo y diseño de un edificio de tilt-up.

Debido a que muchos edificios son construidos sobre áreas sísmicas, también se tratará el diseño sísmico de éstas estructuras.

INTRODUCCION AL DISEÑO DE UN EDIFICIO DEL TILT-UP.

Aunque el diseño estructural de un edificio de tilt-up es esencialmente el mismo que un edificio de uno o dos niveles, existen algunas consideraciones únicas concernientes a este método constructivo. Es por esto que el ingeniero estructurista deberá trabajar conjuntamente con el arquitecto durante la etapa del anteproyecto. En esta etapa se deberá definir el tamaño de los muros, la localización de las juntas, además de definir las fuerzas actuantes.

Como regla general un muro no deberá pesar más de 40 toneladas, aunque muros con mayor peso puedan ser levantados con grúas de gran capacidad. Un muro de 40 toneladas equivale a 900

pies cuadrados de un muro de 7 ¼".

Otra consideración que se deberá de tomar en cuenta, durante el diseño preliminar, es la localización de los muros de cortante, las aberturas necesarias en los muros para ventanas y puertas, además de la construcción de algunos paneles especiales. Después de haber decidido ésto, se deberá planear el diseño de la techumbre del edificio. Aquí el ingeniero deberá considerar como se soportarán, sobre los muros, las cargas debidas a la techumbre del edificio; también deberá prever un buen sistema de drenaje para la techumbre. Cabe mencionar aquí, que una de las fallas principales en las techumbres se debe a un mal sistema de drenaje en las mismas.

Después de haber realizado esto, el ingeniero deberá tener en mente como se resistirán las fuerzas laterales, ya sean de sismo o viento.

CODIGO DE CONSTRUCCION PARA EDIFICIOS DE TILT-UP

Uno de los reglamentos principales en lo concerniente al diseño de estructuras de concreto es el reglamento ACI 318-95, publicado por el Instituto Americano del Concreto (ACI). Este instituto consciente de la importancia y el desarrollo de este método constructivo, formó en 1980 el comité 551, el cual publicó, como resultado de sus investigaciones, el manual denominado "Estructuras de con-

creto Tilt-up".

En Los Estados Unidos existen varios reglamentos de construcción, los cuales se aplican específicamente en determinadas áreas del país. Uno de ellos es el "The Uniform Building Code" (UBC). Este reglamento es reeditado cada tres años en Whittier, California. Tal vez este sea el reglamento de mayor uso y además es el reglamento que se usa en la zona de la Costa del Pacífico, en los Estados del Suroeste y rápidamente su uso se extiende hacia el centro de los Estados Unidos. Este reglamento (UBC) es el único que incluye específicamente una sección de Tilt-up en su contenido. En 1988, por primera vez, se publicó en este reglamento un método de diseño para estructuras tilt-up y se le denominó: *"Diseño alternativo de muros con relación de esbeltez"*; el cual ha permanecido prácticamente sin cambios hasta la edición de 2000 (recordemos que cada 3 años reedita).

PROGRAMA DE PRUEBAS DE RELACION DE ESBELTEZ EN MUROS

Un paso más importante en la investigación y el desarrollo de procedimientos para el diseño de estructuras de Tilt-up, ocurrió en 1980, cuando un grupo de ingenieros estructuralistas del Sur de California; no conformes con los reglamentos vigentes de esa época, se dieron a la tarea de formar un comité que realizara pruebas con muros hechos a escala para así poder determinar el efecto de las fuerzas laterales actuando en estos muros esbeltos.

Se construyeron 30 muros, cada uno de 4' (1.2 m) de ancho por 24' (7.3 m) de alto y se reforzaron con 4 varillas del # 4 grado 60, en el centro. Doce de los paneles fueron del tipo tilt-up y el resto de block. De los doce paneles de tilt-up se formaron 4 grupos de tres paneles cada uno. Los espesores fueron de 4 3/4" (121 mm), 5 3/4" (146 mm), 7 1/4" (184 mm), 9 1/2" (241 mm) y su relación de esbeltez (h/t) fue 30, 40, 52 y 60, respectivamente.

Para la realización de estas pruebas se construyó un aparato, el cual consistía en un marco de acero equipado con bolsas de aire, que se podían

inflar a la presión deseada; las cuales ejercían presión sobre los muros; se instalaron instrumentos para medir las deflexiones en los muros y se hicieron arreglos para simular cargas en la parte superior de los muros.

Los resultados fueron sorprendentes. Cada prueba se detuvo cuando la aparición de una falla era inminente. La deflexión máxima registrada fue de 12" (305 mm) para los paneles de 9 1/2", 7 1/4" y 5 3/4"; y de 19" (493 mm) para los paneles de 4 3/4" con una relación h/t de 60.

Con los resultados obtenidos en estas pruebas se pudo demostrar el buen comportamiento de los muros actuando bajo cargas laterales considerables; tanto así, que los actuales procedimientos de cálculo se basan en dichas pruebas.

CONSIDERACIONES BASICAS EN EL DISEÑO DE UN MURO TILT-UP

La primera preocupación en el diseño de un muro de Tilt-up es su inestabilidad y pandeo lateral debido a las fuerzas de viento y sismo, además del efecto de las cargas verticales.

Las cargas verticales debidas a la techumbre y al peso de los mismos muros también se deben considerar: Se debe de tomar en cuenta que éstas fuerzas verticales en ocasiones actúan excéntricamente lo cual incrementa la posibilidad de pandeo del muro. A este efecto se le denomina *"Efecto P-Delta"*.

Normalmente para cuestión de cálculo se asume que el muro se encuentra simplemente apoyado en la losa de piso y en la conexión de la techumbre.

Aunque los siguientes factores, que se deben de tomar en cuenta, se analizarán más adelante y a detalle, a continuación mencionamos los pasos básicos que se requieren en el diseño de un muro de Tilt-up.

■ *Determinar cómo y en dónde se apoyará el muro.*

■ *Estimar el ancho del muro.*

■ **Determinar todas las cargas que actúan en el muro:** Estas fuerzas incluyen viento y sismo, (se debe de asumir que éstas dos fuerzas no actuarán al mismo tiempo), la carga muerta vertical, las cargas vivas de la techumbre, pisos y la presión del suelo, si existiese.

■ **Diseño de muro por flexión:** Aquí se verificará el ancho del muro, y que el último momento actuante sea menor que el momento nominal del muro multiplicando por un factor ϕ ; la formula es:

$$M_u \leq \phi M_n$$

■ **Diseño para las aberturas en muros:** Aquí se calcula el acero de refuerzo extra que se agrega en las orillas de las aberturas de puertas y ventanas. Este esfuerzo usualmente se coloca en ambas caras del muro para mayor efectividad.

■ **Diseño de los insertos de izaje.**

■ **Diseño de las conexiones laterales en el techo y losa de piso:** Estas se usan básicamente para resistir las fuerzas sísmicas además de dar estabilidad al muro.

■ **Diseño de muros para cortante:** Los muros de cortante se deben diseñar para soportar los esfuerzos cortantes, el posible volteo y transferir las fuerzas cortantes a la losa de piso y a la cimentación.

Los muros también se deben de diseñar para los esfuerzos que ocurrirán durante el izaje de los mismos. Esto se discutirá más adelante.

LA DEFLEXION EN LOS MUROS

Determinar la deflexión de los muros bajo cargas excéntricas laterales y verticales es muy importante, debido a dos razones: Primero es necesario hacerlo para poder agregar al momento la resultante del valor del efecto "P-delta"; y segundo, nos permite saber si la deflexión será aceptable.

La deflexión de un muro es el resultado de la acción de la fuerza sísmica y del viento actuando normal a la superficie del mismo, además de la deflexión causada por el "efecto P-delta". Debido a

que los muros de Tilt-Up están sujetos a cargas verticales de gran magnitud, la flexión es la que gobierna el diseño.

El "Uniform Building Code" restringe la deflexión a 1/150 de la altura del muro ó $0.007 \times H$. Esto significa que para un muro de 25 ft (7.6m) de altura, la deflexión (sin factorizar) debido a las cargas laterales de servicios no deberá excederse de 2" (51mm).

Cuando un muro recibe cargas laterales, éste se empezará a flexionar hasta que ocurra una fisura; entonces, si las fuerzas laterales se incrementan, la fisura empezará a propagarse por todo el muro. Por lo tanto, tenemos dos problemas por deflexión: Primero cuando el muro no presenta fisura y segundo cuando aparece una fisura en él.

Ahora bien, en las fisuras de los muros intervienen varios factores, como el modulo elasticidad y el modulo de ruptura. Además, las fisuras no se forman abruptamente ni uniformemente. Existe una transición entre cuando la primera fisura se forma, se propaga y hasta que el acero de refuerzo empieza a trabajar.

Considerables investigaciones se han hecho al respecto, obteniéndose algunas ecuaciones muy útiles, una de ellas por ejemplo, en el ACI-318, es la de I_e (momento efectivo de inercia), la cual considera los momentos de inercia del muro, sin fisura y con fisuras y la proporción del momento actual de ruptura. La formula es:

$$I_e \cong (M_{cr} / M_s)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_s)^3] I_{cr} \leq I_g$$

Otra fórmula para la deflexión debido a las cargas de servicio y que toma en cuenta el "efecto P-Delta", es:

$$\Delta_s = \Delta_{cr} + [(M_s - M_{cr}) / (M_n - M_{cr})](\Delta_n - \Delta_{cr})$$

donde:

(Ver nomenclatura en anexo 5).

un proceso iterativo de cálculos sucesivos.

Es necesario incluir el "efecto P-Delta" (Este "momento secundario" usualmente agrega un 15 % al total del momento de diseño, llamado "momento primario"). El efecto P-Delta no se debe considerar si el momento secundario es menor de 10% del momento primario.

LAS FUERZAS QUE ACTUAN EN UN MURO DE TILT-UP

Los muros deberán ser diseñados para soportar las siguientes cargas:

Cargas verticales (de gravedad), Los paneles comúnmente soportan cargas provenientes de los techos y entrepisos. Los elementos estructurales mencionados son apoyados sobre polines de madera o de acero con una separación entre ellos constante por lo que estas cargas se consideran apoyadas uniformemente a lo largo del muro. Además en la mayoría de los casos, éstas cargas se encuentran aplicadas con una excentricidad con respecto al eje central del muro. Aun cuando las cargas se intenten hacerlas concéntricas con el muro, una excentricidad mínima de 1/3 parte del espesor del muro es generalmente usada para diseñar el muro adicionando el efecto de excentricidad a las cargas laterales. Las excentricidades en la parte inferior del muro generalmente se asumen como cero.

En lo que respecta al peso total del muro se considera que actúa concéntrico a su eje vertical. Para paneles sólidos, la sección crítica de flexión ocurre en o cerca de la mitad del claro libre. Por lo que es muy normal el uso de la mitad del peso total del muro para el cálculo de la deflexión. Para muros con grandes aberturas, la localización de la sección crítica cambiará por lo que el ingeniero deberá determinarla.

Cargas laterales, las cuales actúan normales al muro, y en su mayoría son originadas por cargas debidas al viento y sismos. La presión del suelo contra el muro es también una fuerza lateral. Para resistir estas cargas los muros son rigidizados uniéndolos a éstos con la techumbre y con la losa de

$$\Delta_{cr} = 5M_{cr}h^2 / (48E_cI_g)$$

$$\Delta_n = 5M_n h^2 / (48E_c I_{cr})$$

$$A_{se} = (P_u + A_s f_y) / f_y$$

$$h = \text{Altura}(\text{claro_en_ft})$$

$$M_s = \text{Momento_de_Servicio}$$

$$M_n = \text{Capacidad_de_momento_no min al}$$

$$M_n = \phi A_s f_y (d - \frac{a}{2})$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$M_{cr} = \text{Momento_de_Ruptura} = SF_r$$

$$(F_r = 5\sqrt{f'_c})$$

$$I_g = bt^3 / 12$$

$$I_{cr} = nA_{se}(d - c)^2 + bc^3 / 3$$

$$c = \frac{a}{0.85}$$

Además, recordemos que la deflexión en una viga simple apoyada, en terminos de momento, M, es:

$$\Delta = \frac{5Mh^2}{48EI}$$

Nota: Para la simbología, consultar el sumario de formulas y simbología (anexo 3).

EL "EFECTO P-DELTA"

Esta consideración de diseño, en sus inicios tomaba en cuenta la flexión adicional debido a cargas excéntricas. La "P" significa carga vertical actuando a una distancia excéntrica "delta". Cuando una carga excéntrica causa flexión en el muro, aunque sea pequeña, éste incremento aumenta la flexión final del muro. Para poder determinar ésta deflexión, y el momento resultante, se requiere de

piso. Cuando se diseñe para contrarrestar éstas fuerzas, la carga viva en la techumbre no se deben considerar actuando simultáneamente con la carga sísmica.

Estas son las fuerzas principales, aunque se deben tomar en cuenta cualquier otra fuerza adicional que afecte a la estructura, como puede ser el efecto de esfuerzo en el muro debido cambios de temperatura - un cambio de temperatura de 30° puede cambiar (1.6mm) 1/6" la longitud de un muro de 24" (7.3m)

LA FUERZA DEL VIENTO

Las fuerzas de viento que actúan sobre un muro, son calculadas con una tabla (U.B.C. 2000 "Presiones de Viento") de presiones de viento, en ella se clasifica a el viento en tres diferentes categorías: "B", "C", y "D", dependiendo de la intensidad de los vientos reinantes de la zona (*la clasificación "D" es la más severa*). Las cargas de viento frecuentemente gobiernan sobre las sísmicas y pueden variar desde 10.2 lb/ft² (15 ft de altura, vientos de 70 mph, clase B) a 62 lb/ft² (30 ft de altura, 110 mph, clase D) (ver tabla 5.1).

INTRODUCCION AL DISEÑO SISMICO

El diseño sísmico de los edificios de tilt-up es un aspecto muy importante, no únicamente en la zona activa de la costa del pacífico sino en otras áreas activas, alrededor del mundo, en donde el tilt-up esta siendo usado cada vez más.

Aunque existen numerosos mapas de zonas de riesgo sísmico, el diseñador deberá usar un mapa ó código de la zona local en donde será construida la estructura. California se encuentra clasificada dentro de la zona 4. Aproximadamente el 20% de todos los edificios diseñados en los Estados Unidos estan contruidos sobre zonas sismicas clasificadas como 3 y 4.

No existe un gran historial en daños ocurridos a estructuras de Tilt-up, debido a que éstas se empezaron a construir, como las conocemos, a partir de los años cuarenta. En 1971, en San Fernando ocurrió un sismo de 6.3 de magnitud. A consecuen-

cia de este sismo, debido a las fallas presentadas en las uniones de los techos de estructuras Tilt-up; el diseño para estas estructuras cambio dramáticamente. En aquella época, después de analizar las fallas estructurales presentadas en los edificios dañados, se pudo llegar a la conclusión de que las uniones entre la estructura de techo y los muros era la falla más crítica y común que presentaban los edificios.

De esta lección, en 1973 los códigos cambiaron proponiendo una unión, entre el techo y los muros, con acero incrustado y colado dentro del muro. Como se podran imaginar, el talón de aquiles en la estructura tilt-up son las conexiones entre muro y techumbre.

REQUIRIMIENTOS PARA DISEÑO SISMICO

Las fuerzas sísmicas son fuerzas aplicadas y resistidas por la estructura. La magnitud de la fuerza aplicada esta en función del peso (masa) y depende, también, de la aceleración sísmica que se presente en la zona.

Estas zonas se obtienen de planos de riesgo sísmico y se clasifican las zonas como A,B, y C dependiendo de la intensidad de los sismos registrados. (Ver anexo 4 de Zonas Sismicas en México)

A continuación se mencionan algunos requerimientos sismicos para estructuras tilt-up contenidos en el Uniform Buiding Code.

El cortante en la base se calcula con la fórmula:

$$V = \frac{ZIC}{R_w} W$$

en donde :

C=2.75

Z=0.40

I=1.0

R_w=6

Zona sismica 4

(factor de importancia)

(usado para diafragmas flexibles en edificios de uno y dos niveles).

Por lo que:

$$V = 0.183W$$

PRESIONES DE VIENTO (U.B.C. 1994)				
Velocidad de Viento M.P.H. (K.P./H.)	Altura de la Zona Pies	Presión - PSF (x 0.048 = kN/m ²)		
		Categoría "B"	Categoría "C"	Categoría "D"
70 (113)	0-15	10.2	17.4	22.8
	20	11	18.5	23.8
	25	11.8	19.5	24.6
	30	12.4	20.1	25.2
80 (129)	0-15	13.2	22.6	29.6
	20	14.3	24.1	30.9
	25	15.4	25.4	32
	30	16.2	26.2	32.8
90 (145)	0-15	16.8	28.7	37.6
	20	18.1	30.6	39.2
	25	19.5	32.2	40.6
	30	20.6	33.3	41.6
100 (161)	0-15	20.6	35.3	46.3
	20	22.3	37.6	48.3
	25	24	39.6	49.9
	30	25.3	40.9	51.3
110 (177)	0-15	25	42.7	56
	20	27	45.5	58.4
	25	29	48	60.5
	30	30.6	49.6	62.1

Tabla. 5.1 Tabla de vientos

El efecto P_{Δ} se tiene que considerar (incluyendo la carga viva en pisos, pero no la carga viva en techo cuando se combina con la fuerza sísmica); este efecto se puede ignorar si el momento secundario es menor del 10% del momento primario.

La fuerza lateral en los muros se puede encontrar con la siguiente formula:

$$F_p = Z I_p C_p W_p$$

Por ejemplo para:
 $Z=0.4$
 $I_p=1.0$
 $C_p=0.75$ (Zona 2)

Lo que nos da por resultado:

$$F_p = 0.30 W_p$$

En 1997 la formula anterior sufrió modificaciones, introduciendose en ella dos nuevos factores:

$$F_p = Z I_p C_p C_f C_g W_p$$

Sin embargo, para muros de tilt-up, cada uno de estos dos nuevos coeficientes, C_f , coeficiente de flexibilidad, y C_g , coeficiente de gradiente, es 1.0.

En zonas sísmicas 3 y 4 se usa $C_p = 1.2$ lo que incrementa la fuerza de anclaje en techumbre a:

$$F_p = 0.48 W_p$$

Como ya se mencionó anteriormente, en la conexión entre el techo y el muro se recomienda el uso de conectores de acero, en lugar de los de madera.

La mínima fuerza de anclaje, F_p , es de 4.38 Kn/m.

Cuando se usen elementos de madera como parte de algún sistema de anclaje, su espe-

sor mínimo deberá de ser de 62 mm. (2.5 ").

Los valores de diseño para los tornillos ahogados o empotrados se pueden calcular basados en el diseño plástico, con un factor de carga de 1.7 veces la cifra o cantidad preestablecida de la fuerza sísmica.

El diseño para elementos de acero usando el método de diseño elástico se deberá basar en un factor de 1.7 veces la cantidad prescrita como fuerza sísmica.

Cuando se usen soleras o ángulos de acero como piezas de anclaje, estas deberán estar unidas de alguna forma al acero de refuerzo del muro.

COMBINACION DE CARGAS

Ya que simultáneamente actúan varias fuerzas, los reglamentos recomiendan seleccionar la combinación de cargas más crítica, de las siguientes:

- Carga muerta + carga viva de piso + carga viva de azotea (o nieve).
- Carga muerta + carga viva de piso + sismo (o viento).
- Carga muerta + carga viva de piso + viento + ½ carga de nieve.
- Carga muerta + carga viva de piso + nieve + ½ carga por viento.
- Carga muerta + carga viva de piso + nieve + carga por sismo.

(La carga por nieve de 30 lb./ft2 o menos no se debe combinar con la carga sísmica).

Nota: Para el diseño de muros en zonas sísmicas, la carga viva de piso tiene que ser combinada con la carga sísmica, y no la carga viva de azotea.

COMBINACIONES DE CARGAS FACTORIZADAS

Para determinar P_u y M_u se deberán usar la combinación de las siguientes cargas

factorizadas:

$$U = 1.4 D + 1.7 L$$

Por viento : $U = 1.05 D + 1.275 L + 1.275 W$
(para L, excluir la carga viva de azotea)

$$\text{ó } U = 0.90 D + 1.3 W$$

Para zonas sísmicas 3 y 4 : $U = 1.4 D + 1.4 L + 1.4 E$ (excluir carga viva de azotea L), ó;

$$U = 0.90 D + 1.4 E$$

$$U = 1.05 D + 1.275 L + 1.4 E$$

EL CONCEPTO DE SOBRERESISTENCIA PARA DISEÑO SISMICO EN UNIONES

El objetivo del diseño por sobrerresistencia (también llamado diseño de factor) es el de diseñar los elementos de tal forma que estos fallen simultáneamente cuando se encuentren bajo los efectos de un sismo de máxima magnitud no esperada. En otras palabras, estos fallaran hasta que se rebasen todos los factores de seguridad usados en el diseño.

La máxima fuerza lateral que se presenta en la techumbre se considera de 1.5 g esta cifra proviene de la amplificación, con un factor de seguridad de 3, de la máxima aceleración asumida del suelo de 0.5 g (esta aceleración se basa en los datos obtenidos en las ultimas cifras registradas en sismos ocurridos recientemente).

Si usamos el diseño convencional por esfuerzo de trabajo, con el incremento de una tercera parte de los esfuerzos, tendríamos una fuerza de diseño en el muro de azotea de 0.30 g, muy lejos del 1.5 g recomendado. Por lo que se deberá de dar un factor de seguridad a cada material para incrementar la resistencia de las piezas de anclaje a 1.5 g. Por ejemplo, un factor de seguridad de 1.7 es requerido para los elementos de acero. Si la capacidad de sobrerresistencia de una solera de acero es el esfuerzo de fluencia o del límite elástico dividido por el esfuerzo permitido tendríamos:
 $54,000 / 22,000 = 2.45$, entonces la capacidad últi-

ma del elemento después de aplicarle el factor de sobrecarga de 1.7 se convertirá en: $2.45 \times 1.7 \times 0.30 \text{ g} = 1.25 \text{ g}$, el cual es un valor aceptable después del reajuste.

Para las conexiones de madera el valor de sobrerresistencia es 2.16 y se le aplica un factor de carga por duración de 2, por lo que tenemos:

$$2.16 \times 2 \times 0.3 \text{ g} = 1.30 \text{ g}$$

EL OBJETIVO DEL DISEÑO SISMICO

Diseñar un edificio tomando en cuenta las fuerzas sísmicas no significa construir a "prueba de terremotos". Se espera que el edificio tolere las fuerzas de algún sismo considerable, más sin embargo, éste edificio puede sufrir algún daño aun cuando fuese diseñado siguiendo todas las recomendaciones establecidas.

El objetivo del diseño, tomando en cuenta la fuerza sísmica, es, en primer lugar, salvaguardar la vida de las personas evitando que las estructuras se colapsen abruptamente. Se espera que los edificios diseñados con las recomendaciones dadas por los reglamentos, los cuales son el producto de la experiencia, en general, puedan:

- 1.- Resistir un movimiento de tierra moderado sin sufrir daño alguno.
- 2.- Resistir un sismo de intensidad media sin sufrir algún daño estructural, más sin embargo si pudiera sufrir algún daño no estructural.
- 3.- Resistir un sismo de magnitud igual al mayor registrado en la zona, sin colapsarse, sufriendo daños estructurales así como también daños no estructurales.

¿COMO ESTIMAR EL ANCHO DE UN MURO?

Para los propósitos de un diseño preliminar es necesario proponer un espesor de muro, de hecho es el primer paso que se debe dar antes de diseñar un muro de tilt-up. A continuación veremos una forma de estimar el espesor de un muro:

Ya que la relación, altura-espesor de la ma-

yoría de los muros debe ser entre 40 y 52, y si asumimos que fuera 48, entonces una regla casi general debiera ser que el espesor de un muro en "pulgadas" debiera ser una cuarta parte de la altura del muro (hasta la techumbre) en "pies".

Por ejemplo si la distancia de la losa de piso a la azotea es de 24 ft, el espesor del muro deberá ser de 6", Se necesitará, por supuesto, revisar y calcular este espesor propuesto para así hacer las modificaciones finales necesarias.

En el sistema internacional de unidades (SI) el espesor del muro será: la altura en "metros" multiplicada por 20 nos dará el espesor del muro en "milímetros". Una vez seleccionado el espesor del muro se deberá redondear esta cifra para así facilitar el uso de la cimbra comercial, por ejemplo si del cálculo preliminar resultara un espesor de $5 \frac{1}{4}$ " usaremos el espesor de 6" para no tener que cortar la cimbra a $5 \frac{1}{4}$ ".

EL REFUERZO MINIMO EN UN MURO

Una cierta cantidad de refuerzo deberá ser usado en los muros para controlar las deformaciones por temperatura así como las grietas por contracción. De hecho estas grietas por contracción deberán controlarse para evitar que aparezcan en los muros. La cantidad es una relación que involucra el área de la sección transversal del muro y es de 0.0012 para el refuerzo vertical y 0.002 para el refuerzo horizontal. Estos valores son para el uso de acero de refuerzo de grado 60 (4,200 kg/cm²). Para acero de grado 40, los valores son 0.002 y 0.0024 respectivamente. Si el muro es clasificado o diseñando como muro de cortante, el valor mínimo en cada dirección es de 0.0025.; el reglamento especifica que el espacio máximo entre varillas no deberá de exceder 18" (457 mm) o tres veces el espesor del muro (ver tabla 5.2).

Para muros con mas de 10" de espesor (los cuales son muy raros), el reglamento recomienda el doble armado; ésto para incrementar la resistencia del muro a la flexión y permitir que se cumplan con los requerimientos mínimos permitidos en la deflexión de un muro.

En la edición del 2000 del "Uniform Building

ESPACIAMIENTO DE REFUERZO PARA VARIAS MEDIDAS DE ACERO A60						
Relacion de armado	0.0012		0.002		0.0025	
# Varilla	#4	#5	#4	#5	#4	#5
Espesor de Muro						
5 1/2"	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
6"	18.0	18.0	17.0	18.0	13.0	18.0
6 1/2"	18.0	18.0	15.0	18.0	12.0	18.0
7 1/4"	18.0	18.0	14.0	18.0	11.0	17.0
8"	18.0	18.0	12.5	18.0	10.0	15.5
9 1/4"	18.0	18.0	10.5	16.5	8.5	13.5

Tabla. 5.2 Espaciamiento de refuerzo para acero grado A60

Code " (sección 1914.381), se permite que la mínima relación para el refuerzo vertical y horizontal de los muros sea intercambiada, esto es, la menor relación puede tomarse para el refuerzo horizontal y la mayor en la dirección vertical del muro, ya que debido a la forma del muro se necesita mayor cantidad de acero en la dirección vertical.

EL RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO

El recubrimiento del acero de refuerzo con concreto es importante. Para poder soportar un periodo de dos horas de fuego, en caso de incendio, el acero de refuerzo se deberá recubrir con 1" de concreto como mínimo. Dos pulgadas de recubrimiento se requerirán para resistir cuatro horas de exposición al fuego.

Si el muro no requiriera resistencia al fuego, el recubrimiento se puede reducir a 3/4" cuando este expuesto al medio ambiente natural, o 5/8" de recubrimiento si el muro es adyacente al interior, cabe mencionar que estos espesores de recubrimiento son para concretos hechos en planta y bajo un control de calidad establecido.

El concreto normalmente usado en los muros tilt-up es de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ (3 000 lb/pul²). Si se usara concreto hecho en la obra y sin cuidados de control de calidad, como lo son el curado, el vibrado y el control del revenimiento, se requieren de 3" de recubrimiento para muros adyacentes a tierra, 2" cuando estuvieran expuestas al medio ambiente y 3/4" para muros adyacentes al interior.

ABERTURAS EN LOS MUROS

Cuando existen aberturas en las paredes, tales como ventanas y puertas, los huecos deben de ser reforzados para soportar el aumento de es-



Fig. 5.1 Armado de un muro con abertura para ventana.

fuerzos que se generan en ellos.

El diseño para estas condiciones es muy complicado debido a la variación de los momentos de inercia de los elementos, a la carga no uniforme que se presenta en ellos y otros factores indeterminados. Para simplificar el diseño de estos muros es necesario asumir algunas consideraciones.

Los siguientes pasos, sirven para realizar un diseño conservador, aunque lo debemos admitir no es un diseño preciso. La vista frontal del muro que se muestra en la figura 5.2, muestra una configuración típica de las aberturas que se pueden encontrar en un muro. Se debe tener mucho cuidado de que todas las condiciones de carga que se presentan en una configuración dada de un muro sean tomadas en cuenta. Todas las consideraciones que se hagan deberán ser conservadoras.

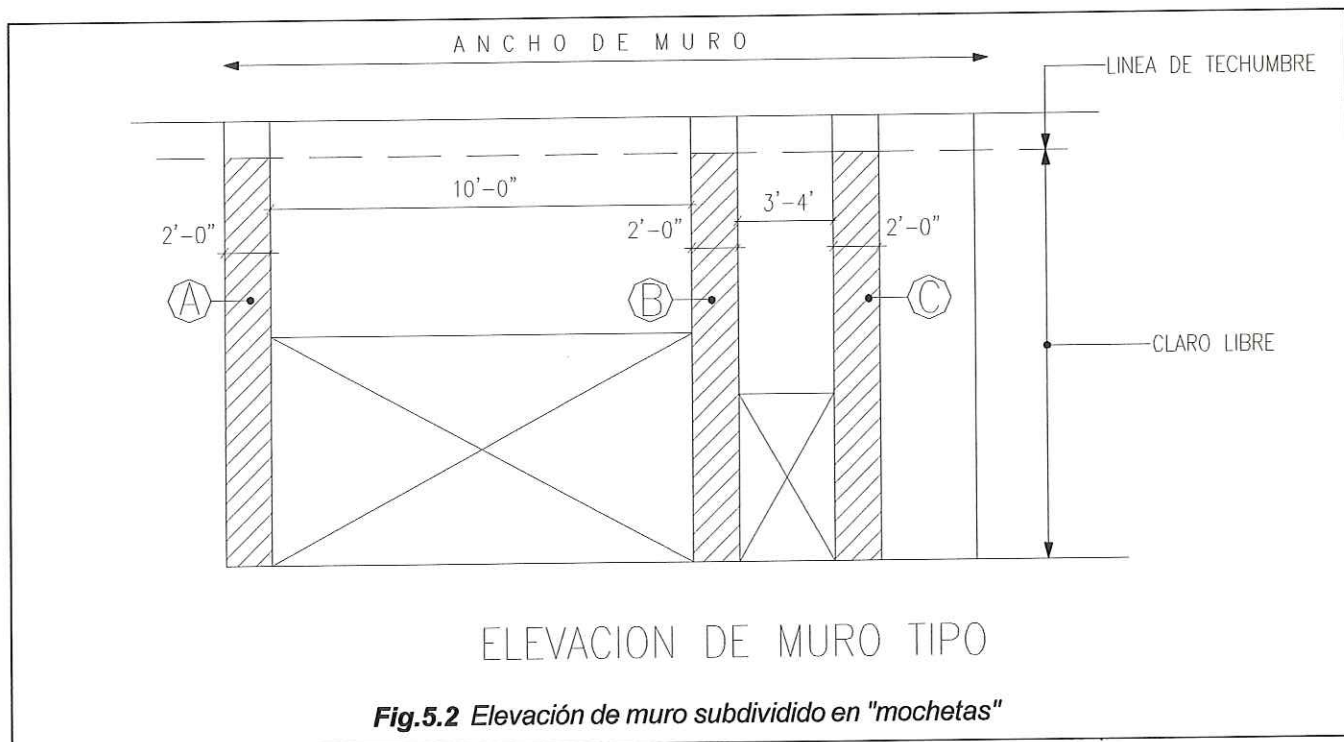
El primer paso a dar es el de asumir tiras

casi siempre, de dos parrillas de refuerzo para controlar la deflexión y la resistencia en el muro. Estas mochetas deberán de tener por lo menos 24" (600 mm) de ancho entre aberturas; ó entre una abertura y el final del muro.

A continuación se menciona un procedimiento de diseño:

1.- Seleccionar el espesor del muro. Estos deberán de tener el mismo espesor que los muros que no contengan aberturas, el refuerzo adicional de estos muros se logrará con el doble armado alrededor de la abertura.

2.- Determinar el número de mochetas que contendrá el muro. En el caso de la figura 5.2 estas serían A, B y C. La mocheta C tendrá un momento relativamente pequeño en el nivel superior de la puerta por lo que usualmente se ponen 2 o 3 varillas alrededor del hueco.



verticales de muro (los llamaremos "mochetas"), salvando un claro libre de la losa a la línea de la techumbre (A, B, y C); estas mochetas actúan como vigas-columnas para resistir las cargas tributarias laterales debido al viento, sismo y las cargas verticales tributarias que en ellas actúen. Se requerirá,

3.- Para cada mocheta se debe determinar si la carga de viento o sismo gobierna. Para viento se asume normalmente que las puertas cubren el claro horizontalmente, por lo que la carga de viento será uniforme para toda la altura de la mocheta.

(ejemplo: para la mocheta "B" el ancho de la carga tributaria sería $(10' / 2) + (2') + (3.33' / 2) = 8.67 \text{ ft}$).

Para las fuerzas sísmicas se deberán usar las cargas tributarias cabeceras, las cuales no resultaran como una carga uniforme actuando en la mocheta. Para la mocheta "B" esto resultaría en una carga tributaria hasta la altura de la puerta pequeña y otra hasta la parte superior de la puerta grande y una tercera carga hasta línea de techo. El ancho de la mocheta "C" es arbitrario pero cuatro veces el espesor del muro es, normalmente, lo que se asume.

4.- Se deben determinar las cargas verticales en cada mocheta a la altura en donde el momento será máximo. Las cargas verticales uniformemente distribuidas se distribuyen igual que las cargas tributarias de viento.

5.- Se deben checar los esfuerzos axiales en las mochetas. Si f_a excede $0.04 f'_c$ en una mocheta, entonces se debe diseñar como columna.

6.- Calcular un momento μ aproximado. (multiplicar μ por 1.15 (15%) para considerar el efecto "P-Delta"), después se calcula el refuerzo de acero en el muro.

7.- Determinar las propiedades de la sección. Se calculan las propiedades del muro (ver ejemplo #1). Cabe mencionar que el cálculo del I_{cr} usando una capa de acero de refuerzo en lugar del doblemente armado no es exacto; se recomienda calcular el momento de inercia de ruptura incluyendo el refuerzo por compresión (Ase).

8.- Calcular el momento nominal, M_n y el momento máximo por deflexión M_s y la deflexión delta en el muro.

9.- Calcular el nuevo μ debido a la deflexión delta. Con los datos obtenidos se calcula el momento μ debido a la deflexión encontrada y se compra con el momento nominal. El momento nominal, M_n , multiplicado por su factor de reducción (0.90), debe ser mayor o igual al momento último, μ , encontrado.

Una vez realizados estos pasos, si la deflexión excede un poco $h/150$, tal vez no haya problema, ya que asumimos una postura conservadora en los criterios de diseño.

Un punto que se debe tener en mente es que, en general, el momento de inercia efectivo de una mocheta doblemente armada es casi cuatro veces mayor que el del muro sólido adyacente sim-



Fig. 5.3 Fotografía que muestra el armado en la esquina de un muro con abertura para ventanas.

plemente armado. Por lo que, la rigidez de una mocheta soportando una carga tributaria cuatro veces su ancho es igual a la del muro adyacente simplemente armado sin huecos. Sin embargo esto no es una regla general, por lo que no deberá sustituir a un cuidadoso análisis.

Cuando se especifique el armado de las mochetas, se deberá especificar el espacio entre varillas y la altura de las silletas que se usaran para colocar el acero de refuerzo en el lugar adecuado.

Se deberá tener mucho cuidado con la co-

locación del acero, ya que algunos centímetros de error disminuyen proporcionalmente la resistencia a los momentos e incrementan las deflexiones en los muros.

En aberturas pequeñas normalmente se usa un refuerzo diagonal en las esquinas (2 varillas de 4 pies de longitud del #5) para controlar la aparición de posibles fisuras. (Fig. 5.3)

En aberturas mayores las cargas verticales y horizontales aplicadas sobre la abertura se distribuyen uniformemente hacia las mochetas formadas

Tabla. 5.3 Tabla que muestra propiedades de mochetas de 12" doblemente armadas de y varios espesores

PROPIEDADES DE MOCHETAS DE 12" DE ANCHO DOBLEMENTE ARMADAS											
ESPESOR DE PANEL "t"	"d"	SEPARACION REFUERZO "s"	I_g	M_n (in-kips)							
				#4		#5		#6		#7	
				I_{cr}	M_n	I_{cr}	M_n	I_{cr}	M_n	I_{cr}	M_n
5.5"	3.5"	4"	166	35.12	103.29	54.49	143.45	116.73	175.00	235.58	187.40
		6"	166	27.52	73.40	36.11	106.71	51.41	139.63	91.29	167.48
		8"	166	23.02	56.75	30.21	84.18	38.21	113.33	52.91	141.56
		10"	166	19.77	46.21	26.48	69.34	32.85	94.80	41.03	128.90
		12"	166	17.31	38.97	23.64	58.83	29.49	81.29	35.61	105.01
6"	4"	4"	216	48.21	120.96	68.40	171.06	125.25	214.76	288.69	241.52
		6"	216	37.90	85.18	43.42	125.12	65.46	166.13	102.19	203.55
		8"	216	31.42	65.58	41.70	97.99	51.89	133.21	66.90	168.62
		10"	216	26.79	53.28	36.40	80.38	45.30	110.70	55.01	142.55
		12"	216	23.32	44.86	32.31	68.09	40.70	94.55	48.81	123.05
6.5"	4.5"	4"	275	64.03	138.63	86.59	198.67	139.94	254.52	290.17	295.64
		6"	275	50.10	96.96	65.58	143.52	83.62	192.64	118.68	233.63
		8"	275	41.19	74.42	55.33	111.79	68.64	153.09	85.08	195.68
		10"	275	34.91	60.35	48.03	91.43	60.21	126.61	72.34	164.20
		12"	275	30.25	50.75	42.41	77.30	53.96	107.80	64.81	141.09
7.25"	5.25"	4"	381	92.89	165.14	121.88	240.09	173.51	314.16	308.11	376.82
		6"	381	71.82	114.63	95.16	171.13	118.54	232.40	153.89	233.75
		8"	381	58.41	87.67	79.78	132.50	99.54	182.91	128.28	236.27
		10"	381	49.13	70.95	68.69	108.00	87.19	150.46	104.62	196.67
		12"	381	42.39	53.58	60.22	91.10	77.70	127.68	94.03	168.15
8"	6"	4"	512	127.91	191.65	166.79	281.51	220.93	373.80	344.91	458.00
		6"	512	97.64	132.30	131.15	198.75	162.71	272.16	201.66	347.87
		8"	512	78.71	100.93	109.05	153.21	137.37	212.73	164.75	276.86
		10"	512	65.81	81.56	93.19	124.56	119.71	174.32	144.45	229.14
		12"	512	56.50	68.42	81.25	104.91	106.06	147.56	123.54	195.21
9.25"	7.25"	4"	791	199.96	235.83	263.03	350.54	330.75	473.20	448.12	533.30
		6"	791	149.80	161.75	205.39	244.77	256.83	338.43	309.22	438.07
		8"	791	119.38	123.02	168.51	187.73	215.81	262.43	259.94	344.50
		10"	791	99.03	99.23	142.57	152.17	186.22	214.08	227.58	283.26
		12"	791	84.64	83.14	123.41	127.92	163.57	180.70	202.69	240.30

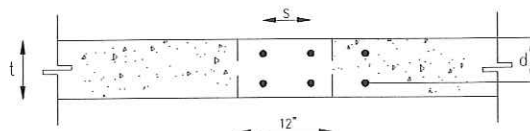
Nota:

$F'_c = 3,000$ psi

$F_y = 60,000$ psi

No se toma en cuenta la carga vertical

Recubrimiento de 2"



Propiedades para mocheta de 1 ft de ancho

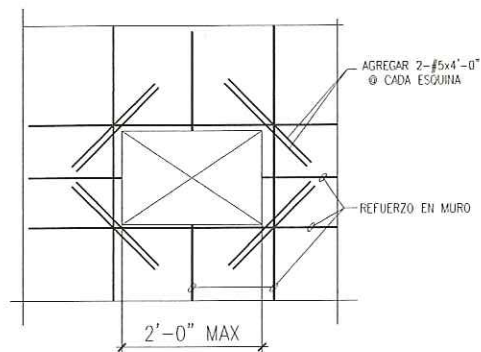


Figura 5.3 Refuerzo típico en aberturas pequeñas

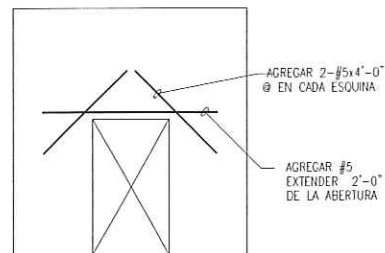


Figura 5.4 Refuerzo típico en puerta pequeña

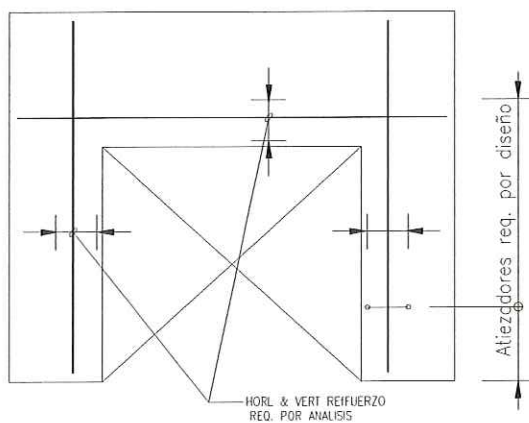


Figura 5.5 Refuerzo típico en aberturas mayores

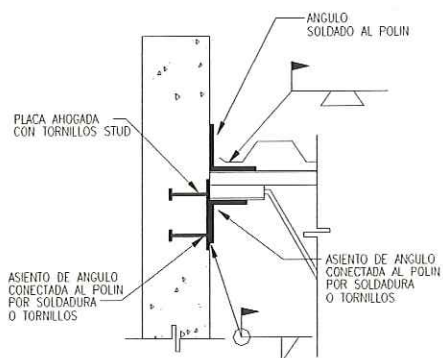


Figure 5.6 Angulo de asiento para viga

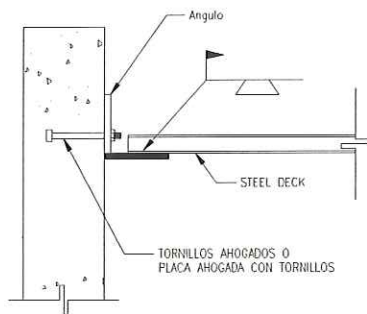


Figure 5.7 Detalle de asiento de ángulo

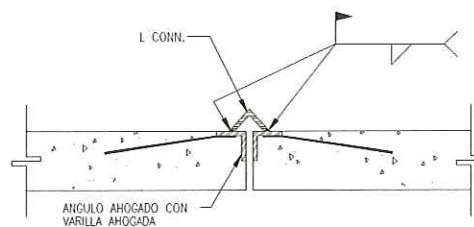


Figura 5.8 Conexión entre muros

alrededor de la abertura. Para estos casos, se coloca una varilla de refuerzo paralela a la abertura (horizontal y vertical) además de las dos varillas del #5 en las esquinas. Las varillas verticales y horizontales deben ser del #5 como mínimo y se deben extender por lo menos 2 pies más allá de la abertura (Fig. 5.4). Cuando existen aberturas muy grandes en los muros, como en el caso de varias ventanas en un muro, las mochetas entre huecos son diseñadas como viga-columnas. (Fig. 5.5)

MUROS CORTOS ACTUANDO COMO COLUMNAS

En algunos casos una pequeña franja de un muro puede soportar cargas pesadas, como podría ser la carga puntual de una viga, por lo que éste se deberá de diseñar como una columna. Esto también se hace para eliminar el alto costo de construir una cimentación especial debajo del muro. Si los esfuerzos verticales de la carga de servicio excede $0.04 f'c$ entonces se deberá de diseñar el muro como columna.

Para que esto sea necesario, las cargas deben de ser realmente grandes. Por ejemplo, una sección de 24" (610 mm) de un muro de 7" (178 mm) necesitará ser cargada con una fuerza de 9, 000 Kg (20 kips) .

MUROS DOBLEMENTE ARMADOS

El refuerzo doble en los muros se requiere normalmente para agregar resistencia a los mismos, como en las mochetas, alrededor de las aberturas de los muros antes mencionadas; y en donde existen grandes cargas excéntricas.

Como una ayuda para calcular las propiedades estructurales de estos muros doblemente armados incluimos una tabla (tabla. 5.3), la cual cubre una variedad de condiciones.

Para que un muro sin aberturas (sólido) se arme doblemente es necesario, según el reglamento UBC, que éste tenga un espesor de 10". Además , el UBC indica que en las zonas sísmicas 3 y 4 los muros deberán estar doblemente armados si el esfuerzo cortante excede:

$$2\sqrt{f'c}$$

También los muros muy altos se podrán armar doblemente para incrementar su rigidez y su resistencia.

CONECTORES PARA VIGAS EN LA PARED

Es una práctica común usar placas de acero con anclas ahogadas en el muro como conectores para soportar vigas o polines de techumbre. Estas placas son colocadas en el muro cuando aún se encuentra horizontal; después el muro es erguido y los polines o vigas son soldadas en los conectores.

También es práctica común el colocar placas en la parte inferior de los muros para después ser soldadas a otra placa existente en la parte superior del dado de cimentación.

CONEXIONES SISMICAS PARA LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

En las zonas clasificadas como 3 y 4, sísmicamente, las conexiones del muro con los polines son críticas, (recientes sismos lo han demostrado).

Estas conexiones se encuentran ancladas a los muros con tornillos de anclaje a cada 2 pies, también es de práctica común, ahogar en el muro un ángulo de 3" para apoyar los polines sobre él.

La separación entre polines no debe exceder de 4 pies. En caso de usar polines de madera, estos deberán de ser como mínimo de 3" de peralte y las conexiones de anclaje deberán de ser sísmicas.

Los elementos de acero usados en el anclaje de las conexiones deberán ser afectados por un factor, de carga de 1.7 sin el incremento del 1/3 del esfuerzo, lo mismo sucede con los tornillos ahogados en el concreto y usados como conexiones.

Los valores de la fuerza $0.48 W$ (zona sísmica 4) y $0.27 W$ (zona sísmica 3) únicamente se aplican a las conexiones ancladas de muro y

techumbre.

CONEXION DE MUROS Y LOSA DE PISO

Existen muchas opiniones acerca si los muros se deben conectar entre si, particularmente en zonas sismicas. Cuando se requiera incrementar la resistencia contra el momento de volteo en los muros, una solución es conectar los muros entre ellos en pares ó como máximo en grupos de tres.

Por otro lado, en regiones no sismicas no se requiere de

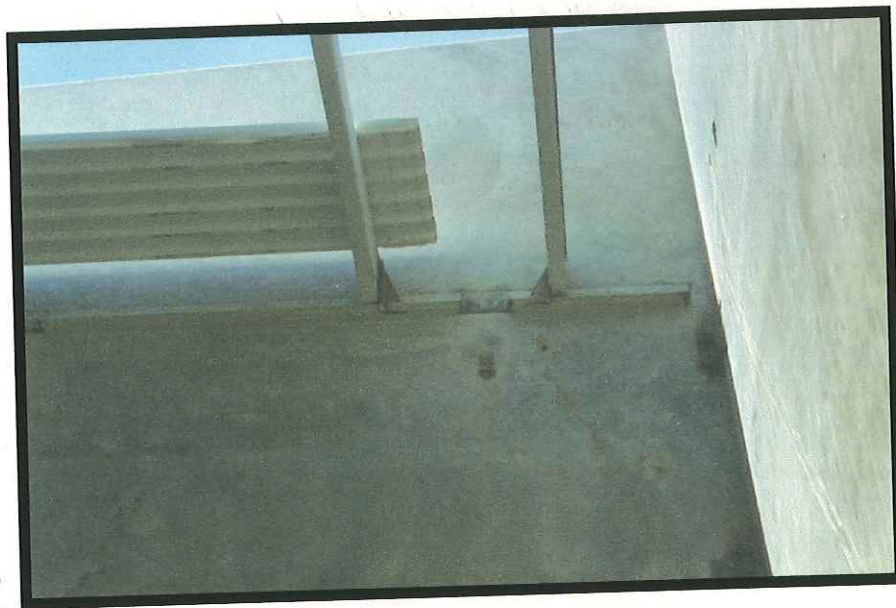


Fig. 5.9 Polinaje de techumbre apoyado en un ángulo de acero ahogado, previamente, en el muro de concreto.

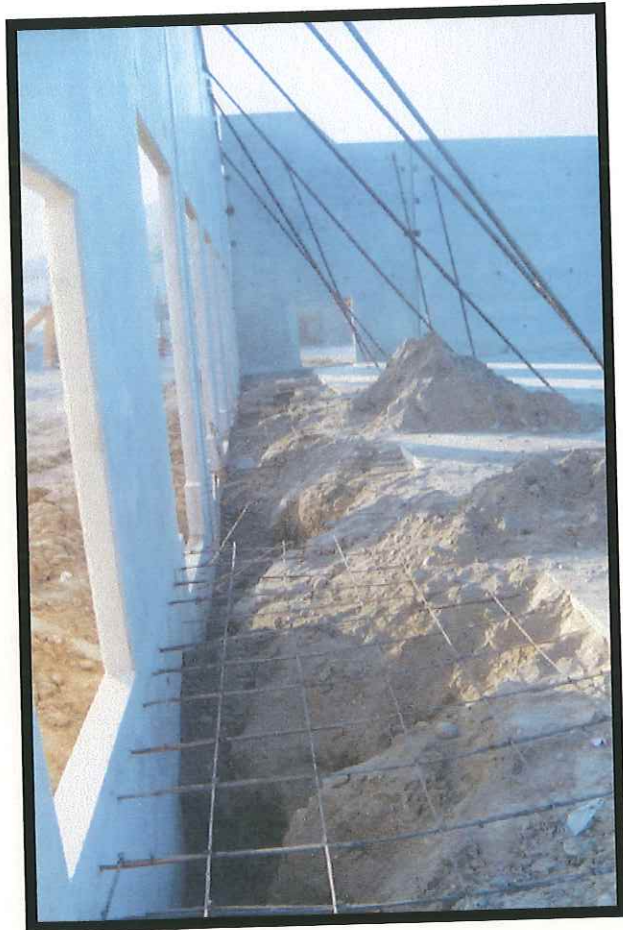


Fig. 5.10 Para una construcción típica, las paredes son empotradas en el nivel de piso por medio de la unión de varillas, previamente ahogadas en el muro, con el refuerzo de la losa de piso.

ninguna conexión mecánica entre el muro y la cimentación. Sin embargo en regiones con riesgos sismicos moderados es importante contar con una buena conexión entre los muros y la cimentación; ya que las fuerzas sismicas serán transmitidas a través de los elementos estructurales a la cimentación. Por lo que una conexión deficiente o nula entre ellos puede ocasionar un desplazamiento horizontal del muro sobre la cimentación, una situación que sería muy crítica para muros apoyados en zapatas aisladas.

MUROS DE CORTANTE

Los muros de cortante resisten fuerzas que actúan en un plano paralelo a la carga aplicada, transmitidas a ellos por las fuerzas originadas en los muros y los techos. Estos muros se deben diseñar de tal forma que estas fuerzas sean distribuidas hacia el suelo.

La transmisión de cargas en la base, se logra con la unión de las varillas inferiores del muro con las varillas de la losa y luego colando con concreto la franja de cerramiento. En lo que respecta a la parte superior del muro, se ahogan placas de acero para despues unir muro con muro por medio de una nueva placa soldada entre ellos.

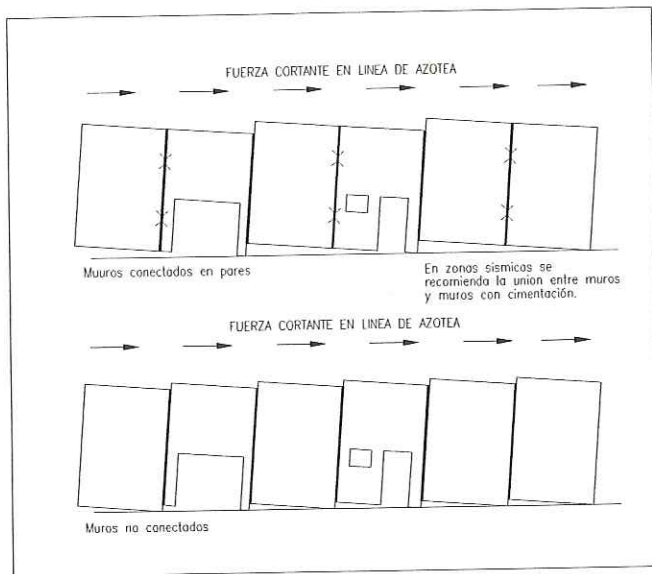


Fig. 5.11 Unión en muros y cimentación

Si el muro tilt-up solamente mide algunos pies de largo o si son algunos muros aislados, se deberá checar el momento de volteo en los mismos. Tal vez se requiera, en estos casos, unir los muros por medio de placas de acero para que trabajen en grupo para resistir el momento a volteo.

Para los requerimientos del armado de un muro, es importante determinar si el muro es de cortante ó no. Ya que los requerimientos para un muro de cortante son 0.0025 veces el área de la sección transversal (A_g) en cada dirección, con esto casi se dobla la cantidad del acero de refuerzo que se requiere como mínimo para armar un muro normal por temperatura y contracción. En un

edificio de 3 720 m² (40,000 ft²) esto puede agregar una cantidad extra en acero de refuerzo de 10 toneladas

Ni el ACI-318 ni el "Uniform Building Code" define cuando un muro trabaja como "muro de cortante". Estrictamente hablando casi todos los muros resisten la fuerza paralela a la carga aplicada (normalmente debido al viento y a las fuerzas por sismo) durante todo su ciclo de vida, por lo que técnicamente, todos los muros actúan como muros de cortante; más sin embargo, este esfuerzo cortante es mínimo, por lo que en la mayoría de los casos se desprecia.

El "Uniform Building Code" expresa que no será necesario el armar un muro con el mínimo de acero de refuerzo $0.0025 A_g$ si el cortante sísmico factorizado es menor que:

$$\sqrt{f'_c}$$

Es por esto, que pocos muros requerirán refuerzo adicional para soportar el esfuerzo cortante, por ejemplo, un muro de 6" (152 mm) de espesor puede soportar una fuerza cortante de cerca de

$$6 \times 12 \times 54.8 = 3,944 \text{ lbs/ft (5,870 Kg/m)}.$$

El ACI-318 es más conservador, ya que recomienda un armado mínimo de refuerzo para cortante si:

$$V_u \geq \phi V_c / 2$$

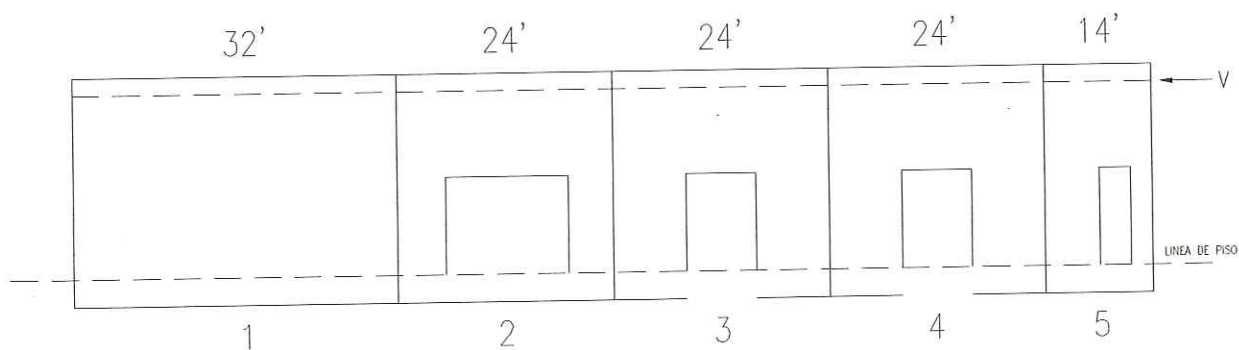
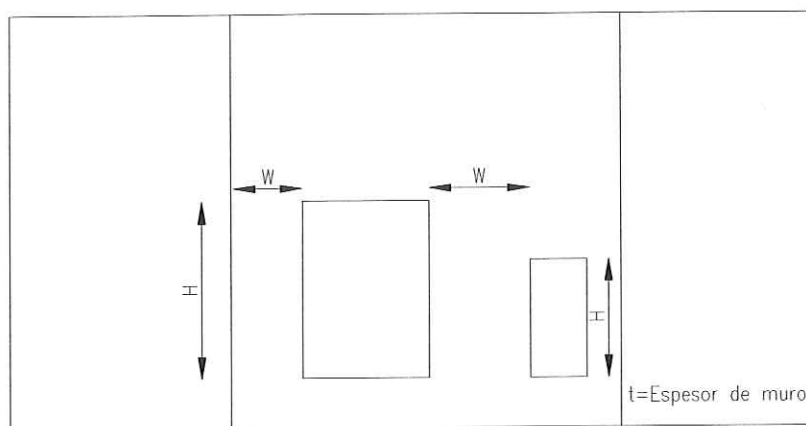


Fig. 5.12 Distribución de cortante en plano sobre los muros



"MOCHETA" SI $H > 2W$ O $2.5t < W < 6t$

"COLUMNA" SI $W < 2.5t$

Fig. 5.13 Elevación de un muro con "mochetas"

en donde:

$$V_c = 2\sqrt{f'c} \quad y \quad \phi = 0.85$$

Se debe recordar que en el cálculo de fuerzas de cortante en zonas sísmicas 3 y 4, el factor de carga es 1.4 E.

Si un muro deberá ser diseñado como muro de cortante y tendrá un armado de refuerzo por cortante de $0.0025 A_g$ en ambos sentidos, entonces las varillas horizontales deberán tener una terminación de gancho a 90 grados en las orillas (al filo de los muros), también el espacio entre ellas no deberá exceder las 18" (457 mm). Y si el cortante excede: $2\sqrt{f'c}$ el muro se deberá armar en ambas caras.

DISTRIBUCION DEL CORTANTE A LO LARGO DE LOS MUROS

En todo el largo del edificio, si algunos elementos contienen aberturas, la distribución del cortante en cada muro de tilt-up debe de ser determinado.

Refiriéndonos a la figura anterior (fig. 5.12), es más razonable que el cortante en cada muro este en proporción a su longitud, en vez de que

todo el esfuerzo cortante se acumule en el panel número uno.

DISEÑO DE MOCHETAS

El cortante en cada mocheta se debe revisar. La edición 2000 del " Uniform Building Code " define a una " mocheta " como a un segmento de muro (como la zona que existe entre dos aberturas de un muro) en donde la relación de la distancia horizontal y su espesor debe ser de 2.5 a 6 , y en donde la altura libre de la mocheta es al menos 2 veces el ancho de la misma (ver figura 5.13).

Si la relacion largo-espesor es entre $2.5t$ y $6t$ ésta se diseñará como mocheta, y si es menor a 2.5 esta se deberá diseñar como columna.

EL CORTANTE EN LOS EXTREMOS DE UN MURO DE CORTANTE

Cuando las orillas de un muro de cortante están sujetas a fuerzas considerables de compresión, el "Uniform Building Code" recomienda una serie de requisitos para reforzar los extremos de los muros. Uno de los requerimientos más estrictos, es que el espesor del muro deberá ser al menos 1/10 la altura del muro en cuestión. Para un muro de 25 ft., se requeriría un muro de 30" de espesor; claramente esto es impráctico. Para evi-

tar esta recomendación, se debe verificar que el esfuerzo a compresión factorizado en la orilla del muro sea tal que:

$$0.10A_g f'_c \geq P_u$$

y que el esfuerzo cortante factorizado en el muro, V_u , también sea menor que $3A_g \sqrt{f'_c}$ o

$$\text{que } V_u \leq \frac{M_u}{\text{long.mocheta}}. \text{ Cabe mencionar aquí,}$$

que muy pocas paredes o mochetas necesitarán de acero de refuerzo en sus extremos.

CONEXIONES DE COLECTOR DE CORTANTE

Las conexiones de colector son miembros estructurales usados para transferir los esfuerzos de cortante hacia los muros de cortante. Esto ocurre normalmente en donde los muros son discontinuos, como en las esquinas en donde se hacen las entradas a los edificios.

Estos elementos de unión deben diseñarse de tal forma que acumulen las fuerzas laterales y las transfieran a un muro de cortante. Es por esto que el punto de conexión de estos miembros estructurales sean casi siempre algún muro de cortante.

DESALINEAMIENTO PERMISIBLE EN LA PARTE SUPERIOR DE LOS MUROS

Los muros deberán ser plomeados, y se deberá evitar el desalineamiento vertical. Una regla general es que el desplome máximo permitido en la parte superior de un muro será de $0.005 \times$ su altura. Para un muro de 26 ft. (7.9 m.) de altura, el desplome máximo permitido será de 1.5" (38 mm).

Para evitar grietas o fisuras en la línea de piso, en muros empotrados en su parte inferior, el desalineamiento del muro en la parte superior deberá ser como máximo de:

$\Delta = H^2 / 70t$; en donde:

Δ = Desplome máximo permitido

H = altura (en pies)

T = ancho del muro (en pulgadas)

ó en unidades del Sistema Ingles

$\Delta(mm) = 92H^2 / t$; en donde:

Δ = Desplome máximo permitido

H = altura (en metros)

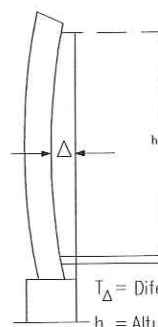
T = ancho del muro (en milímetros)

EL PANDEO DE MUROS DEBIDO A CAMBIOS DE TEMPERATURA

El pandeo de los muros puede ocurrir debido a la diferencia de temperaturas que existen dentro y fuera del edificio. Otra causa puede ser que el muro sufra agrietamientos durante el izaje, no es nada fuera de lo común observar muros con pandeos permanentes de $\frac{3}{4}$ " (19 mm) aproximadamente, lo cual es más común observarlo en las esquinas de los muros. Cualquier pandeo significativo de mas de 1" (25 mm) deberá ser revisada y evaluada por un ingeniero estructurista.

MUROS RETENIENDO TIERRA

Este tipo de muros se puede observar normalmente cuando se construyen las rampas para que los camiones carguen y descarguen. Estas rampas normalmente se encuentran a 4 pies por debajo de la línea de piso. Los muros en esta zona quedan enterrados, por lo que funcionan como



$$\Delta = \frac{0.0001 T_{\Delta} h^2}{t}$$

T_{Δ} = Diferencia de temp. adentro/afuera
h = Altura en pies
t = Espesor del muro (pulgadas)

Fig. 5.14 Fórmula adaptada del pandeo de losas por temperatura

muros de retención, aunque normalmente esto no se considera como un problema de diseño, el constructor deberá tener precauciones al rellenar las zanjas, éstas se deberán rellenar por capas, teniendo cuidado de checar la compactación de los rellenos para así evitar posibles asentamientos futuros.

Si se usan zapatas aisladas en lugar de zapatas corridas, la presión de tierra actúa como un cantiliver invertido por lo que en la parte inferior del muro (la parte enterrada) requerirá de un esfuerzo adicional. Otro caso es cuando el muro retiene tierra del exterior, en este caso se debe calcular el empuje de tierra y tomarlo en cuenta en el diseño. Una recomendación es la de agregar una membrana impermeable entre el muro y la tierra para así evitar las incomodas filtraciones de agua dentro del edificio.

EDIFICIOS TILT-UP DE VARIOS NIVELES

Estos muros, los cuales se usan en la construcción de edificios de hasta cuatro niveles, requieren de algunas consideraciones especiales.

- Las cargas axiales son más significativas, particularmente en las mochetas entre huecos, las cuales se diseñaran como columnas si $f_a > 0.04 f'c$.
- Para el diseño por viento y sismo, la carga viva de entrepiso se debe tomar en cuenta actuando simultáneamente, pero no la carga viva de azotea. Estas cargas excéntricas se deben convinar con las fuerzas laterales para determinar los momentos.
- La estabilidad lateral usualmente es provista por la losa de entrepiso.
- Si una escalera u otro aditamento descansa sobre el muro, se deberá diseñar el muro con la altura libre total y no tomar en cuenta el claro libre entre la escalera y la losa de piso.
- Los conectores también se deberán diseñar para cada nivel del piso, (si los pisos intermedios van a rigidizar los muros).

LA CIMENTACION DEBAJO DE LOS MUROS

En Estados Unidos, como anteriormente se mencionó, la mayoría de los muros son soportados por zapatas continuas. Las zapatas aisladas fueron usadas hace algunos años, pero actualmente es más común y económico excavar una zanja y colocar una zapata corrida. El ancho de la zapata dependerá de las cargas que reciba y de la capacidad de carga del suelo. Normalmente estas zapatas corridas son de 14" a 30" de ancho y 15" de peralte. Se recomienda colocar una varilla del # 5 longitudinalmente en la parte superior e inferior.

En zonas de bajo riesgo sísmico, no se necesita ninguna conexión entre el muro y la cimentación, ya que la parte inferior del muro es empotrada con la losa, como se mencionó previamente en éste capítulo.

En zonas sísmicas es normal que los muros se suelden a los dados de cimentación.

CONSIDERACIONES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACION

Durante la erección de los muros ocurren ciertos aspectos importantes que debemos tomar en cuenta.

Cuando una zapata aislada soportará a dos muros, se deberá calcular ésta para soportar tal carga; como casi siempre estos paneles tienen las mismas dimensiones, entonces se presenta muy poca excentricidad de cargas en la zapata. Sin embargo, durante el izado del muro, siempre el primer muro descansa en la mitad de la zapata aislada, hasta que el segundo es colocado sobre la otra mitad de la zapata, cuando ocurre ésto, se crea una excentricidad de fuerzas en la zapata, un incremento considerable en la presión del suelo y hasta un posible asentamiento en la mitad cargada de la zapata. Por lo que se deberá tomar en cuenta este fenómeno cuando se diseñe la cimentación por medio de zapatas aisladas.

Ocurre otra condición, también, cuando los muros son puestos sobre una cimentación de zapata corrida. Una práctica común es nivelar la su-

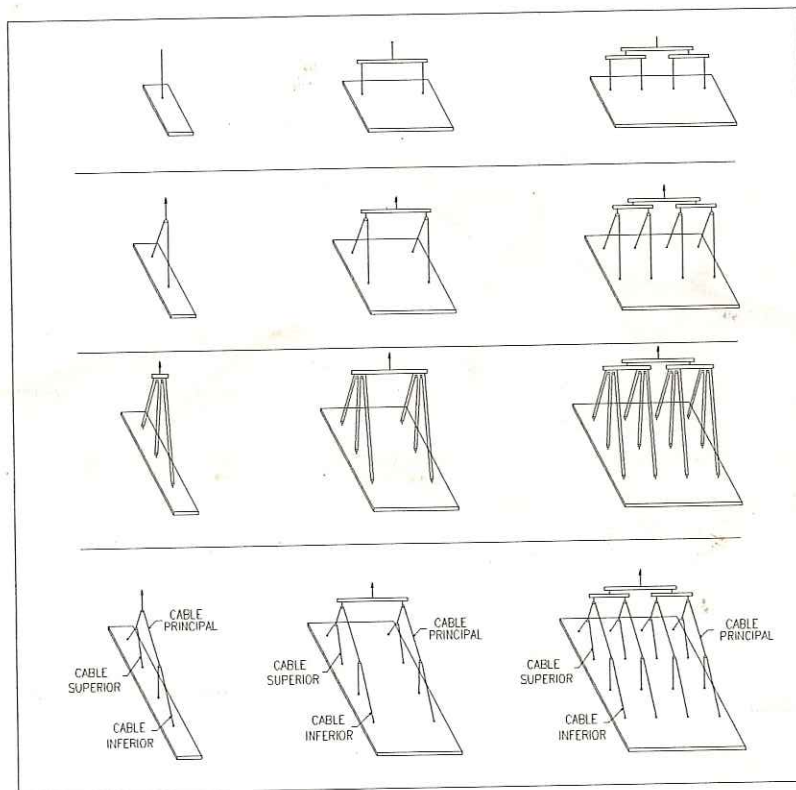


Fig. 5.15 Diferentes configuraciones de insertos de izaje.

perficie de la cimentación con "grout" en las partes en donde las esquinas de los muros descansarán. Lo que sucede en estos casos, es que el muro, en ocasiones, se pandea en el centro entre los dos apoyos nivelados con grout; trayendo consigo el asentamiento del suelo en los puntos en donde la zapata fue nivelada con "grout", debido a la redistribución de las cargas. Existen dos posibles soluciones a este problema; una de ellas es ensanchar la cimentación en la parte en donde las esquinas de los dos muros reposaran, y la segunda es la de usar calzas debajo de los muros, en las terceras partes de estos, para distribuir uniformemente el peso de los mismos hacia la cimentación. Si se opta por usar calzas debajo de los muros, éstas se deberán colocar al mismo tiempo que los muros.

¿ QUE TAN SEGUROS SON LOS EDIFICIOS DE TILT-UP ?

Se estima que hasta la fecha más de 14 millones de muros tilt-up han sido construidos. Y aunque han ocurrido accidentes durante el izado, nunca se ha sabido que algún muro halla fallado

durante su vida de uso. Incendios y terremotos han destruido los techos, más sin embargo los muros han permanecido de pie. La demolición de éstos, según compañías expertas en demoliciones, es muy dificultosa debido a su gran resistencia.

El terremoto de Northridge, en 1994, ha sido el sismo de mayor intensidad al que un muro tilt-up se haya enfrentado, en Estados Unidos, recientemente. En este caso no se presentaron fallas en los muros, sin embargo, una vez más la parte débil que falló de este sistema, como en el casos de sismos anteriores y como la historia lo documenta, fueron las conexiones entre muro y azotea. Hubo varias azoteas que se colapsaron, más sin embargo los muros quedaron intactos.

LA INGENIERIA EN EL IZADO DE MUROS

En el análisis vertical, la tensión y los esfuerzos en los insertos variará dependiendo del número de ellos, de su posición y del grado de inclinamiento del muro en el momento de su izaje.

Los esfuerzos máximos, usualmente, ocurrirán cuando el muro este completamente horizontal y entre los 30 y 50 grados de inclinación con respecto a la losa de piso, ésto para configuraciones de insertos de izaje de 2 y 4 piezas. Si el esfuerzo permitido es excedido, es necesario agregar refuerzo extra o emplear el uso de contrafuertes (ver figura 4.16).

El análisis horizontal es similar al vertical; la única diferencia es que en este análisis se necesitan revisar los esfuerzos cuando el muro se encuentra en una inclinación de cero grados, ya que la suma de las cargas de tensión del inserto es máxima cuando el muro se encuentra en esta posición.

En casi un 95% de los proyectos de tilt-up, el diseño para el izado, el puntaleo de los muros, incluyendo la selección, el suministro de los insertos y puntales, es hecho por los distribuidores de estos productos (Burke, Dayton-Superior, Richmond, etc...). Cada una de estas compañías tiene sistemas computacionales sofisticados para atender la demanda y analizar el edificio de cada cliente. Casi todas estas compañías cobran de entre \$ 25 a \$ 35 dólares por cada configuración de muro. En la mayoría de los proyectos existen de 10 a 20 diferentes tipos de configuración de muros (dimensiones, formas, aberturas, etc..).

El uso de los servicios que estas compañías ofrecen, son recomendables. Ahora, si decidimos hacer nuestro propio diseño, a continuación se mencionaran algunas recomendaciones.

Algo que no se debe olvidar : los siguientes pasos son muy generales y no son una regla general, se deberá siempre tener prudencia y la ayuda o consulta de algún especialista.

■Será necesario leer el catálogo de algún proveedor de accesorios para tilt-up, ya que tendremos que seleccionar el tipo de insertos y puntales que usaremos en la construcción de nuestro edificio

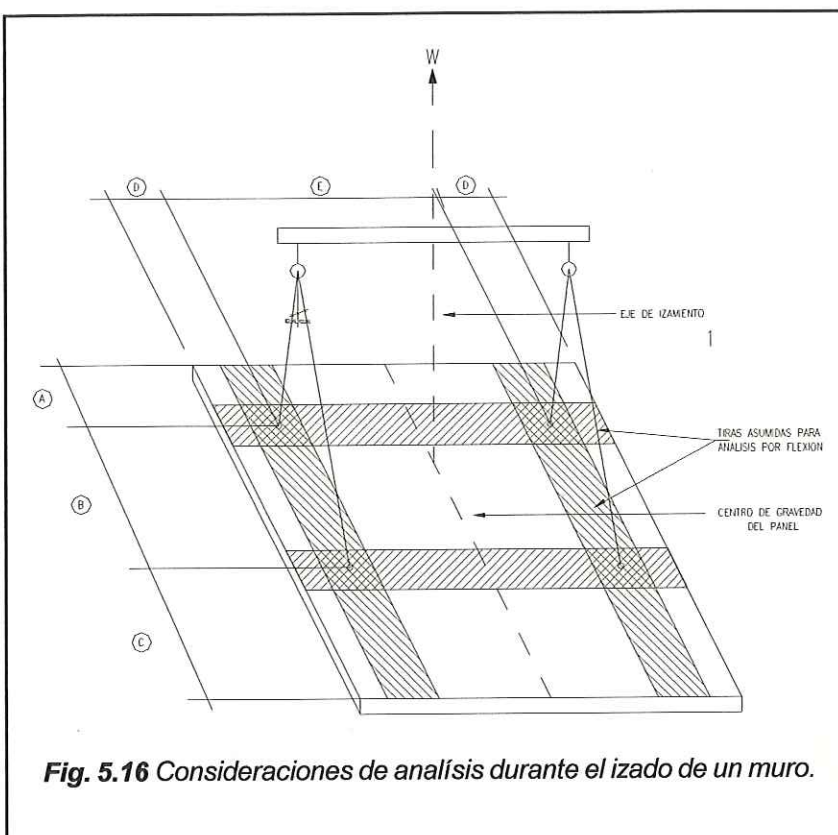


Fig. 5.16 Consideraciones de análisis durante el izado de un muro.

de tilt-up. También se deberá conseguir un manual de izamiento de algún proyecto anterior para ver como se preparó, para así tener una guía.

■Enseguida hacer un bosquejo de cada tipo de muro que intervendrá en la construcción del edificio y determinar el centro de gravedad de cada panel, horizontal y verticalmente. No debe olvidarse tomar en cuenta los posibles huecos que existan en los muros. Al mismo tiempo se deberá calcular el peso del muro (para un concreto normal el peso será de 2460 Kg/m3 (150 lb./ft3) .

■Determinar el número de puntos de izaje a usar, dividiendo el peso del muro entre la capacidad al esfuerzo cortante de cada uno de ellos. Se deberá aumentar el peso del muro en una tercera parte debido a la posible unión del muro con la losa de piso, al momento de erguir el muro, y a la succión inicial de izaje.

Esta carga adicional se deberá sumar al factor de seguridad de 2:1 que se recomienda usar para los Insertos. Se debe tomar en cuenta que debido a la manera en que los insertos y los cables de izado son dispuestos, cada inserto soportará

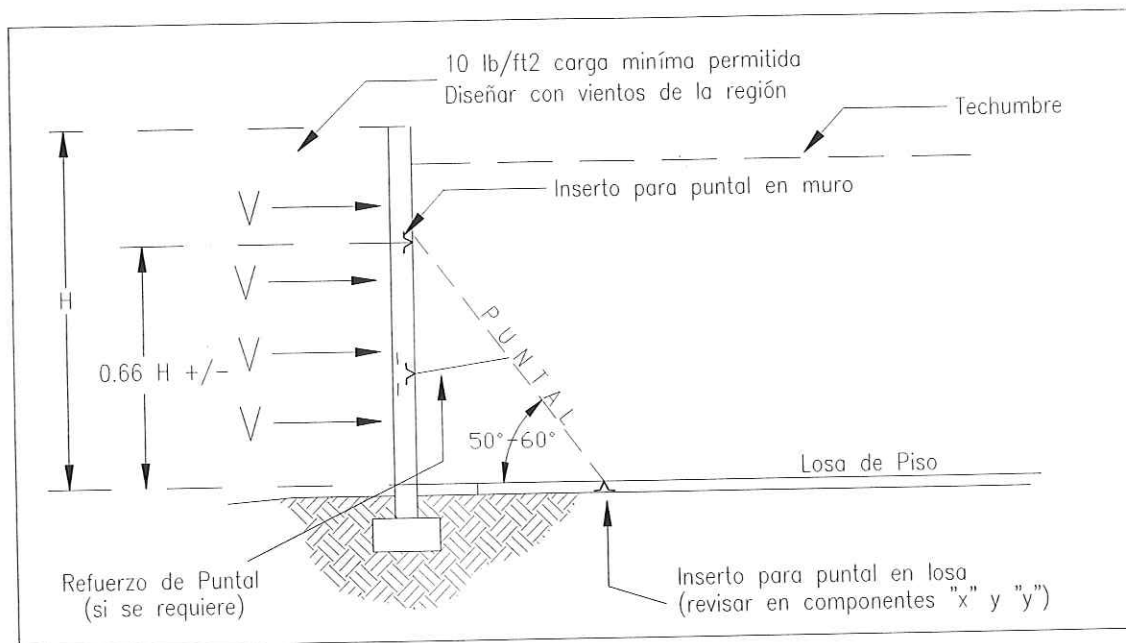


Fig. 5.17 Instalación Típica de puntales.

casi la misma carga ($\pm 15\%$). Se recomienda usar en la mayoría de los casos, si es posible, una misma configuración de insertos de izaje, para evitar perder tiempo y dinero al tener que cambiar los cables de la grúa.

■ Colocar los puntos de izaje en el muro de tal forma que su centro de gravedad coincida con el centro de gravedad en la dirección horizontal del muro; en cuanto al centro de gravedad en la dirección vertical, éstos deben de ser desplazados un poco más arriba, para permitir la correcta erección del muro. Si algún punto de izaje coincidiera en una abertura del muro, este deberá cambiarse hacia a un lado u otro, si son dos los puntos de izaje a mover se recomienda que estos conserven un mismo centro de gravedad durante el izaje del muro. En los catálogos de productos para tilt-up se dan recomendaciones para ubicar los puntos de izaje (varias configuraciones posibles ver figura 5.15) de tal forma que los esfuerzos por pandeo a la hora del izaje sean mínimos. Lo ideal es tener momentos negativos y positivos iguales durante el izado. Nunca se deberá poner un inserto a menos de 15" (380 mm) de la orilla de un muro o de alguna abertura del mismo.

■ Checar los esfuerzos de flexión en el muro. Lo complicado de este análisis es el cambio de las reacciones en los puntos de izaje mientras el panel

es izado para su colocación final. Esto cambiará, significativamente, los momentos de flexión en el muro con respecto a los momentos obtenidos cuando el panel se encontraba horizontal. Para determinar los esfuerzos y momentos de flexión en el muro, se debe de asumir que el muro esta dividido en franjas verticales y horizontales pasando a través de los puntos de izaje (ver figura 5.16). Una simple parrilla de refuerzo no es suficiente para resistir los esfuerzos de flexión durante el izaje, por lo que se debe de diseñar para resistir estos enormes esfuerzos. La mayoría de los diseñadores usan

un esfuerzo de flexión permisible de: $6\sqrt{f'c}$. La resistencia mínima del concreto a usarse será de 2 500 lb/in² (180 kg/cm²). Esto permite un esfuerzo flexionante permisible de 300 lb/in², se puede recomendar el uso de un refuerzo adicional en una o dos caras del muro, si es necesario.

■ Si los muros no son simétricos o contienen aberturas muy grandes será necesario usar vigas (de acero ó madera), las cuales también deberán ser diseñadas, para eruir los muros. Estas vigas de izaje deberán dar la suficiente rigidez al muro y las conexiones de éstas mismas con el muro deberán ser propiamente diseñadas (ver figura 4.16).

EL DISEÑO DE LOS PUNTALES

El diseño de los puntales es extremadamente importante. Como ya se mencionó anteriormente, ocurrió un caso en California, en donde 150 paneles fueron derribados con todo y puntales debido a una ráfaga de viento. La presión del viento está en función de la velocidad del mismo; en libras por pie cuadrado ésta es:

$$P_v = 0.004v^2$$

v = velocidad del viento en (mph).

Para un muro típico de 20 a 24 pies (6 m a 7.2 m) de ancho por 25 a 30 pies (7.5 a 9 m) de altura, se usan normalmente 2 puntales, sin embargo en zonas en donde el viento es considerablemente fuerte, se han usado de 4 a 6 puntales por muro.

Los puntales se instalan generalmente dentro de las 2/3 partes de la altura del muro (para equilibrar la flexión negativa y positiva) y por el otro extremo se atornillan en la losa de piso. El ángulo que forma la losa y el puntal normalmente es de 50 a 60 grados.

La mayoría de los distribuidores de accesorios, proveen recomendaciones, específicas por proyecto, sobre la localización, tipo y tamaño de puntal a usar. En muros con gran altura en ocasiones es necesario rigidizar horizontalmente los puntales para incrementar su capacidad.

La conexión de la parte inferior del puntal con la losa es muy importante, ya que en casi todos los casos es aquí en donde se ha determinado la falla. Aunque los anclajes atornillables en sitio son los más populares, en éstos, sin embargo, se han presentado la mayoría de los casos de falla. Probablemente los insertos más seguros son los que se dejan ahogados en la losa. Cuando el diseño es terminado, se debe agregar al bosquejo las dimensiones y ubicaciones de los insertos para izaje y apuntalamiento, además de especificar el tipo de accesorios que se usarán. Aunque no se halla decidido que algún proveedor diseñara estos elementos, ellos nos pueden ayudar en seleccionar los insertos y puntales más recomendables. (ver fig. 5.17).

RECOMENDACIONES FINALES GENERALES

A continuación se mencionan algunos puntos que el ingeniero deberá de tener en cuenta:

■ El espesor de la losa de piso, deberá de ser de 6" de espesor (nunca menos de 5"), se deberá especificar su resistencia, grado de compactación de la base, la localización de las juntas de control, y la cantidad de acero de refuerzo que deberá usarse.

■ Se deberá agregar una o dos varillas del # 5 horizontalmente en la parte inferior de los muros. Esto reducirá la posibilidad de la aparición de grietas diagonales en las esquinas de los muros cuando ellas sean asentados sobre las zapatas. Además insistimos, una vez más, que el contratista rellene con algún "grout" debajo de los muros inmediatamente después que estos han sido colocados.

■ Si se usan conectores de acero, éstos deberán estar al menos ahogados ¼ parte del espesor del muro, esto ayudará a eliminar cualquier fisura en el muro.

■ El revenimiento del concreto para los muros deberá de ser de 10 a 13 cm. Y se deberán especificar dos capas de compuesto de curado (7.4 M2/Lt).

■ Se deberá indicar claramente el lugar en donde el acero de refuerzo será colocado. Antes de colar el acero de refuerzo deberá de ser checado.

■ Se deberá usar varillas de grado 60 ($F_y=4200$ kg/cm²) en los muros, usar varillas grado 60 W conforme al ASTM-A706.

■ Cuando alguna viga impone una carga excéntrica en alguna conexión, se debe de agregar un extrarefuerzo.

■ Hay que checar las separaciones mínimas de refuerzo.

■ Checar si las mochetas se diseñarán como columnas o como vigas.

■ No usar espesores de muro menores de 5 ½" (140 mm) ó que la relación h/t sea mayor que 50.

EJEMPLO

1

El propósito de este ejemplo de diseño es describir e introducir al lector, de manera muy general, en los procedimientos y consideraciones para el diseño de un edificio de Tilt-Up. (Un ejemplo, más detallado, con cálculos se verá en el ejemplo #2).

Ya que no es posible estandarizar el arreglo de los muros, ni su tamaño y forma, es obvio que no todas las condiciones que se pueden presentar en el diseño de una estructura de Tilt-Up serán cubiertas en un ejemplo. Sin embargo, para este ejemplo, se presenta el croquis del edificio de Tilt-Up de la página siguiente.

Reglamento de construcción usado

Para este ejemplo usaremos el Uniform Building Code Edition 2000.

Cargas vivas y cargas muertas

Cargas Muertas

Polines y laminas de techo	10 a 12 lb/ft ²
Falso plafón en techo	4 a 6 lb/ft ²
Pesos de los muros	Varían
Agregar cualquier equipo montado en el techo	

Cargas Vivas

Carga viva en techumbre	12 lb/ft ² (mínimos)
Carga viva para entepiso de oficina	100 lb/ft ²

Los pisos del almacén se diseñaran para al menos 125 lb/ft².

Factores Sísmicos

Zona	Factor de cortante Basal
3	0.137 W
4	0.183 W

Factor de importancia 1.0

C_p = 0.75 (UBC 00 Sección 1630-2)

Usando esos valores resulta una fuerza de 0.30 W, para un factor de importancia de 1.0. Sin embargo este valor se debe incrementar a 0.48W en el diseño de las conexiones entre el muro y la estructura de techumbre - esta fuerza no debe ser menor que 300 lb/ft (En la zona 3 se puede reducir una tercera parte).

Carga de viento

La carga por viento gobernará el diseño en toda la estructura.

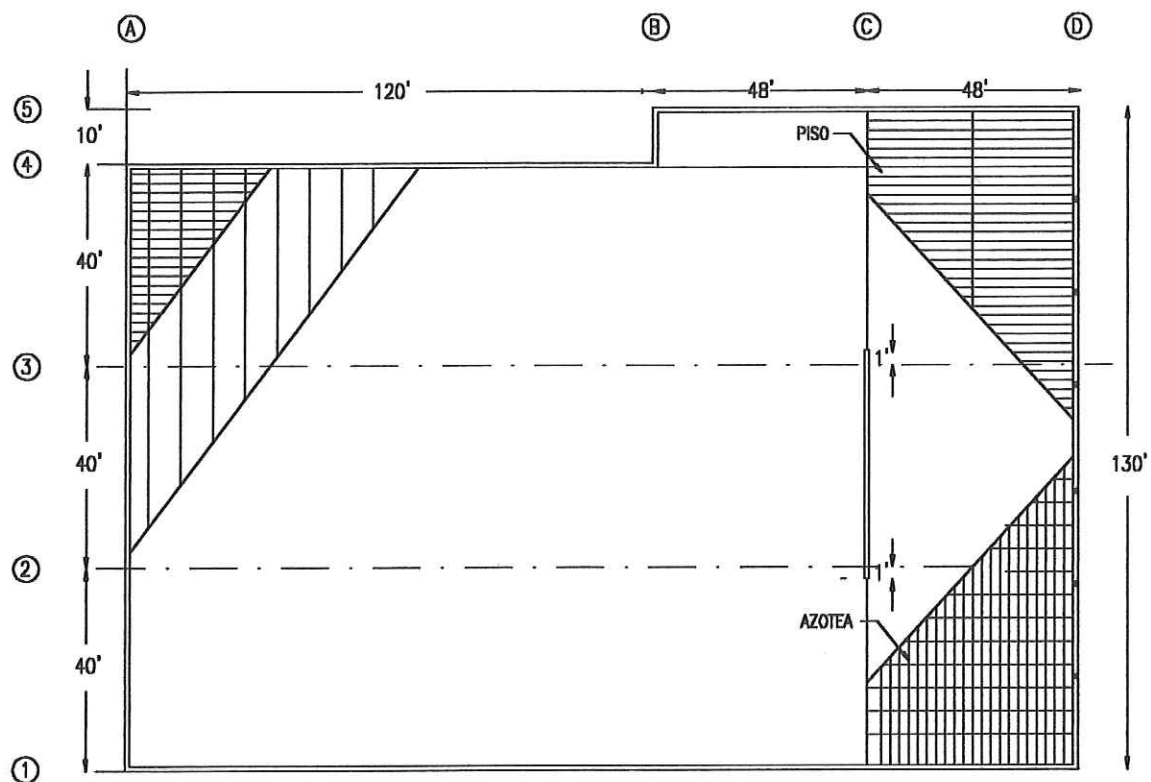
Por ejemplo para un viento de 90 MPH, exposición "C" y una altura de 25 ft, la presión del viento sería de 32.2 lb/ft² la cuál es mayor que un factor de 0.30 w aplicado a un muro de 7¼" de espesor.

Resistencia en los materiales

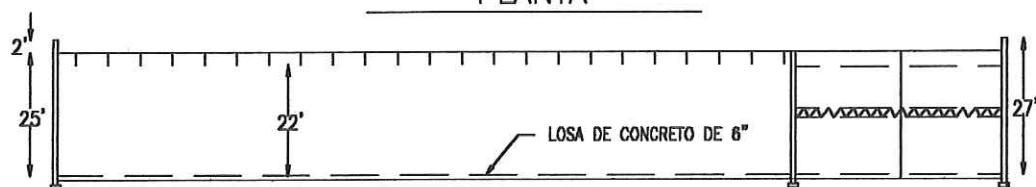
f' _c = 3000 psi (en muros)
f' _c = 210 kg/cm ²
f _y = 60,000 psi (grado 60)
f _y = 4,200 kg/cm ²

Distribución de Muros

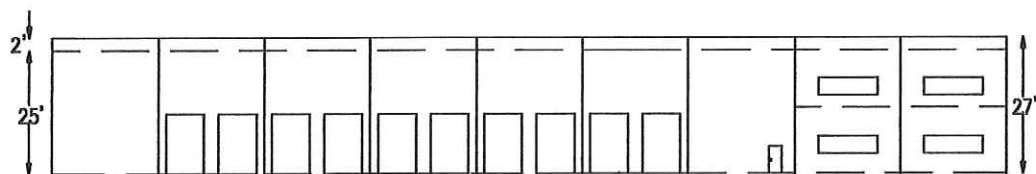
Del croquis mostrado en la página siguiente, podemos observar que el edificio esta dividido en 33 muros o paneles. Los muros más pesados serán los muros de la elevación lateral con una dimensión de 24' x 28' de alto, el espesor estimado es de 7¼", dando como resultado un peso de cerca de 30 toneladas, lo cuál es aceptable. El muro más pequeño sería el de 10' de largo encontrándose sobre el eje B. El muro de cortante interior, en el eje



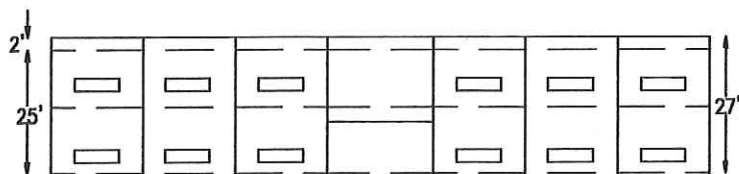
PLANTA



SECCION LONGITUDINAL



ELEVACION LATERAL



ELEVACION FRONTAL

C, se compondrá de 2 muros largos de 21 ft cada uno; nótese que éstos se extienden 1 pulgada de los ejes 2 y 3 para permitir el apoyo de las armaduras del techo. Los muros que corren por el eje A se dividieron en 5 paneles de 24 ft cada uno, en vez de seis paneles de 20 ft, esto con la finalidad de optimizar el tiempo de izado. También se propone que en el eje D exista un dintel de aproximadamente 20 ft de largo para dar forma al acceso de entrada al edificio (el uso de dinteles en las entradas de los edificios es muy común).

Enseguida analizamos el área de piso para determinar si contamos con suficiente espacio para el colado de nuestros muros.

Eje A - C:

$$168\text{ft} \times 130\text{ft} = 21,840\text{ft}^2 - 1200\text{ft}^2 = 20,640\text{ft}^2$$

Eje A-D

$$216\text{ft} \times 130\text{ft} = 28,080\text{ft}^2$$

$$(-) 120\text{ft} \times 10\text{ft} = - 1,200\text{ft}^2$$

$$\text{-----}$$

$$26,880\text{ft}^2$$

A ésta área es necesario descontarle los 3 pies de la franja del cerramiento.

$$692\text{ft} \times 3\text{ft} = 2,076\text{ft}^2$$

Entonces el área neta es:

$$26,880\text{ft}^2$$

$$- 2,076\text{ft}^2$$

$$\text{-----}$$

$$24,804\text{ft}^2$$

Área de Muros=

$$216\text{ft} \times 28\text{ft} \times 2 = 12,096\text{ft}^2$$

$$130\text{ft} \times 28\text{ft} \times 2 = 7,280\text{ft}^2$$

$$10\text{ft} \times 28\text{ft} \times 1 = 280\text{ft}^2$$

$$\text{-----}$$

$$19,656\text{ft}^2$$

Si existe el espacio es suficiente para el colado de los muros sobre la losa.

A esta altura el tipo de esquinas a usar en el

edificio ya debe haberse establecido. Pueden ser encontradas a 45° ó traslapadas, dependiendo de las consideraciones arquitectónicas (ver figura 2.4).

Es extremadamente importante que todas las dimensiones de los muros sean correctas y doblemente verificadas al transcribirlas en la memoria de cálculo correspondiente. El contratista no revisará el trabajo y puede resultar muy caro para el ingeniero si un panel tiene que ser corregido una vez que ya está colado.

La Losa de Piso

La losa en un edificio de Tilt-Up es muy importante, como ya se ha mencionado, la losa servirá de cimbra para el muro y además deberá resistir el peso de la grúa y de los camiones surtidores de concreto. Es común que las ollas revolvedoras de concreto transmitan una carga de 40,000lb (20 Ton) a la losa de concreto, la grúa por su parte transmite una carga de 25,000lb (13 Ton), por cada rueda.

Es por esta razón que las losas deben tener un espesor mínimo de 6" (15cm).

Se debe tener especial cuidado en usar el espesor adecuado de la losa, la compactación de la base debe ser revisada, así como sus juntas de construcción y armado. No se debe olvidar que un pequeño incremento en el espesor de la losa incrementa la resistencia de la misma. Cuando las losas son armadas, es frecuente usar varillas del #3 @ 18" c.c. (#3 @ 45cm) en ambos sentidos.

Columnas

Las columnas interiores para soportar los polines de la techumbre se localizarán como más convengan para el proyecto y las necesidades de los espacios del edificio.

Sistema resistente a los sismos

Los diafragmas horizontales transfieren las fuerzas sísmicas hacia los muros de cortante. A continuación se expone la metodología usada para cada uno de los 3 diafragmas usados en este ejemplo.

Diafragma superior de techumbre

Para las fuerzas sísmicas en la dirección norte-sur, éste diafragma se encuentra entre los ejes C y D. Debido a su pequeño ancho y su gran longitud (entre cuerdas) los cortantes resultantes serán relativamente pequeños. Sobre el eje C los dos ejes de las vigas entre el eje 1-2 y 3-5 absorberán y distribuirán sus cargas hacia el muro de cortante en el eje C. Notemos que la fuerza transferida en C-3 y C-2 cada una será la tercera parte del total del cortante sobre el eje C.

Para las fuerzas sísmicas en la dirección este-oeste, el diafragma descansa entre los ejes 1 y 5. Aquí tenemos una relación de aspecto de 2.7, la cuál es menor que el máximo de 4.0. Los cortantes en cada final serán relativamente altos por lo que forzosamente será necesario incrementar el refuerzo cerca de las líneas 1 y 5. La magnitud de la fuerza en C-3 y C-2 probablemente será menor que la que resisten los colectores de fuerza cortante ahí.

Diafragma de Piso

El diseño de éste diafragma es esencialmente el mismo que el del diseño anterior, únicamente que las cargas son mayores, por lo que el área tributaria de la altura del muro (la mitad de la altura entre el techo y el piso) se debe incluir. Debido a que las cargas muertas del entrepiso son considerablemente mayores que las de la azotea, los cortantes y las conexiones para soportarlos serán mayores en el segundo nivel del entrepiso.

Diafragma Inferior de Techumbre

El procedimiento es el mismo que el descrito para el diafragma superior de techumbre, con las fuerzas sísmicas con dirección norte-sur actuando en los ejes A y C.

En este ejemplo se ha incluido una mocheta en el eje B que ocasiona que nuestra planta no sea simétrica. Si la mocheta es relativamente pequeña, ésta no se deberá diseñar como muro de cortante.

Sin embargo, si la mocheta es de tamaño considerable (más del 15% del claro libre del diafragma) entonces se deberá diseñar como muro de cortante con sus correspondientes conectores y el diseño de su cimentación deberá resistir el volcamiento.

Se debe continuar un miembro en los ejes 4-B hacia los ejes 4-C para formar el diafragma en cuestión.

Diseño sísmico de conexiones en la techumbre y en el piso.

Estas conexiones, las cuales se deben calcular sobre 0.48 w del peso del muro, se encontrarán a cada 4 ft, en donde los polines descansarán.

Determinar las cargas para los muros cortantes

Después de calcular los cortantes de los diafragmas, éstos se distribuirán hacia los muros de cortante en los ejes A,C,D y 1,4,5. La mocheta del eje B se asume que ésta no absorberá ningún cortante, y el cortante en el eje "C" incluirá los cortantes del techo, entrepiso y piso.

Diseño de los muros

En este ejemplo existen 10 diferentes diseños de muros; como a continuación se podrá ver:

A. Muros en el Eje A sin aberturas (los cuales soportan una carga pequeña de azotea).

B. Los mismos muros pero con aberturas.

C. Los mismos muros que soportan armaduras para techumbre en ejes 2 y 3.

D. Muros en ejes 1,4 y 5 sin aberturas (Estos muros soportan una carga mayor de azotea que los del eje A).

E. Los mismos muros pero con aberturas.

F. La mocheta en el eje B

G. Muros con entrepiso en ejes 1 y 5. Estos muros tienen una carga adicional de entrepiso (incluir carga viva y sísmica)

H. Muros con aberturas en eje D

I. Un dintel sobre la entrada. Los muros adyacentes se deberán revisar debido a las reacciones del dintel

J. Muros de cortante interiores en el eje "C"

Checar el cortante en los muros

Ya que se usan diafragmas flexibles, el cortante en cada muro deberá estar en proporción a su distribución a lo largo del muro. Muros críticos con aberturas necesitan ser revisados para poder soportar esfuerzos cortantes. Si ellos son muros de cortante se requerirá armarlos con un refuerzo adicional. Algunos de estos muros se deberán revisar contra volteo.

Diseño de la cimentación

El diseño de éstas es realizado convencionalmente por lo que no se requiere discusión.

EJEMPLO #2

DISEÑO ESTRUCTURAL

1.0 Criterio de Diseño

1.1 Diseño basado en el Uniform Building Code, Edición 1994

1.2 Carga de azotea y entrepiso

Carga muerta de azotea, incluyendo miembros primarios; C.M.= 11.5 lb/ft²
Carga viva, C.V.= 16 lb/ft²

1.3 Cargas laterales

1.3.1 Viento

Asumiendo: Velocidad del viento = 80 MPH
Zona = C
Altura expuesta de muro = 30 Ft

Carga por viento:

$$P = C_e C_q q_s I_w = 1.23 \times 1.3 \times 16.4 \times 1.0 = 26.22 \text{ lb / ft}^2$$

(Ver tabla 5.1 de presiones de viento)

1.3.2 Carga Sísmica (Zona sísmica 4)

Cortante en la base:

$$V = \frac{ZIC}{R_w} W = \frac{0.40 \times 1.0 \times 2.75}{6} = 0.183W$$

Fuerza lateral en muros:

$$Fp = ZI_p C_p W_p = 0.40 \times 1.0 \times 0.75 W_p = 0.30 W_p$$

Debido a la zona sísmica (3 y 4) se usa $C_p=1.2$ para las conexiones del muro con la techumbre, por lo que usamos:

$$Fp = ZI_p C_p W_p = 0.40 \times 1.0 \times 1.2 W_p = 0.48 W_p$$

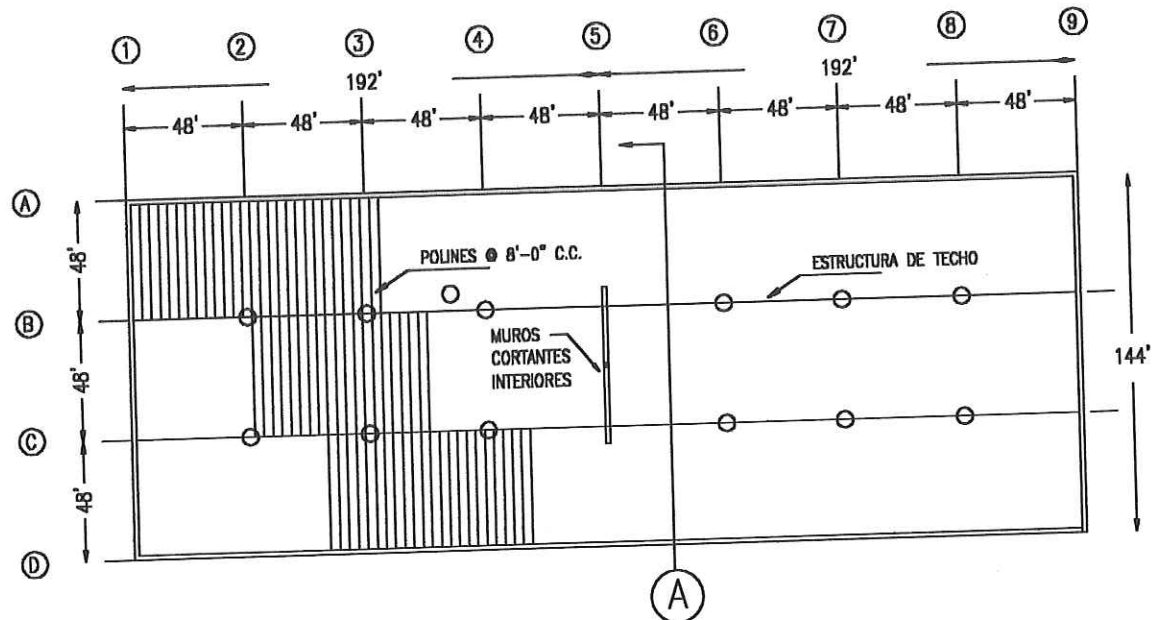
1.4 Esfuerzos permisibles

1.4.1. Madera

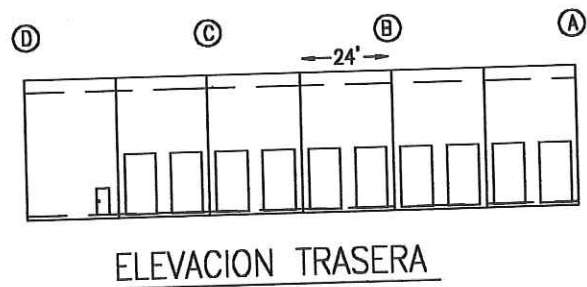
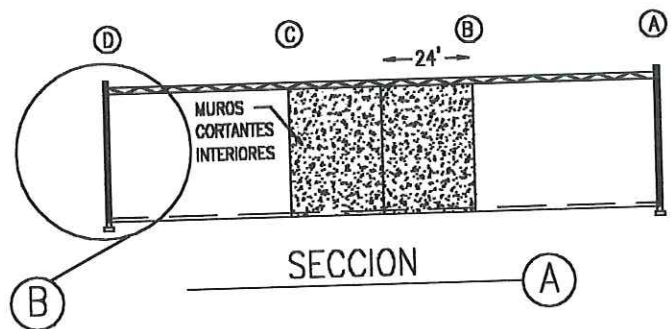
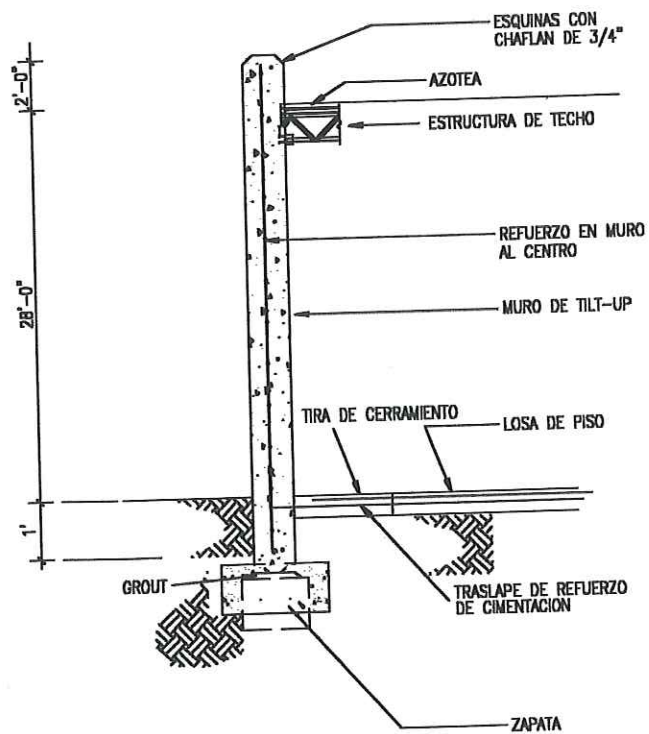
Triplay: $F_b=950 \text{ lb/in}^2$ $F_v=75 \text{ lb/in}^2$
Vigas: $F_b=1,550 \text{ lb/in}^2$ $F_v=85 \text{ lb/in}^2$

1.4.2. Acero

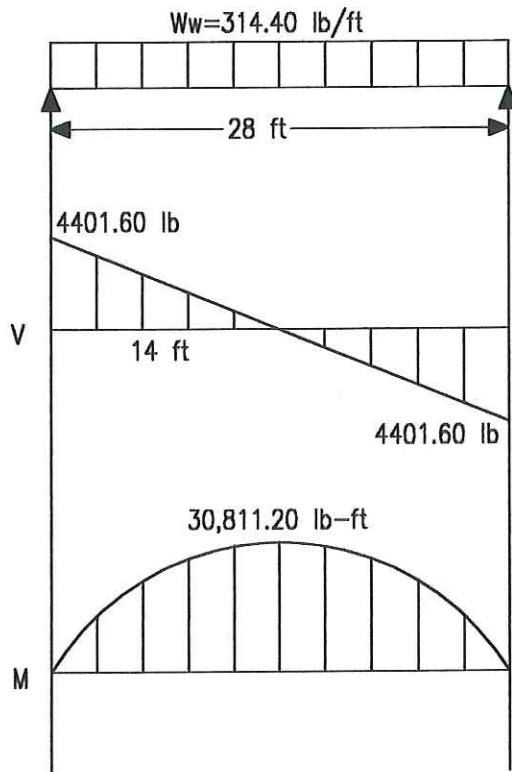
Acero: ASTM A36
Tubos: ASTM A500
Columnas circulares: ASTM A53, Grado C



PLANTA



VIENTO



$$M_w = \frac{Wl^2}{8} = \frac{26.2 \text{ lb} \left(\frac{8}{2} \text{ ft} + 4 \text{ ft} + \frac{8}{2} \text{ ft} \right) (28 \text{ ft})^2}{8 \text{ ft}^2} = 30,811.20 \text{ lb-ft}$$

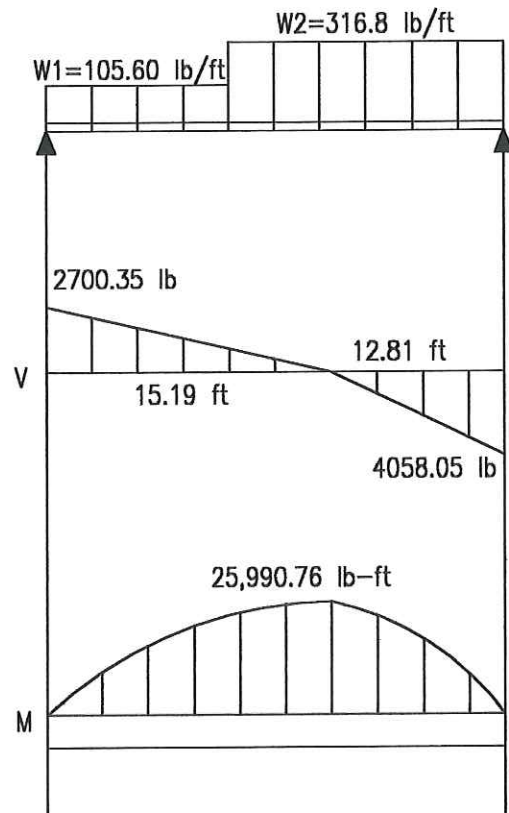
$$\left(\frac{8}{2} \text{ ft} + 4 \text{ ft} + \frac{8}{2} \text{ ft} \right) = 12 \text{ ft} = \text{Area}_\text{tributaria}$$

Cargas factorizadas

$$U = 1.05(276 \text{ lb/ft}) + 1.275(26.2 \text{ lb/ft})$$

$$M_w = \frac{1.275 W l^2}{8} = \frac{33.40 \text{ lb} (12 \text{ ft}) (28 \text{ ft})^2}{8 \text{ ft}^2} = 39,278 \text{ lb-ft} = 471,336 \text{ lb-in}$$

SISMO



$$W_1 = \frac{26.4 \text{ lb} (4 \text{ ft})}{\text{ft}^2} = 105.60 \text{ lb/ft}$$

$$W_2 = \frac{26.4 \text{ lb} (12 \text{ ft})}{\text{ft}^2} = 316.80 \text{ lb/ft}$$

$$MA = 0$$

$$(105.60 \text{ lb/ft})(10 \text{ ft})(10 \text{ ft}/2) + (316.80 \text{ lb/ft})(18 \text{ ft})(10 + 18/2) - RB(28 \text{ ft}) = 0$$

$$RB = 4,058.05 \text{ LB}$$

$$0 = -105.60 \text{ LB/FT}(10 \text{ FT}) - (316.8 \text{ LB/FT})(18 \text{ FT}) + 4058.05 \text{ LB} + RA$$

$$RA = 2,700.35 \text{ LB}$$

$$0 = 2700.35 \text{ lb} - 105.60 \text{ lb/ft}(10 \text{ ft}) - X(316.80 \text{ lb/ft})$$

$$X = (1644.35 \text{ lb}) / (316.80 \text{ lb/ft}) = 5.19 \text{ ft}$$

1.4.3 Concreto

Cimentación y Losa de Piso: $F'_c = 2,500 \text{ lb/in}^2$

Muros: $F'_c = 3,000 \text{ lb/in}^2$

1.4.4. Piedra

(No aplicable en este caso)

1.4.5. Cimentaciones

(Capacidad de carga del suelo)

2.0 Diseño de techumbre

2.1 Cubierta : Triplay # 1 de 1/2"
Polines 2"x4"x8' a cada 24" centro a centro

2.2 Vigas secundarias

Claro de 48 pies con vigas secundarias a cada 8' centro a centro.

$$C_{TB-C} = 8' \times (11.5 \text{ lb} / \text{ft}^2 + 16 \text{ lb} / \text{ft}^2) = 220 \text{ lb} / \text{ft}$$

2.3 Vigas primarias

Claro de 48' @ 48' c.c

$$C_{T2-3} = 48' \times (11.5 \text{ lb} / \text{ft}^2 + 16 \text{ lb} / \text{ft}^2) = 1320 \text{ lb} / \text{ft}$$

Carga en columnas interiores

$$48' \times 48' \times (11.5 \text{ lb} / \text{ft}^2 + 16 \text{ lb} / \text{ft}^2) = 63,360 \text{ lb}$$

2.4 Cargas especiales en azotea

Se debe identificar la localización y peso de cualquier equipo montado en la azotea (Estos equipos se deben localizar cerca de alguna columna)

3.0 Diseño de entrepiso de mezanine

En este ejemplo no hay mezanine; sin embargo en caso de que hubiese también se deben calcular las cargas actuantes en el mezanine para su diseño.

4.0 Diseño de columnas interiores

$P = 63,360 \text{ lb}$ (Se asume la carga concéntrica)

$h = 31 \text{ ft}$

Se diseña columna

5.0 Diseño de Muro

5.1 Determinar cargas y estimar espesor del muro

Asumiendo una relación altura-espesor de 48 para proponer un espesor de muro:

$$\begin{aligned}h &= 28 \text{ ft} = 336'' \\ \text{Espesor} &= (336'')/48 = 7'' \\ \text{Usar un muro de } 7 \frac{1}{4}'' &\text{ de espesor} \\ t &= 7.25'' \\ d &= (7.25''/2) = 3.625'' \\ f_c &= 3000 \text{ lb/in}^2 \\ f_y &= 60,000 \text{ lb/in}^2\end{aligned}$$

Carga muerta sobre el muro:

$$24' \times (11.5 \text{ lb/ft}^2) = 276 \text{ lb/ft}$$

Carga viva sobre el muro:

$$\begin{aligned}24' \times (16.0 \text{ lb/ft}^2) &= 384 \text{ lb/ft} \\ P_1 &= \frac{\text{-----}}{660 \text{ lb/ft}}\end{aligned}$$

Calculando la excentricidad, se propone una excentricidad de 3"

$$e = (7.25''/2) + 3'' = 6.63'' = 7 \text{ pulgadas}$$

Peso de muro:

t en pies x peso volumétrico del concreto

$$\begin{aligned}W_p &= ((1 \text{ ft} \times 7.25'')/12'') \times (145 \text{ lb/ft}^3) = 88.0 \text{ lb/ft}^2 \\ P_2 &= (\text{Peso de la mitad del muro}) \\ P_2 &= ((28 \text{ ft}/2) + 2 \text{ ft}) \times 88 \text{ lb/ft}^2 = 1,408 \text{ lb/ft}\end{aligned}$$

Calculando la fuerza lateral en el muro por sismo:

$$\begin{aligned}F_p &= Z I_p C_p W_p = 0.40 \times 1.0 \times 0.75 W_p = 0.30 W_p \\ F_p &= 0.30 (88 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}) = 26.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}\end{aligned}$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.4 a la carga muerta en el muro

$$W_s = 1.4 \times (26.4 \text{ lb/ft}^2) = 37.0 \text{ lb/ft}^2$$

Calculando la fuerza lateral en el muro por viento:

$$P = C_e C_q q_s I_w = 1.23 \times 1.3 \times 16.4 \times 1.0 = 26.22 \text{ lb/ft}^2$$

(Ver tabla pagina 56) $W_s > P$

Para este muro la carga por sismo es mayor que la carga por viento.

Determinando el factor de carga más severo:

$$U = 1.05 \text{ CM} + 1.28 \text{ CV} + 1.4 \text{ Ws}$$

$$U = 1.05(276 \text{ lb/ft} + 1,408 \text{ lb/ft}) + 1.28(384 \text{ lb/ft}) + 1.40(1,110) \text{ lb/ft} = 3,813 \text{ lb/ft}$$

Determinando el modulo de elasticidad del concreto:

$$E_c = 57,000 \sqrt{3000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} = 3,122,000 \text{ lb/in}^2$$

Relación del modulo de elasticidad:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29,000,000 \text{ lb/in}^2}{3,122,000 \text{ lb/in}^2} = 9.29$$

Calculando el modulo de ruptura:

$$Fr = 5.0 \sqrt{f'_c} = 5.0 \sqrt{3000 \text{ lb/in}^2} = 274 \text{ lb/in}^2$$

5.2 Diseño de Muro sin aberturas

Calculando el momento actuante en un pie lineal de muro:

$$M_u = 1.4 \left[\left(\frac{W_s l^2}{8} \right) + \left(\frac{W_{mazolea}}{2} (e) \right) \right]$$

$$M_u = 1.4 \left[\left(\frac{26.4 \text{ lb/ft} * 28^2 \text{ ft}^2}{8} \right) + \left(\frac{276 \text{ lb} * \text{ft}}{2 * 12 \text{ in}} (7 \text{ in}) \right) \right] = 3,734.78 \text{ lb-ft}$$

$$M_u = 44,817.36 \text{ lb-in}$$

Para no calcular el efecto P-delta podemos agregar un 15% al valor de Mu:

$$M_u = 44,817.36 \text{ lb-in} (1.15) = 51,539.96 \text{ lb-in}$$

Calculando el refuerzo de acero:

$$A_s = \frac{1.7 f'_c b d}{2 f_y} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2.89 (f'_c b d)^2}{f_y^2} - \frac{6.8 f'_c b M_u}{f_y^2 \phi}}$$

$$A_s = \frac{1.7(3000lb/in^2)(12in)(3.625in)}{2(60000lb/in^2)} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2.89((3000lb/in^2)(12in)(3.625in))^2}{(60000lb/in^2)^2} - \frac{6.8((3000lb/in^2)(12in))(51539.96lb-in)}{(60000lb/in^2)^2(0.90)}}$$

$$A_s = 0.285in^2 / ft$$

Se propone acero del #5@12" ($A_g=0.31 in^2/ft$); en donde A_g es el área de varillas en una franja de muro de 1 pie de ancho (ver tabla A.4. en apéndice 5).

Cálculo del porcentaje de acero:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{(0.31in^2 / ft)(1ft)}{(3.625in)(12in)(1ft)} = 0.007$$

Cálculo del porcentaje mínimo de acero:

$$\rho_{min} = \frac{200}{f_y} = \frac{200}{60,000lb/in^2} = 0.0033$$

Cálculo del porcentaje balanceado de acero:

$$\rho_b = (0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y}) (\frac{87000}{87000 + f_y}) = (0.85)(0.85) (\frac{3000lb/in^2}{60000lb/in^2}) (\frac{87000}{87000 + 60000}) = 0.02138$$

Cálculo del porcentaje máximo de acero:

$$\rho_{max} = 0.6\rho_b = 0.02138(0.6) = 0.01282$$

$$\rho < \rho_{max} > \rho_{min}$$

$$\rho > \rho_{min} \text{ ok}$$

$$\rho_{max} > \rho \text{ ok}$$

Cálculo el esfuerzo axial a la mitad de la altura:

$$f_a = \frac{W_{azotea} + W_{muro}}{(t)(b)} = \frac{276lb + 1408lb}{(7.25in)(12in)} = 19.35lb/in^2$$

$$f_a < 0.04f'_c$$

$$19.35lb/in^2 < 120lb/in^2 \text{ ok}$$

Propiedades del muro:

$$I_g = \frac{bt^3}{12} = \frac{(12in)(7.25in)^3}{12} = 381.07in^4$$

$$P_u = 1.4(276lb/ft + 1408lb/ft) = 2,358lb/ft$$

$$A_{se} = \frac{P_u + A_s f_y}{f_y} = \frac{2358lb + (0.31in^2 \times 60000lb/in^2)}{60000lb/in^2} = 0.35in^2$$

$$a = \frac{P_u + A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{2358lb + (0.31in^2 \times 60000lb/in^2)}{0.85(3000lb/in^2)(12in)} = 0.685in$$

$$c = \frac{a}{0.85} = \frac{0.685}{0.85} = 0.806in$$

$$I_{cr} = nA_{se}(d-c)^2 + \frac{bc^3}{3}$$

$$I_{cr} = 9.29(0.35in^2)(3.625in - 0.806in)^2 + \frac{12(0.806)^3}{3} = 27.90in^4$$

Cálculo de la capacidad nominal:

$$M_n = \phi A_{se} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.9 \left[0.35in^2 (60000lb/in^2) \left(3.625in - \frac{0.685in}{2} \right) \right] = 62,039lb-in$$

Cálculo del momento máximo en el muro resultado de la aplicación de la combinación de cargas sin factorizar (Ms) y la deflexión de servicio (delta).

$$M_s = \frac{W_s h^2}{8} + W_{azotea} \Delta + \frac{W_{azotea} e}{2} + W_{muro} \Delta$$

Para delta igual a cero

$$M_s = \frac{26.4lb/ft (28ft)^2 (12in)}{8(1ft)} + (0) + \frac{276lb(7in)}{2} + (0) = 32,012.40lb-in$$

$$\Delta_s = \Delta_{cr} + \left(\frac{M_s - M_{cr}}{M_n - M_{cr}} \right) (\Delta_n - \Delta_{cr}); \text{ para } M_s > M_{cr}$$

$$\Delta_s = \frac{5M_s l_c^2}{48E_c I_g}; \text{ para } M_s < M_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{2f_t I_g}{t} = \frac{2(274lb/in^2)(381.07in^4)}{7.25in} = 28,803.63lb-in$$

Cálculo de la deflexión en la mitad del muro:
Como Ms > Mcr

$$\Delta_{cr} = \frac{5M_{cr}l_c^2}{48E_cI_g} = \frac{5(28803.63lb - in)(336in)^2}{48(3,122,000lb/in^2)(381.07in^4)} = 0.284in$$

$$\Delta_n = \frac{5M_n l_c^2}{48E_c I_{cr}} = \frac{5(68933.0lb - in)(336in)^2}{48(3,122,000lb/in^2)(27.90in^4)} = 9.30in$$

$$\Delta_s = 0.284in + \left(\frac{32012.4lb - in - 28803.63lb - in}{68933lb - in - 28803.63lb - in} \right) (9.30in - 0.284in)$$

$$\Delta_s = 1.01in$$

Cálculo con iteraciones para encontrar Ms:

$$M_1 = \frac{26.4lb/ft(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 276lb(1.01in) + \frac{276lb(7in)}{2} + 1408lb(1.01in) = 33,713lb - in$$

$$\Delta_1 = 0.284in + \left(\frac{33713lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 1.39in$$

$$M_2 = \frac{26.4lb/ft(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 276lb(1.39in) + \frac{276lb(7in)}{2} + 1408lb(1.39in) = 34,353lb - in$$

$$\Delta_2 = 0.284in + \left(\frac{34353lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 1.54in$$

$$M_3 = \frac{26.4lb/ft(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 276lb(1.54in) + \frac{276lb(7in)}{2} + 1408lb(1.54in) = 34,606lb - in$$

$$M_3 \geq M_2 \text{ en } \approx 1\% \text{ ok}$$

$$\Delta_3 = 0.284in + \left(\frac{34606lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 1.60in$$

La deflexión por cargas de servicio será de 1.60 in.

Cálculo iterativo para obtener el momento último (Mu):

$$M_u = \frac{W_u h^2}{8} + 1.4W_{azotea}\Delta + 1.4\frac{W_{azotea}e}{2} + 1.4W_{muro}\Delta$$

$$\text{Asumiendo: } \Delta_u = 0$$

$$M_{u1} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 0 + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 0 = 44,864lb - in$$

$$\Delta_1 = \Delta_{cr} + \left(\frac{M_s - M_{cr}}{M_n - M_{cr}} \right) (\Delta_n - \Delta_{cr})$$

$$\Delta_1 = 0.284in + \left(\frac{44864lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 3.90in$$

$$M_{u2} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 1.4(276lb)(3.90in) + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 1.4(1408lb)(3.90in) = 54,059lb - in$$

$$\Delta_2 = 0.284in + \left(\frac{54059lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 5.97in$$

$$M_{u3} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 1.4(276lb)(5.97in) + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 1.4(1408lb)(5.97in) = 58,939lb - in$$

$$\Delta_3 = 0.284in + \left(\frac{58939lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 7.06in$$

$$M_{u4} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 1.4(276lb)(7.06in) + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 1.4(1408lb)(7.06in) = 61,509lb - in$$

$$\Delta_4 = 0.284in + \left(\frac{61509lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 7.64in$$

$$M_{u5} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 1.4(276lb)(7.64in) + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 1.4(1408lb)(7.64in) = 62,876lb - in$$

$$\Delta_5 = 0.284in + \left(\frac{62876lb - in - 28803lb - in}{68933lb - in - 28803lb - in} \right) (9.31in - 0.284in) = 7.95in$$

$$M_{u6} = \frac{(37lb/ft)(28ft)^2(12in)}{8(1ft)} + 1.4(276lb)(7.95in) + \frac{1.4(276lb)(7in)}{2} + 1.4(1408lb)(7.95in) = 63,607lb - in$$

$$M_{u6} \geq M_{u5} \text{ en } \approx 2\% \text{ ok } \therefore$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$63,607lb - in \leq 0.9(68,933lb - in)$$

$$63,607lb - in \leq 62,039lb - in \text{ ok}$$

En conclusión para el muro de 7.25in sin aberturas se debe armar con varillas #5@12 in centro a centro en ambos sentidos.

5.3 Diseño de Muro con aberturas

La mocheta central de 4ft es la sección más crítica del muro analizado y es quien gobierna el diseño.

Espesor (t)=7.25 in

F'c=3,000 lb/in²

Fy=60,000 lb/in²

Wm=88 lb/ft²

Carga por viento:

$$W_w = C_e C_q q_s I_w = 1.23(1.3)(16.4)(1) = 26.20 \text{ lb / ft}^2$$

Carga por sismo:

$$W_s = 0.30 W_m = 0.30(88 \text{ lb / ft}^2) = 26.40 \text{ lb / ft}^2$$

Comparando cargas para determinar cuál gobierna el diseño:

Análisis por viento:

$$M_w = \frac{W_l^2}{8} = \frac{26.2 \text{ lb} \left(\frac{8}{2} \text{ ft} + 4 \text{ ft} + \frac{8}{2} \text{ ft} \right) (28 \text{ ft})^2}{8 \text{ ft}^2} = 30,811.20 \text{ lb - ft}$$

$$\left(\frac{8}{2} \text{ ft} + 4 \text{ ft} + \frac{8}{2} \text{ ft} \right) = 12 \text{ ft} = \text{Area}_{\text{tributaria}}$$

Cargas factorizadas

$$U = 1.05(276 \text{ lb / ft}) + 1.275(26.2 \text{ lb / ft})$$

$$M_{wu} = \frac{1.275 W_l^2}{8} = \frac{33.40 \text{ lb} (12 \text{ ft}) (28 \text{ ft})^2}{8 \text{ ft}^2} = 39,278 \text{ lb - ft} = 471,336 \text{ lb - in}$$

Análisis por sismo:

$$W1 = (26.40 \text{ lb/ft}^2)(4 \text{ ft}) = 105.60 \text{ lb/ft}$$

$$W2 = (26.40 \text{ lb/ft}^2)(12 \text{ ft}) = 316.8 \text{ lb/ft}$$

$$M_s = 25,990.76 \text{ lb-ft}$$

$$U = 1.05D + 1.4E$$

$$M_{su} = 1.4(25,990.76 \text{ lb-ft}) = 36,548.06 \text{ lb-ft}$$

Una vez analizadas las cargas se determina que gobierna el diseño por viento.

Cálculo del refuerzo del acero: (se calcula el acero de refuerzo para toda la mocheta crítica de 4ft)

$$M_u = \frac{W_u l^2 (12 ft)}{8} + \frac{1.4(W_{mazotea})(e)(4 ft)}{2}$$

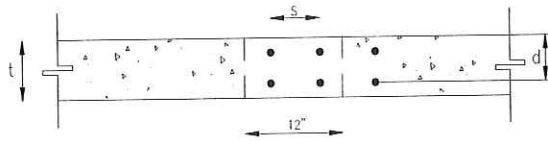
$$M_u = \frac{1.275 W l^2}{8} = \frac{33.40 lb (12 ft) (28 ft)^2}{8 ft^2} + \frac{1.4 (276 lb / ft) (4 ft) (7 in)}{2}$$

$$M_u = 476,745.60 lb - in$$

Para tomar en cuenta el efecto P-delta agregamos un 15% al Mu:

$$Mu = 1.15(476745.60 lb-in) = 548,257.44 lb-in$$

Como es muro con aberturas es necesario que se arme con una capa de acero en cada cara para proporcionarle resistencia y controlar las deflexiones:



Propiedades para mocheta de 1 ft de ancho

$t=7.25$ in; $d=5.40$ in; Se propone un recubrimiento exterior de 1.85 in

$$A_s = \frac{1.7 f'_c b d}{2 f_y} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2.89 (f'_c b d)^2}{f_y^2} - \frac{6.8 f'_c b M_u}{f_y^2 \phi}}$$

$$A_s = \frac{1.7(3000 lb / in^2)(12 * 4 in)(5.40 in)}{2(60000 lb / in^2)} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2.89((3000 lb / in^2)(12 * 4 in)(5.40 in))^2}{(60000 lb / in^2)^2} - \frac{6.8((3000 lb / in^2)(12 * 4 in))(548257.44 lb - in)}{(60000 lb / in^2)^2 (0.90)}}$$

$$A_s = 2.08 in^2$$

Como se calculó para 4ft de mocheta entonces para 1 ft tenemos

$$A_s = 0.52 in^2 / ft$$

Tratando de armar los muros uniformemente, buscamos en la tabla A.4 del Apéndice 5 un valor que corresponda a un armado de 12"; por lo que se propone armar el muro con varillas del #7@12" ($A_g=0.60 in^2/ft$) armado en ambos sentidos y en ambas caras.

Para la mocheta de 4 pies se proponen 4 varillas del #7 (2.4 in²); más sin embargo después de revisar las deflexiones se encuentra que la máxima deflexión permitida (1/150) es de 2.24 pulgadas y éste armado permite una deflexión en el muro de 3.11 pulgadas; por lo que el armado es insuficiente y se procede a proponer un armado mayor.

Entonces se propone una sección doblemente armada de 6 varillas del #7 ($A_g=3.60 in^2$).

Cálculo del porcentaje de acero en la mocheta:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{(3.60in^2)}{(48in)(5.4in)} = 0.013$$

Cálculo del porcentaje mínimo de acero:

$$\rho_{\min} = \frac{200}{f_y} = \frac{200}{60,000lb/in^2} = 0.0033$$

Cálculo del porcentaje balanceado de acero:

$$\rho_b = (0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_y}) (\frac{87000}{87000 + f_y}) = (0.85)(0.85) (\frac{3000lb/in^2}{60000lb/in^2}) (\frac{87000}{87000 + 60000}) = 0.02138$$

Cálculo del porcentaje máximo de acero:

$$\rho_{\max} = 0.6\rho_b = 0.02138(0.6) = 0.013$$

$$\rho < \rho_{\max} > \rho_{\min}$$

$$\rho > \rho_{\min} \text{ ok}$$

$$\rho_{\max} > \rho \text{ ok}$$

Los porcentaje son correctos, por lo que se sigue con la revisión.

Propiedades del muro:

$$I_g = \frac{bt^3}{12} = \frac{(48in)(7.25in)^3}{12} = 1524.31in^4$$

$$S_g = \frac{bt^2}{6} = \frac{(48in)(7.25in)^2}{6} = 420.50in^3$$

$$f_r = 5\sqrt{f'_c} = 5\sqrt{3000lb/in^2} = 273.9lb/in^2$$

$$M_{cr} = S_g f_r = 420.5in^3 (273.90lb/in^2) = 115,174.95lb-in$$

$$M_{cr} = \frac{2f_r I_g}{t} = \frac{2(273.9lb/in^2)(1524.30in^4)}{7.25in} = 115,174.76lb-in$$

Momento de inercia de ruptura a la mitad de la altura del muro; carga viva=0 para carga de viento; analizando los 4 pies de mocheta:

$$P_{ou} = 1.05(CM_{azotea})(A_{tribplanta})(A_{tribmocheta})$$

$$P_{ou} = 1.05(11.5lb / ft^2)(24ft)(12ft) = 3,478.60lb$$

$$P_{pu} = 1.05(CM_{muro})(h/2)(A_{tribmocheta})$$

$$P_{pu} = 1.05(88lb / ft^2)(\frac{28ft}{2} + 2ft)(12ft) = 17,741lb$$

$$P_u = P_{ou} + P_{pu} = 21,218.60lb$$

$$A_{se} = \frac{P_u + A_s f_y}{f_y} = \frac{21,218.6lb + (3.6in^2 \times 60000lb / in^2)}{60000lb / in^2} = 3.96in^2$$

$$a = \frac{P_u + A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{21,218.6lb + (3.6in^2 \times 60000lb / in^2)}{0.85(3000lb / in^2)(48in)} = 1.94in$$

$$c = \frac{a}{0.85} = \frac{1.94}{0.85} = 2.29in$$

$$I_{cr} = nA_{se}(d - c)^2 + \frac{bc^3}{3}$$

$$I_{cr} = 9.29(3.6in^2)(5.4in - 2.29in)^2 + \frac{48(2.29)^3}{3}$$

$$I_{cr} = 547.96in^4$$

Cálculo de las deflexiones:

$$M_n = \phi A_{se} f_y (d - \frac{a}{2}) = 0.9 \left[3.96in^2 (60000lb / in^2) (5.4in - \frac{1.94in}{2}) \right] = 947,311.20lb - in$$

$$M_n = 78,942.60lb - ft$$

$$\Delta_{cr} = \frac{5M_{cr} l_c^2}{48E_c I_g} = \frac{5(115,175lb - in)(336in)^2}{48(3,122,000lb / in^2)(1524.31in^4)} = 0.285in$$

$$\Delta_n = \frac{5M_n l_c^2}{48E_c I_{cr}} = \frac{5(947,311.20lb - in)(336in)^2}{48(3,122,000lb / in^2)(547.96in^4)} = 6.51in$$

Deflexión _mitad _del _muro

$$M_s = \frac{W_w h^2}{8} + W_{azotea} \Delta + \frac{W_{azotea} e}{2} + W_{muro} \Delta$$

$$M_s = \frac{26.2lb / ft^2 (12ft)(28ft)^2}{8} + 0 + \frac{276lb(4ft)(7in)}{2ft} + 0$$

$$M_s = 373,598.40lb - in$$

$$\Delta_s = 0.285in + \left(\frac{373,598.4lb - in - 115,174.95lb - in}{947,311.20lb - in - 115,174.95lb - in} \right) (6.51in - 0.285in)$$

$$\Delta_s = 1.93in$$

$$1.93in < \frac{l}{150}; 1.93in < \frac{336}{150}$$

$$1.93in < 2.24in _ Ok$$

Revisando el acero de refuerzo:

$$M_u = M_u + \frac{P_{pu} \Delta}{2} + P_{ou} \Delta + \frac{P_{ou} e}{2}$$

$$\Delta = 0$$

$$M_u = 39,278lb - ft + 0 + 0 + \frac{3,478.60(7in)(1ft)}{2(12in)}$$

$$M_u = 40,292.59lb - ft = 483,511.08lb - in$$

$$\Delta_u = \Delta_{cr} + \left(\frac{M_u - M_{cr}}{M_n - M_{cr}} \right) (\Delta_n - \Delta_{cr})$$

$$\Delta_{u1} = 0.285in + \left(\frac{483,511.08lb - in - 115,174.95lb - in}{947,311.20 - in - 115,174.95 - in} \right) (6.51in - 0.285in) = 2.75in$$

$$M_{u1} = 39,278lb - ft + \frac{17,741lb(2.75in)(1ft)}{2(12in)} + \frac{3,478.60lb(2.75in)(1ft)}{12inM} + \frac{3,478.60(7in)(1ft)}{2(12in)}$$

$$M_{u1} = 43,122.60lb - ft = 517,471.20lb - in$$

$$\Delta_{u2} = 0.285in + \left(\frac{517,471.20lb - in - 115,174.95lb - in}{947,311.20 - in - 115,174.95 - in} \right) (6.51in - 0.285in) = 3.01in$$

$$M_{u2} = 39,278lb - ft + \frac{17,741lb(3.01in)(1ft)}{2(12in)} + \frac{3,478.60lb(3.01in)(1ft)}{12inM} + \frac{3,478.60(7in)(1ft)}{2(12in)}$$

$$M_{u2} = 43,390.15lb - ft = 520,681.87lb - in _ Ok$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$43,390.15lb - ft \leq 78,942.60lbft _ Ok$$

Por lo tanto el acero propuesto anteriormente es correcto.

Calculando la fuerza axial en la mocheta de 4ft:

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{(CM_{azotea} + C.V_{azotea})(A_{tribplanta})(A_{tribmocheta}) + (W_{muro})}{(t)(b)}$$

$$f_a = \frac{(11.5lb / ft^2 + 16lb / ft^2)(24ft)(12ft) + (88lb / ft^2)(12ft)(\frac{28ft}{2} + 2ft)}{(7.25in)(48in)}$$

$$f_a = 71.31lb / in^2$$

$$F_a = 0.04 f'_c = 0.04(3000lb / in^2) = 120lb / in^2$$

$$F_a > f_a$$

$$120lb / in^2 > lb / in^2 _ Ok$$

5.2 Diseño Cimentación aislada o corrida.

El Cálculo de la cimentaciones se debe realizar usando el diseño convencional para cimentaciones.

6

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Las siguientes especificaciones son un ejemplo a aplicar en la elaboración de un proyecto tilt-up; así que no son restrictivas debido a que cada proyecto es diferente y único; por lo que cada uno requiere diferentes comentarios y recomendaciones para su correcta ejecución.

En lo que respecta a las especificaciones, éstas se deberán estructurar de la siguiente manera:

1.- Especificaciones Generales:

- 1.1 Descripción
- 1.2 Referencias
- 1.3 Recomendaciones
- 1.4 Control de calidad
- 1.5 Tolerancias

2.- Especificaciones de Materiales:

- 2.1 Accesorios manufacturados
- 2.2 Materiales de construcción
- 2.3 Aditivos para concreto
- 2.4 Selladores y caulking
- 2.5 Desencofrantes

3.- Especificaciones de Obra:

- 3.1 General
- 3.2 Cimbrado de los muros
- 3.3 Colado de concreto

- 3.4 Curado y Protección
- 3.5 Manejo e Izado de Muros
- 3.6 Acabados
- 3.7 Juntas en los muros
- 3.8 Calidad de control en campo
- 3.9 Fisuras en muros
- 3.10 Limpieza y protección.



Fig. 6.1 Toda obra exitosa requiere de especificaciones precisas para su construcción.

ESPECIFICACIONES GENERALES

1.1 Descripción.

1.1.1 Esta sección debe abarcar la ubicación, el uso y propiedad del edificio, además de todos los datos generales del proyecto, así como los alcances del mismo.

A. El proyectista no es responsable de las fisuras que pudieran aparecer en los muros a causa de los esfuerzos de izado.

B. Será responsabilidad del contratista el erigir los muros de una manera segura y eficaz, además de protegerlos, apuntalándolos correctamente, en contra de las fuerzas sísmicas y de viento; o cualquier otra fuerza que pudiera ocurrir durante la construcción de la obra y hasta que las conexiones estructurales se realicen.

1.2 Referencias.

1.2.1 Uniform Building Code (U.B.C.)

1.2.1 American Welding Society (AWS)

1.2.3 American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.)

- **A123.** Especificaciones para aceros galvanizados.

- **A185.** Especificaciones para aceros soldados, planos y acero de refuerzo.

- **C31.** Método de curado y muestreo de especímenes de concreto en el campo.

- **C33.** Normas para agregados de concreto.

- **C39.** Método para realizar pruebas de compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

- **C94.** Especificaciones para concreto premezclado.

- **C143.** Método para prueba de revenimiento del concreto.

- **C150.** Especificaciones para Cemento Portland.

1.2.4 American Concrete Institute (ACI 551R-92)

1.2.5 Concrete Reinforcing Steel Institute.

1.2.6 Reglamento de Construcciones de Baja California (Si se usase en el diseño).

Estas son solo algunos ejemplos y no son restrictivos.

1.3 Recomendaciones.

1.3.1 Los planos:

Estos deberán incluir el modulado de los muros, detalles de la ubicación de los insertos de izaje, incluyendo el apuntalaje temporal y la propuesta de algún método de izaje. Se deberá anexar la memoria de cálculo, una descripción de los procedimientos básicos de izaje, se deberá especificar la calidad de los materiales a usar así como sus especificaciones. Los planos deberán de ser firmados por un perito y autorizados por la dependencia correspondiente.

Se deberá hacer incapie que antes de realizar cualquier cambio a los planos se deberá notificar al responsable de la elaboración de los planos originales.

1.3.2 Documentación anexa.

Se deberá revisar la calidad de los materiales usados en la obra. Para artículos manufacturados, se deberá anexar las recomendaciones del fabricante para el uso de su producto, incluyendo sus limitaciones y procedimientos de seguridad. Por

ejemplo la información técnica de los selladores, el desencofrante, el grout, los tornillos expansores, el diseño de la mezcla del concreto, etc.

1.4 Control de Calidad

1.4.1 Normas y Reglamentos.

Se deben cumplir con las exigencias de los reglamentos vigentes en la zona de construcción.

1.4.2 Calidad de la Mano de Obra.

El contratista deberá demostrar experiencia en la construcción de edificios de Tilt-Up. Los trabajos deberán ser supervisados por un residente de obra de tiempo completo en la obra.

1.4.3 Calidad de los Soldadores.

Los soldadores deben mostrar credenciales de certificación en acorde con el ANSI/AWS.

1.4.4 Calidad en el Campo.

a). No se deberá colocar cimbra, acero de refuerzo ni colar concreto en días lluviosos al menos que se tomen las medidas necesarias para prevenir cualquier daño. Si existiese en la obra vientos fuertes, temperaturas altas o cualquier condición climática que provoque el rápido secado de la superficie del concreto éste se deberá proteger con un aditivo retardante de evaporación (una película monomolecular) o en su defecto una aplicación de agua esprayada, constante, hasta que los compuestos finales de curado sean aplicados.

b). Para condiciones en climas fríos, se debe de proveer de los equipos necesarios para calentar los materiales del concreto y evitar su congelación. Todos los materiales que tendrán contacto con el concreto deberán estar libres de escarcha o hielo. Se evitará el uso de materiales congelados o que contengan hielo.

c). En climas cálidos se deberán tomar ciertas consideraciones para la elaboración, acarreo, colado, protección y curado del concreto, para así evitar la evaporación excesiva y evitar una contracción drástica en los elementos de concreto (ver anexo 1).

1.4.5 Muro de Prueba

a). De ser posible se deberá construir un muro de 1m x 1m con la cimbra para los muros del edificio, y los métodos que se usarán para la construcción del proyecto.

b). Se deberá dar el acabado aparente al muro prueba, si los muros en el proyecto así lo demandan.

c). Si el concreto llevará algún colorante; éste se deberá usar en el muro de prueba.

d). El muro prueba deberá ser aprobado por la supervisión y el dueño. Este muro deberá ser guardado para ser comparado al final de la obra.

1.5 Tolerancias

1.5.1 Tolerancias.

Las dimensiones de los muros terminados deberán cumplir con las tolerancias especificadas para elementos precolados del ACI 117 (ver anexo 2), al menos que el proyectista especifique algunas.

2

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

2.1 Accesorios Manufacturados

2.1.1 Accesorios Manufacturados

Los insertos de izaje, puntales, y herramientas usadas en la construcción deberán ser de manufactura especial para edificios de Tilt-Up.

2.2 Materiales de Construcción

2.2.1 Cimbra

a). La cimbra deberá de ser de acero o madera, no deberá tener deformaciones y las esquinas deberán formar ángulos precisos.

b). En el cimbrado se deberá de tomar en cuenta los huecos para ventanas y puertas.

c). La cimbra deberá ser asegurada contra deslizamiento.

d). La cimbra no se deberá aceitarse al menos que se compruebe que el lubricante es compatible con el desencofrante.

2.2.2 El Concreto

a). Cemento: Se deberá especificar el tipo de cemento que se usará en la elaboración del concreto.

b). Los agregados gruesos y finos deberán ser inertes, libres de materia orgánica y deben cumplir las normas ASTM C33.

c). El concreto deberá ser diseñado por un laboratorio y aprobado por un Ingeniero.

d). El agua para el mezclado deberá estar libre de cualquier sustancia que interfiera con la reacción del cemento.

e). Todos los concretos deberán de producirse y manejarse de acuerdo a la norma ASTM C94.

2.2.3 Calidad del Concreto.

a). Todos los concretos deberán de producirse y manejarse de acuerdo a la norma ASTM C94.

b). El concreto deberá de cumplir su resistencia a los 28 días y será probado de acuerdo a la norma de la ASTM C39.

c). El revenimiento tendrá una tolerancia de +/- 2 cm con respecto a lo que indique el proyecto.

2.2.4 Calidad del Acero de Refuerzo.

a). El acero de refuerzo deberá de ser de grado 60 ($F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$) y tendrá que cumplir con las normas ASTM A 615 ó ASTM A 706.

2.3 Aditivos para concreto

2.3.1 Aditivos de Curado de Concreto

a). El compuesto de curado de concreto deberá cumplir con las normas ASTM C 309-91, Tipo I, ID, clase B.

b). El desencofrante deberá ser de tipo líquido conforme a las normas ASTM C-309-91, Tipo I, ID, clase B.

c). Se recomienda que se use una sola marca de producto en lo referente al aditivo de curado y el desencofrante.

d). El concreto se deberá curar inmediatamente después de su acabado, se aplicarán dos capas de aditivo de curado como mínimo con una relación de 200 pies cuadrados por galón.

2.4 Selladores y Caulkings

2.4.1 Selladores y Caulkings

a). Estos podrán ser de cualquier marca, con la condición que sean para uso en edificios Tilt-Up.

2.5 Desencofrantes

2.5.1 Desencofrantes

a). Estos deberán cumplir con la norma ASTM-C-309-91. Deberán de ser aplicados 24 horas antes del habilitado del acero de refuerzo. El desencofrante deberá secarse en 30 minutos o menos a una temperatura de 100° F para evitar manchas en los muros.

b). Deberá ser compatible con el compuesto de curado y cualquier producto que vaya a aplicarse en los muros y pisos.

ESPECIFICACIONES DE OBRA

3.1 Generales

3.1.1 Generales

a). En la obra es necesario que la gente este en comunicación. Será obligación del residente de obra el coordinar los trabajos, para evitar omisiones y errores que retarden la construcción de la misma.

b). El concreto se debe de manejar de tal manera que se evite la segregación de sus componentes.

c). Las ollas, bombas y cualquier medio de transporte de concreto deberá estar limpio de materia extraña.

3.2 Cimbrado de los muros

3.2.1 Cimbrado de los muros

a). La losa debe ser curada con un desencofrante.

b). Las fisuras, cortes de sierra, y huecos en la losa deben ser cubiertos y nivelados con algun sellador para minimizar la transferencia de éstos hacia el muro.

c). Si se usan losas exteriores para el cimbrado de muros, éstas deberán contar con una resistencia suficiente que soporte sin problemas el peso de los muros.

d). El contratista será el responsable en el uso de aditivos compatibles. Si los muros serán apilados por falta de espacio, a éstos también se les deberá aplicar una capa de desencofrante.

e). El desencofrante deberá ser aplicado según las recomendaciones del fabricante.

f). Si después de puesto el acero de refuerzo, existiesen, sobre la losa, zonas dañadas en donde la capa delgada del desencofrante ha sido removida,

se deberá aplicar nuevamente líquido desencofrante en esas zonas; teniendo cuidado de no aplicar el líquido sobre el acero de refuerzo y los insertos.

e) Se debe supervisar y coordinar la colocación exacta de los insertos de izaje, sobre la losa de piso, antes de el colado de los muros.

g). Los insertos deberán estar fijos y no se deberán mover a la hora del colado del muro.

3.3 Colado del concreto

3.3.1 Colado del concreto

a). El concreto deberá ser colocado de acuerdo con las normas del ACI 309.

b). Por ningún motivo se deberá permitir la construcción de juntas frias en un muro Tilt-Up.

3.4 Curado y protección

3.4.1 Curado y protección

a). El concreto deberá de protegerse contra el secado prematuro debido a viento y clima cálido.

b). El compuesto de curado se deberá aplicar siguiendo las recomendaciones del fabricante.

3.5 Manejo e izado de muros

3.5.1 Manejo e izado de muros

a). Los esfuerzos producidos en el muro debido a su izamiento y la selección del método y sistema de izaje son responsabilidad del contratista.

b). El cálculo de los esfuerzos en los muros debido a su izaje estarán en función del diseño de la erección de los mismos.

c). Antes de inicar las operaciones de izaje, el contratista debe checar las condiciones del sitio de trabajo para deterimnar si los muros deben o no ser erguidos.

d). Protejer los muros contra posibles manchas, pandeos y fisuras.

e). Si existiesen defectos en los muros, éstos deberán de ser reparados, con previa autorización de un Ingeniero.

f). El equipo para erguir los muros deberá de ser el adecuado y deberá estar en condiciones óptimas para prevenir accidentes.

g). Cualquier daño a la estructura por falta de seguridad, deberá ser reparada o reemplazada a expensas del contratista.

h). Los muros deberán de ser colocados en la posición proyectada. Se debe colocar el grout debajo de los muros, el mismo día de su izaje, para lograr un apoyo uniforme.

i). Una vez que los paneles sean erguidos, éstos deberán ser asegurados con puntales diseñados para resistir las fuerzas de viento, sismo o cualquiera otra que pueda actuar en los muros. El diseño y la protección de los mismos será responsabilidad del contratista.

j). Los muros deberán de tener una edad mínima de 14 días antes de realizar cualquier unión entre ellos.

k). Los muros deberán tener una apariencia libre de defectos visibles, a una distancia de 12 m. Una vez que los accesorios de apuntalamiento sea retirados, se deberán resanar los muros.

3.6 Acabados

3.6.1 Acabado en el concreto

Los muros no deberán presentar huecos, fisuras, astillamientos ni texturas no uniformes. Todos los huecos y defectos deberán ser rellenados creando una superficie plana, lista para pintarse.

3.7 Juntas en los muros

3.7.1 Juntas en los muros

a). Limpiar la unión de los muros de contaminantes, incluyendo costras de concreto. No deberá haber polvo ni otro tipo de partícula libre entre los muros. El sellador se deberá aplicar siguiendo las instrucciones del fabricante.

3.8 Calidad de control en campo

3.8.1 Ensayos

a). Se deberá tomar por lo menos 4 cilindros por cada tres ollas revolvedoras. De cada muestra de 4 cilindros, dos deberán ser probados a los 7 días y dos a los 28 días. El curado y ruptura de los cilindros se deberá realizar de acuerdo a la norma ASTM C31. Los reportes deberán indicar claramente cual panel se coló, la fecha, que resistencia se obtuvo de la prueba y cual era la de proyecto. Se deben distribuir copias de los reportes, al dueño, al ingeniero residente, al contratista y a la supervisión. En caso de que el concreto resultará inferior a lo especificado en proyecto, se deberá notificar a la concretera para que corrija la mezcla de los agregados del concreto. Si el problema persistiera, los muros deberán ser removidos. Los costos por la remoción y colado de los nuevos muros serán responsabilidad del contratista.

3.9 Fisuras en los muros

3.9.1 Fisuras en los muros

a). Los muros dañados durante su izaje, las fisuras visibles a una distancia de 12 m, astilladuras y pandeo en los muros, deberán ser reparados o reemplazados a expensas del contratista.

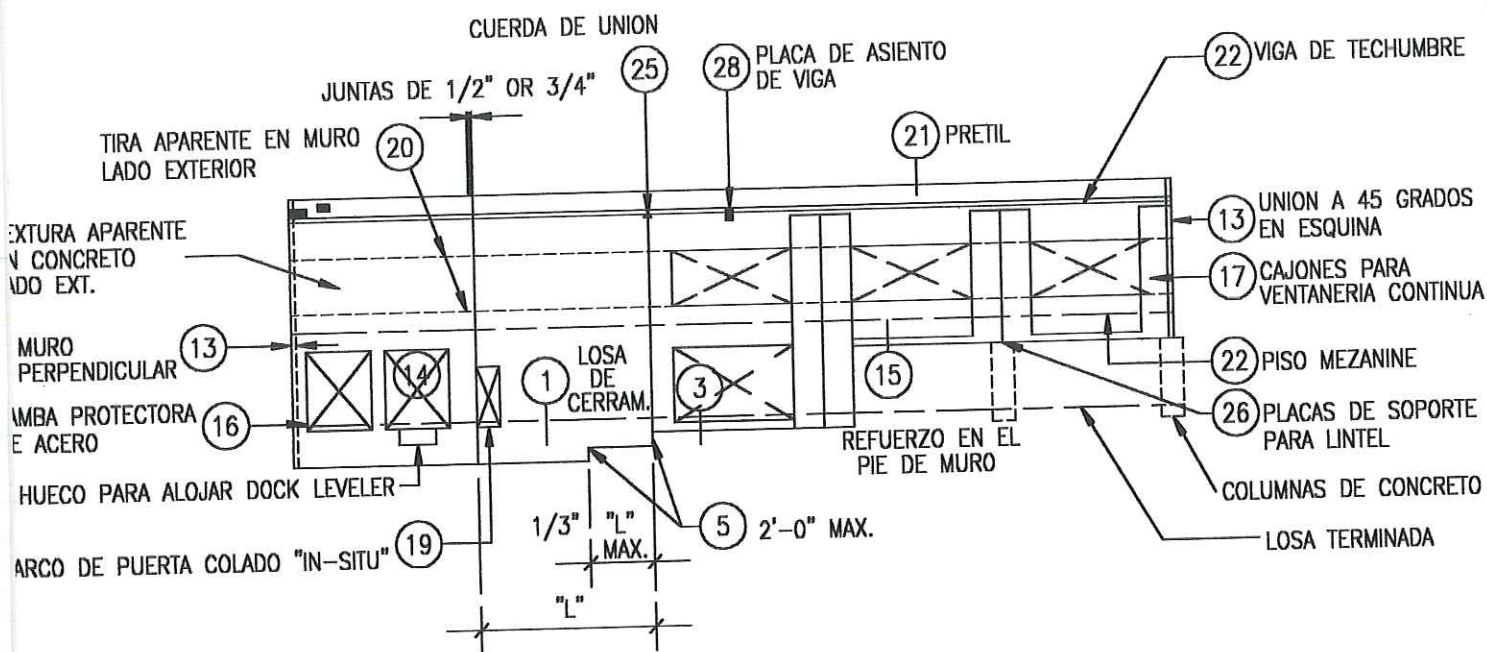
3.10 Limpieza y protección

3.10.1 Limpieza y protección

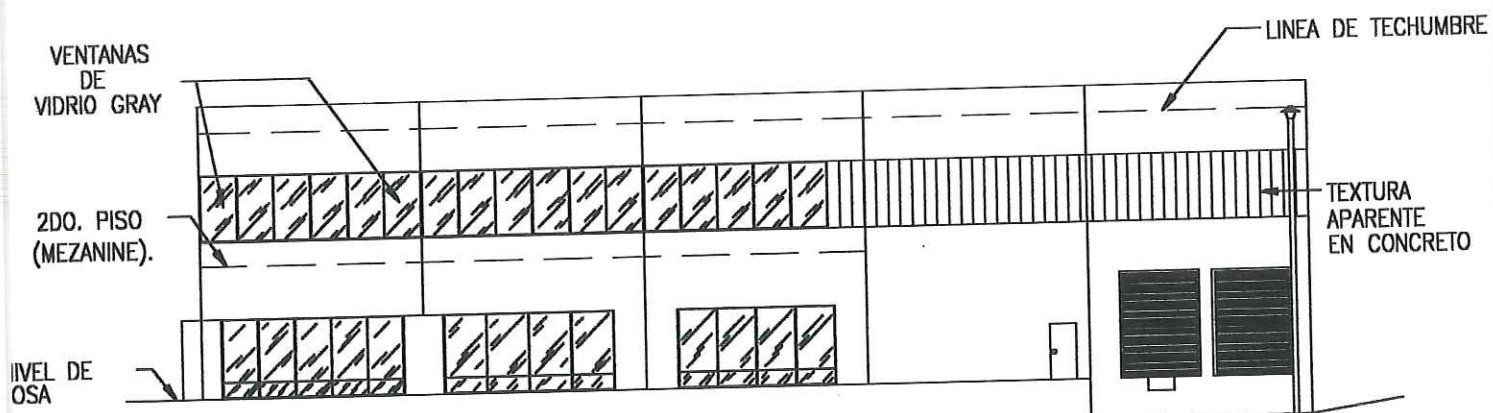
a). Durante el periodo de construcción, la obra, así como los muros deberán contar la protección adecuada para evitar cualquier accidente ó contratiempo. Deberá existir en la obra, por el tiempo que dure la misma, una cuadrilla de limpieza general.



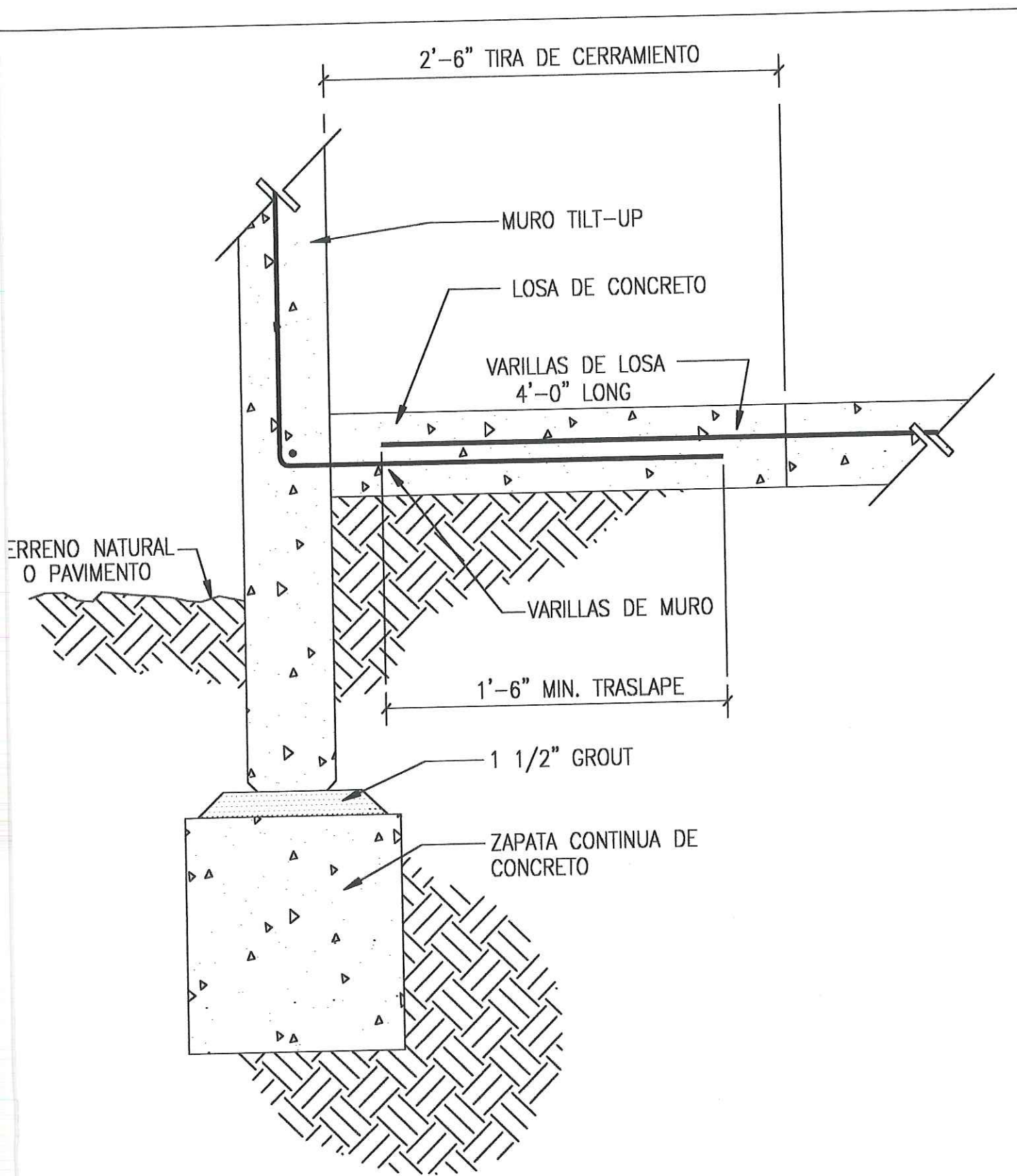
DETALLES CONSTRUCTIVOS

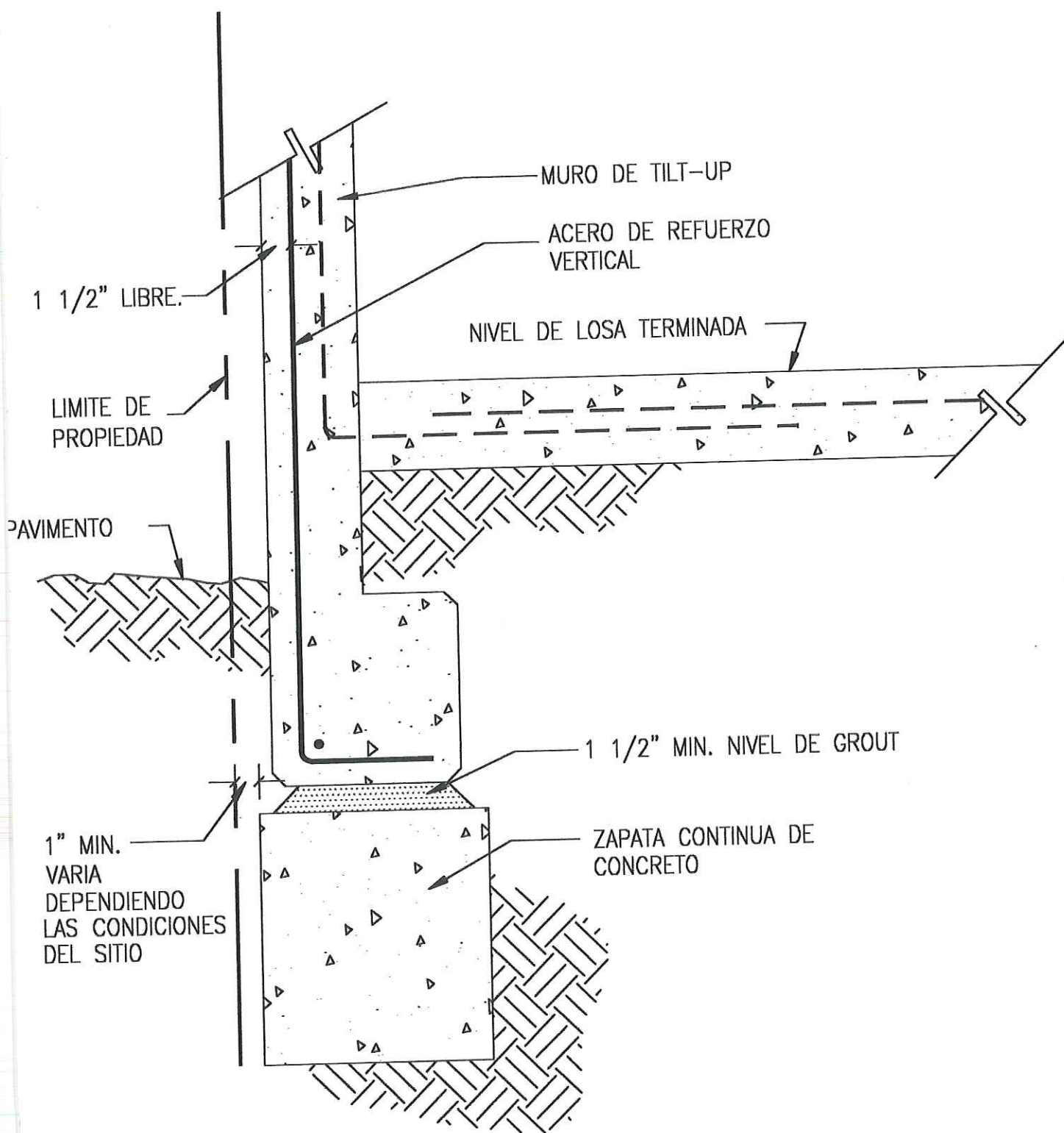


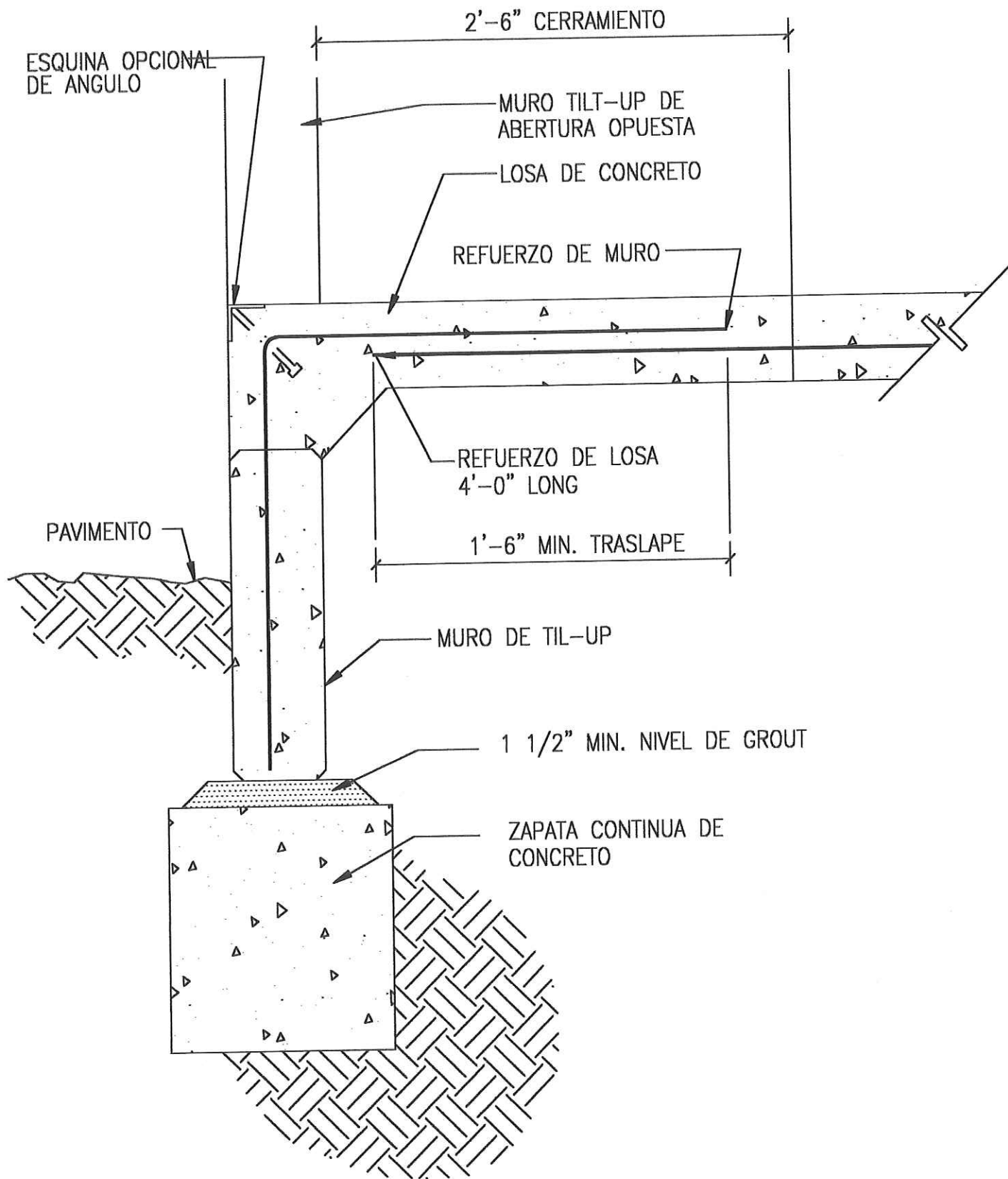
MUROS DE TILT - UP - VISTA INTERIOR

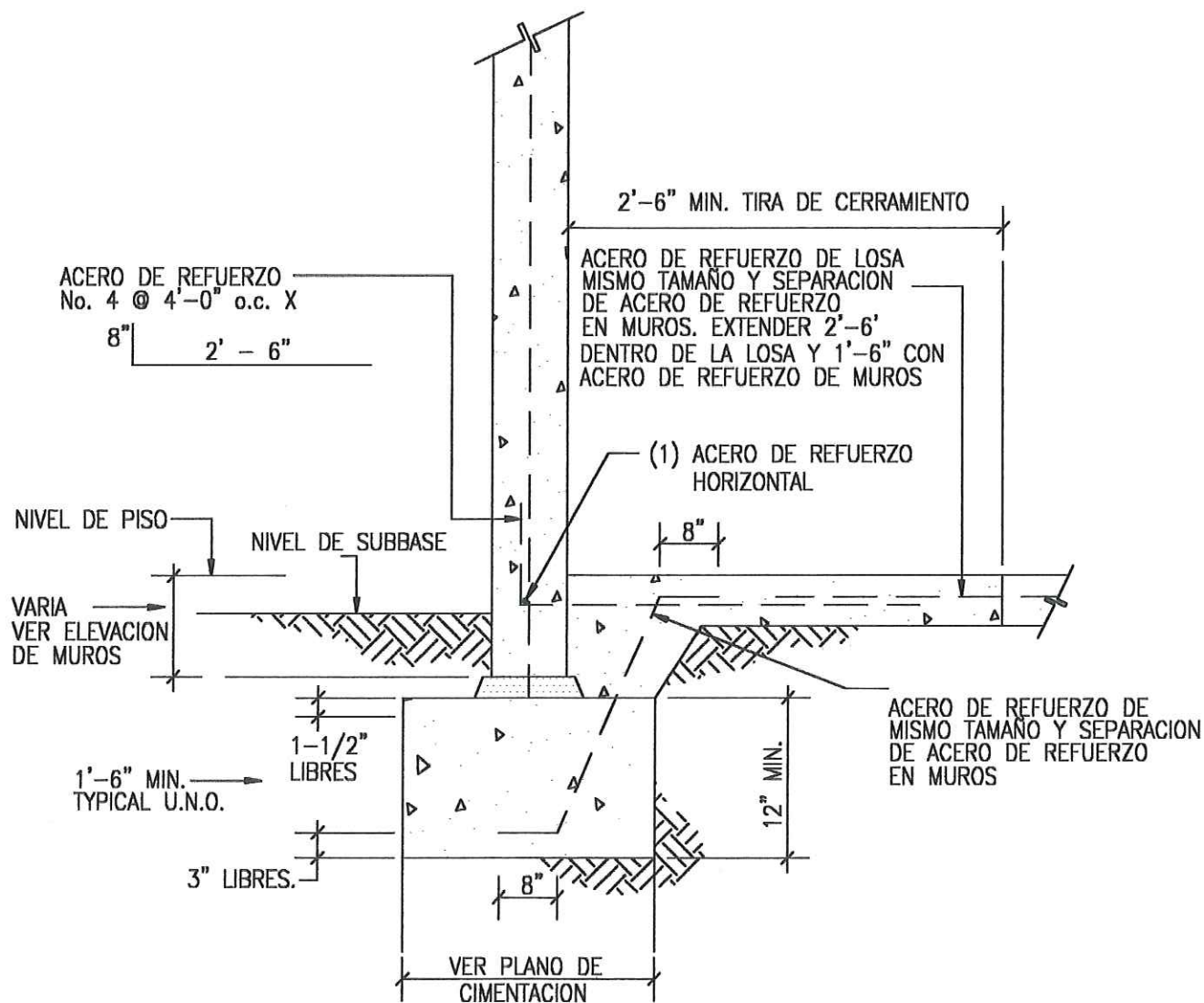


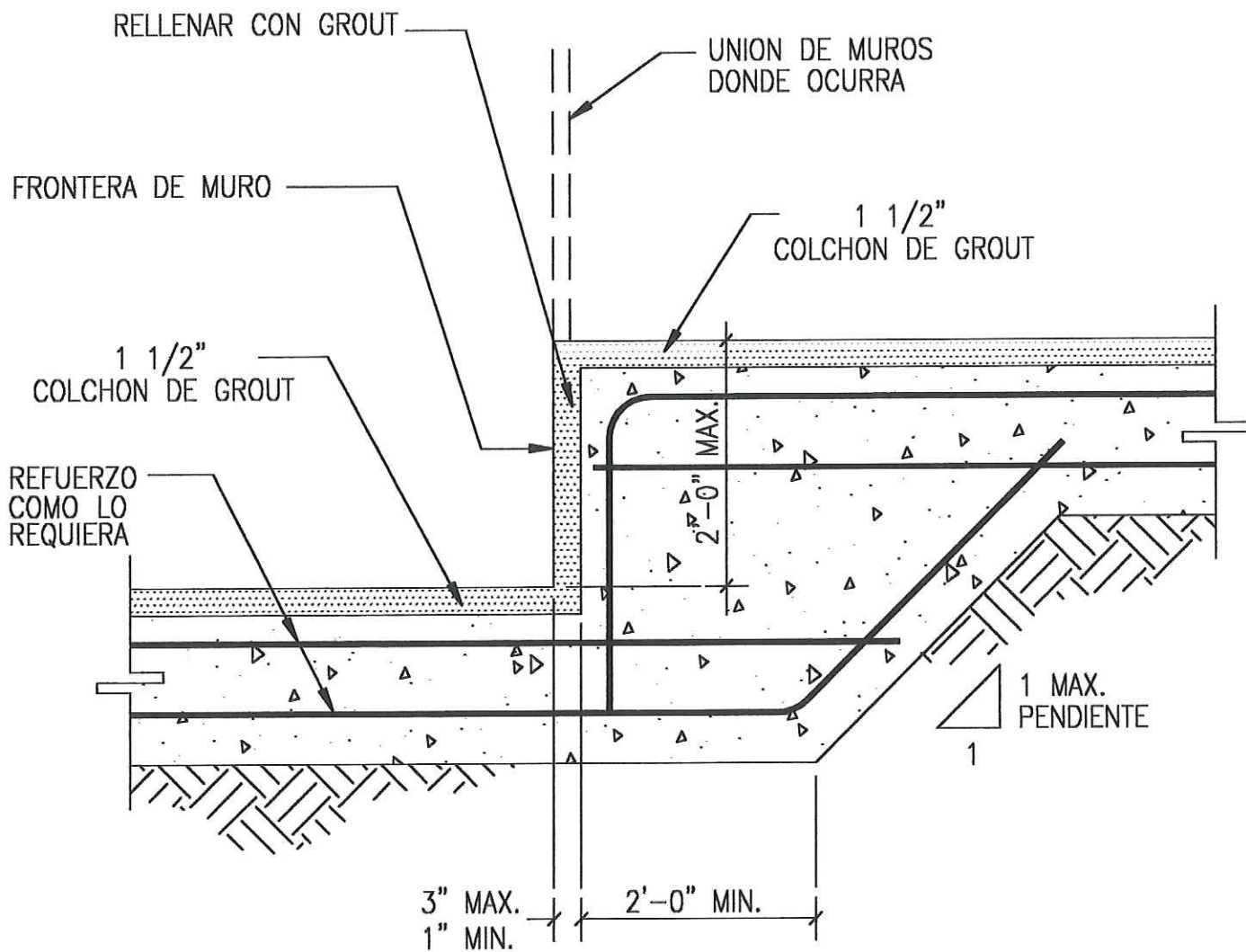
ELEVACION EXTERIOR

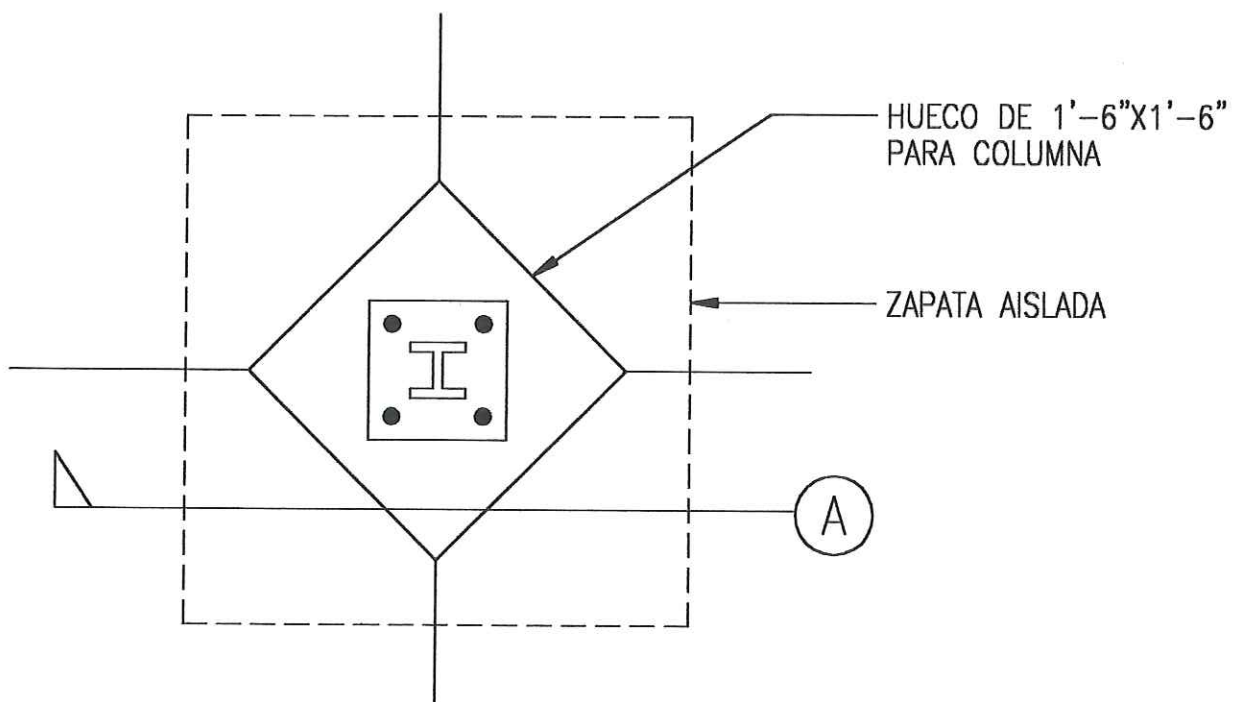
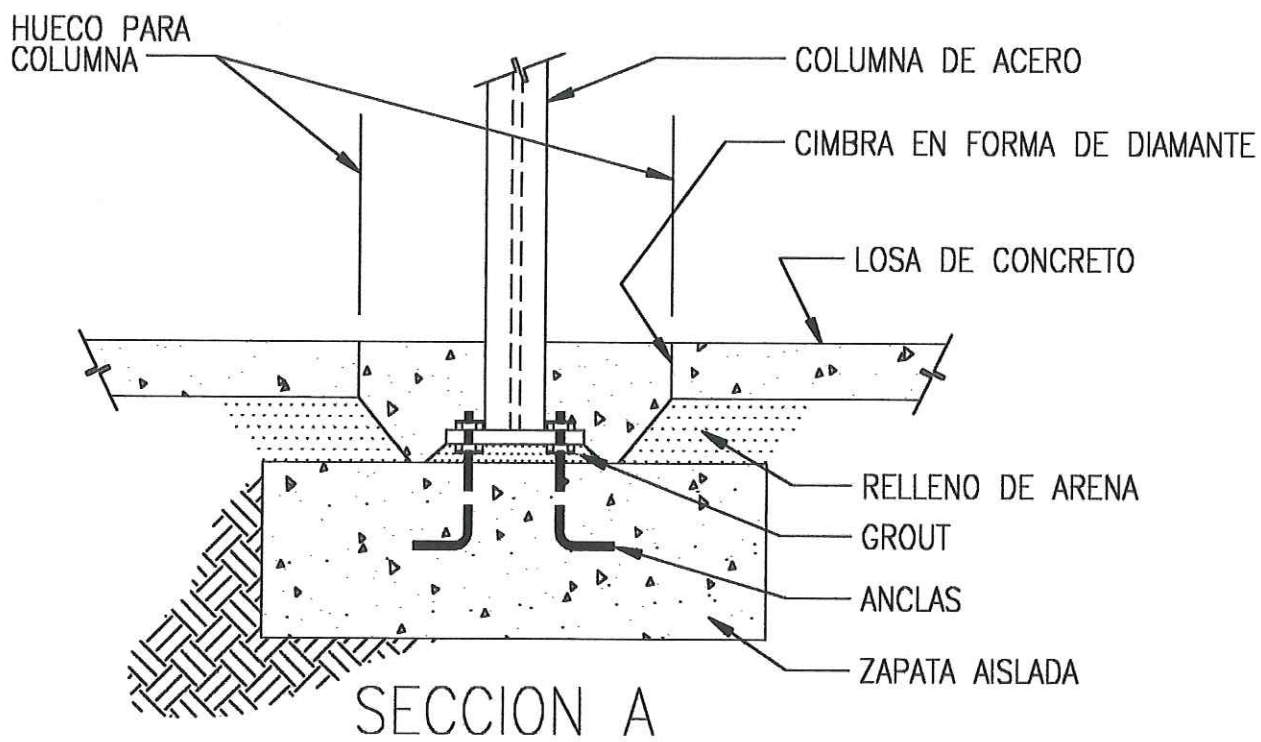


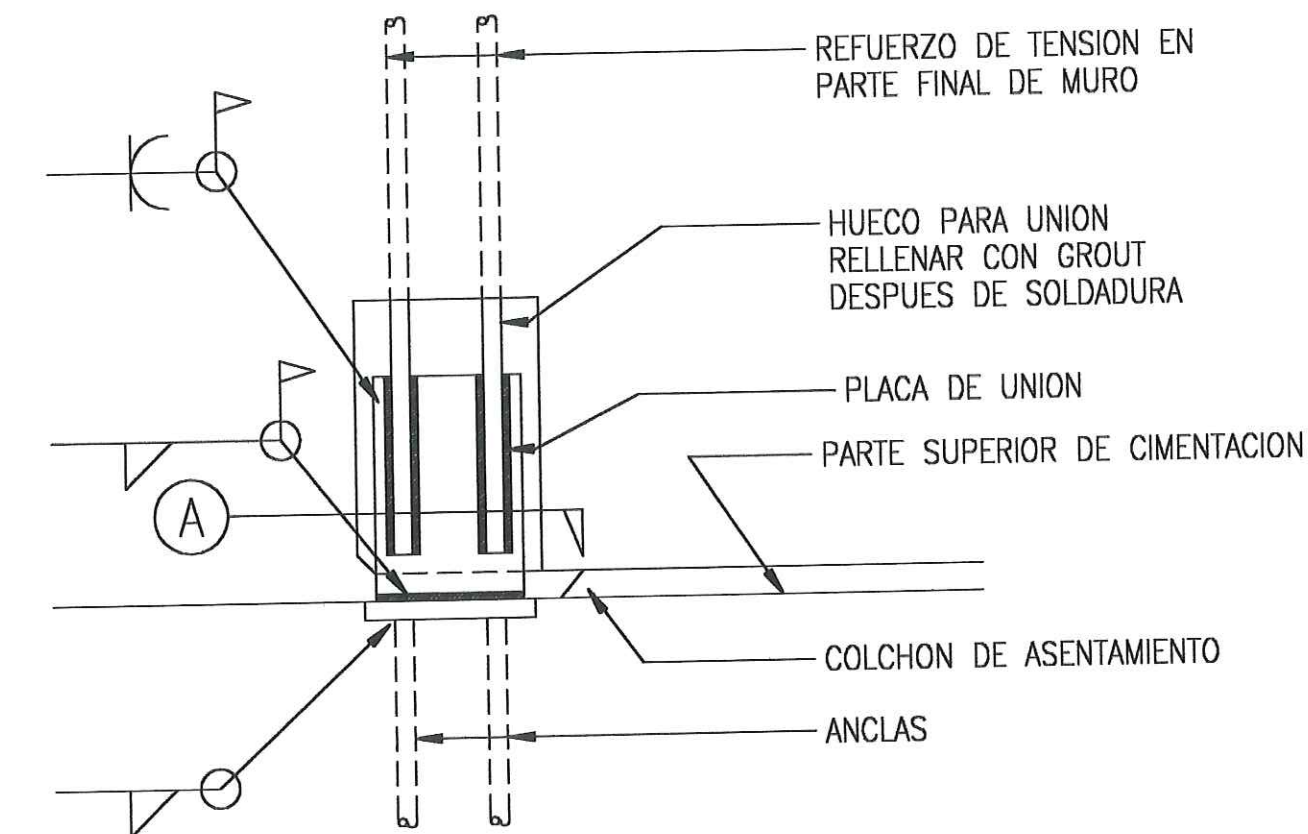




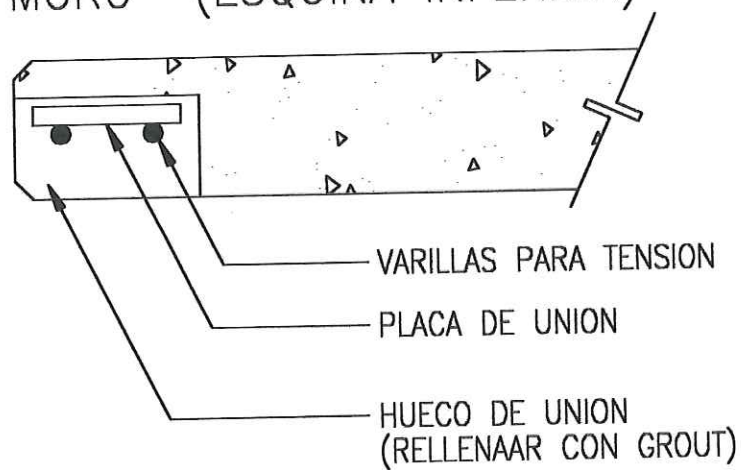




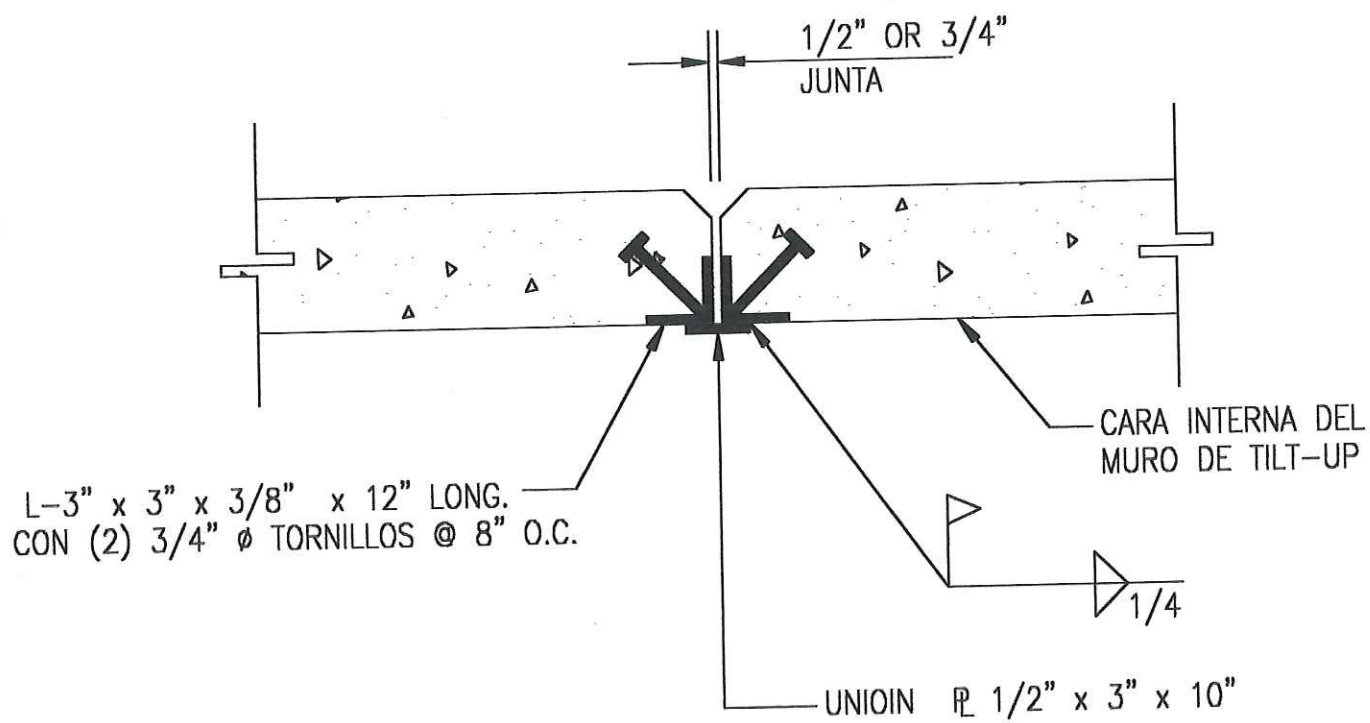


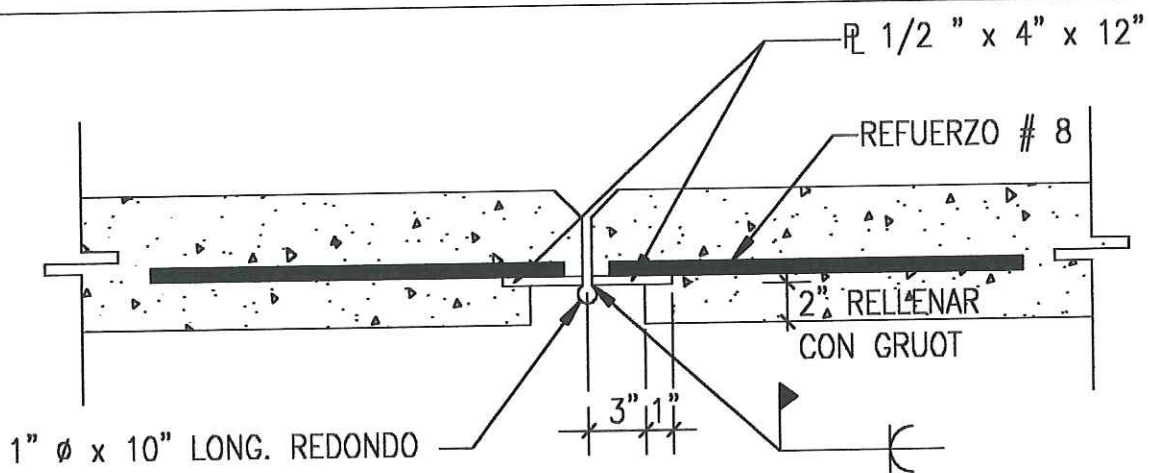


ELEVACION DE MURO (ESQUINA INFERIOR)

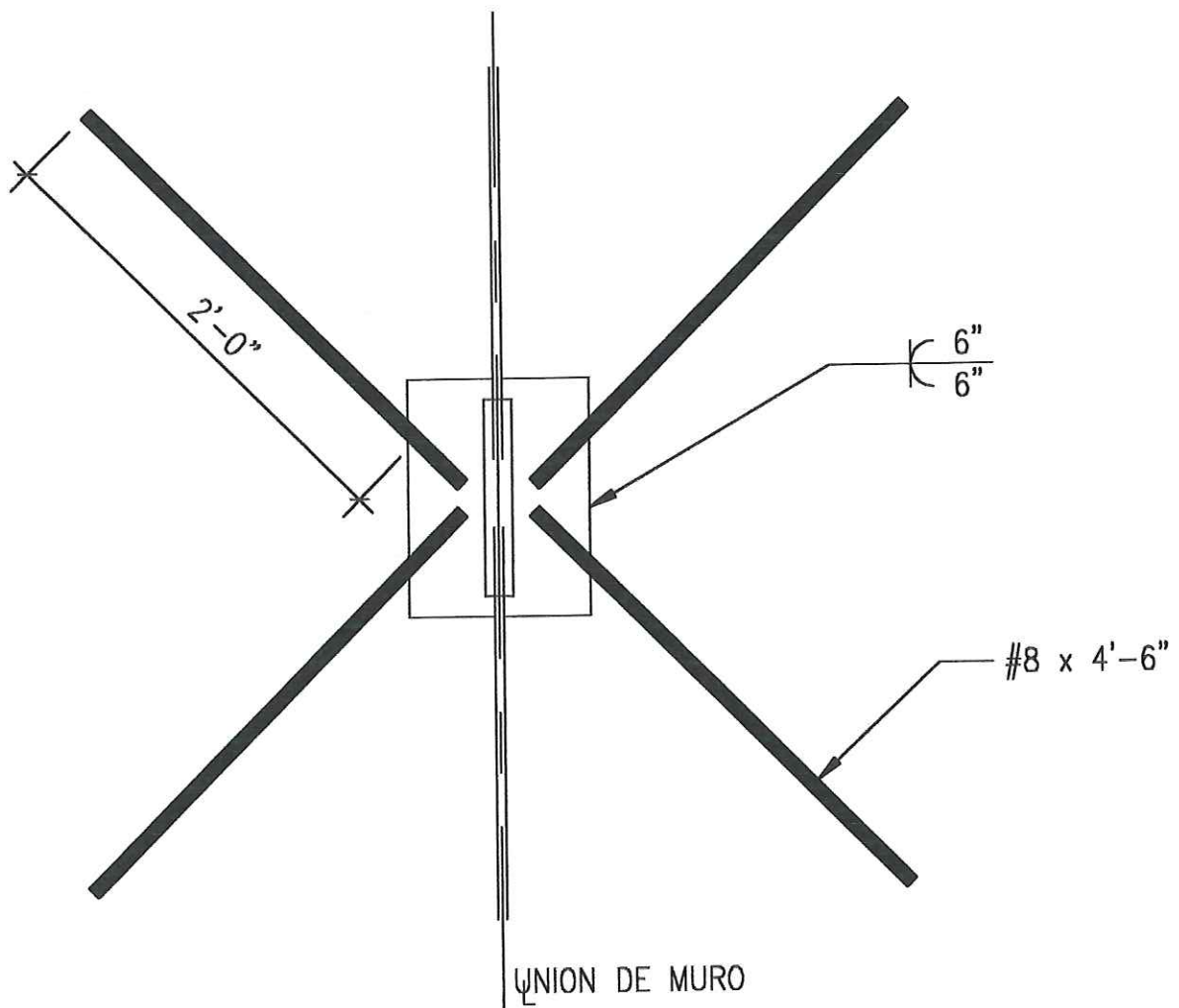


SECTION A



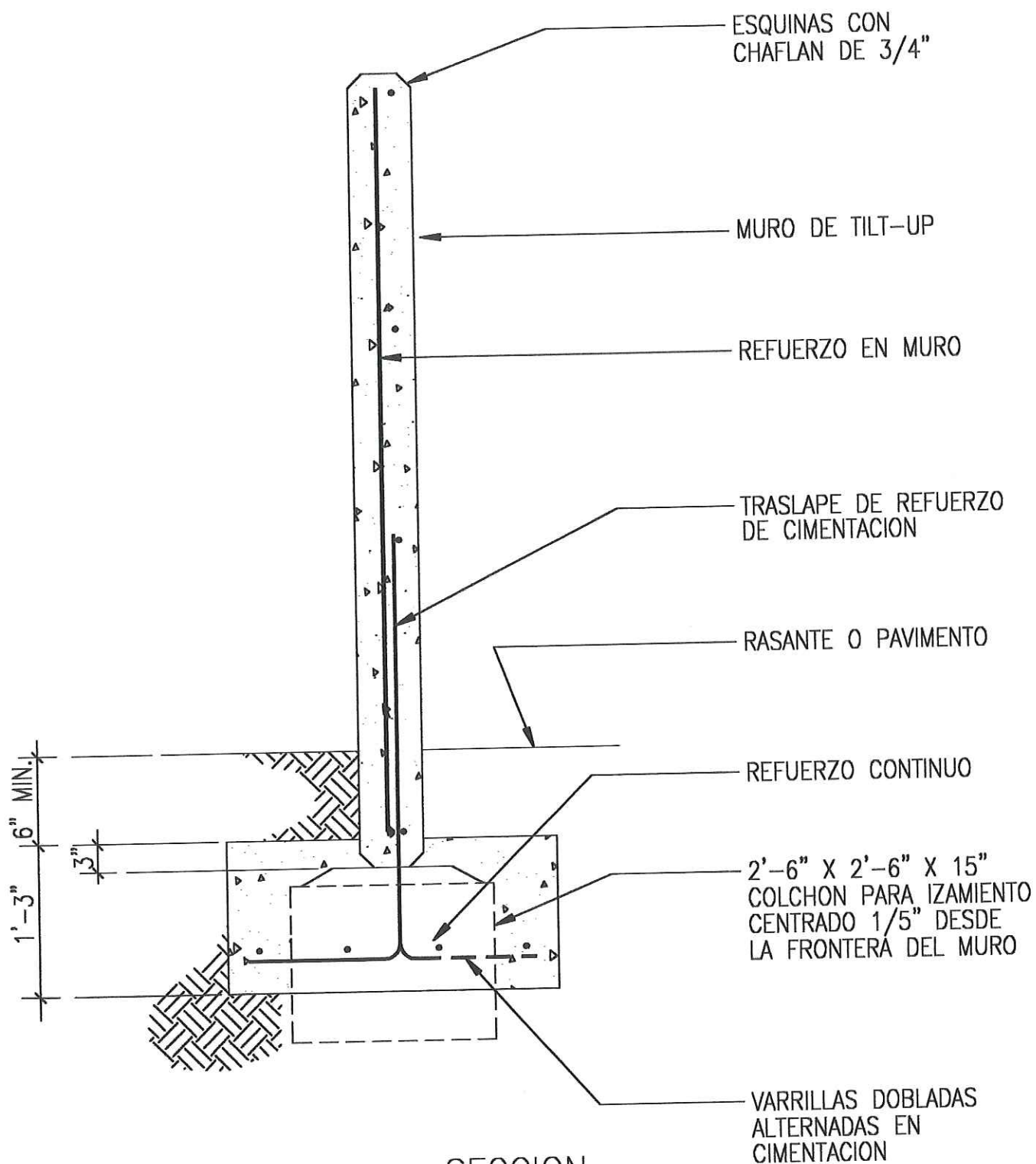


PLANTA @ UNION DE MURO



ELEVACION UNION DE MUROS

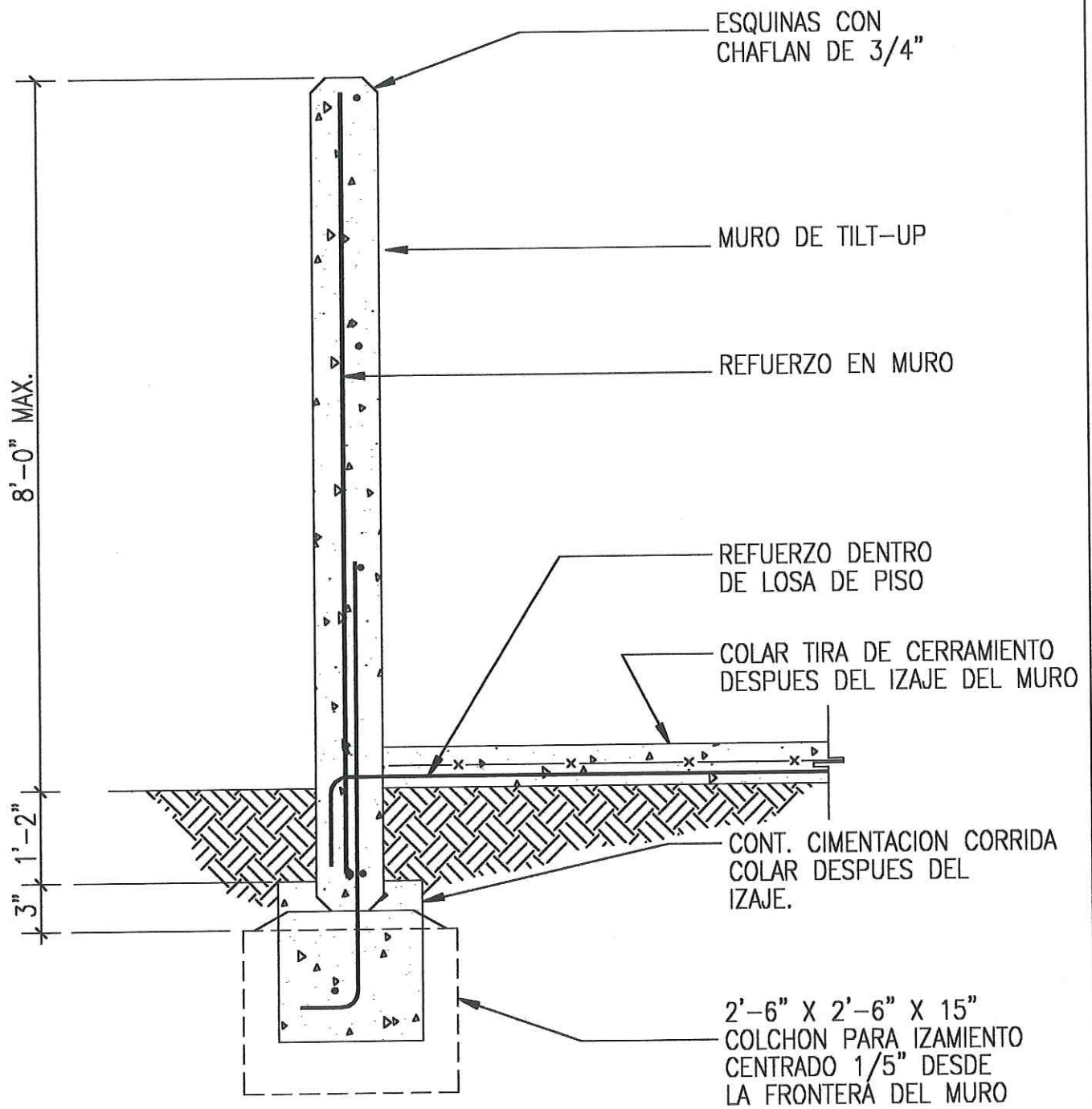
UNION DE MUROS DE CORTANTE



SECCION

MURETE LIBRE

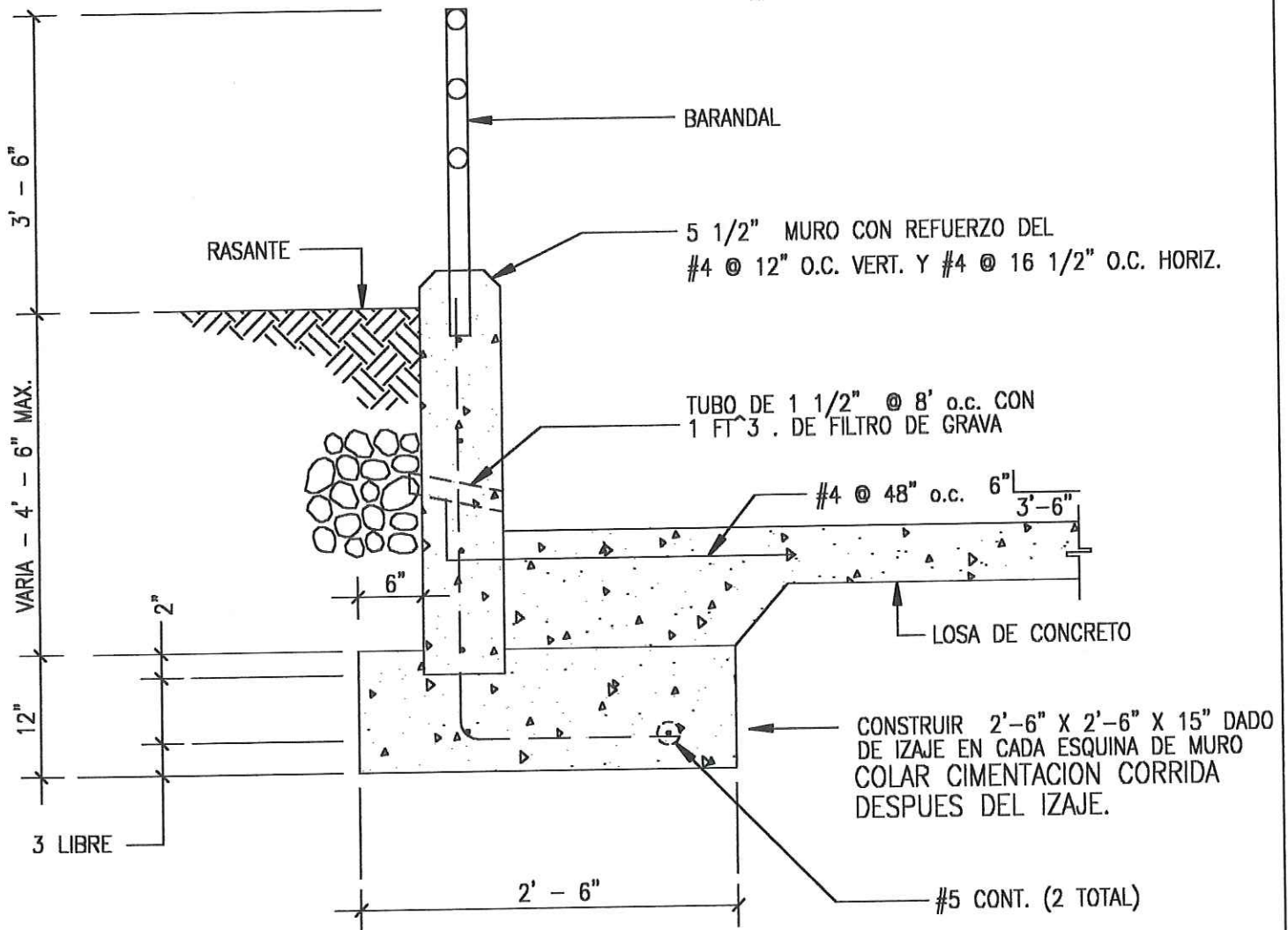
10

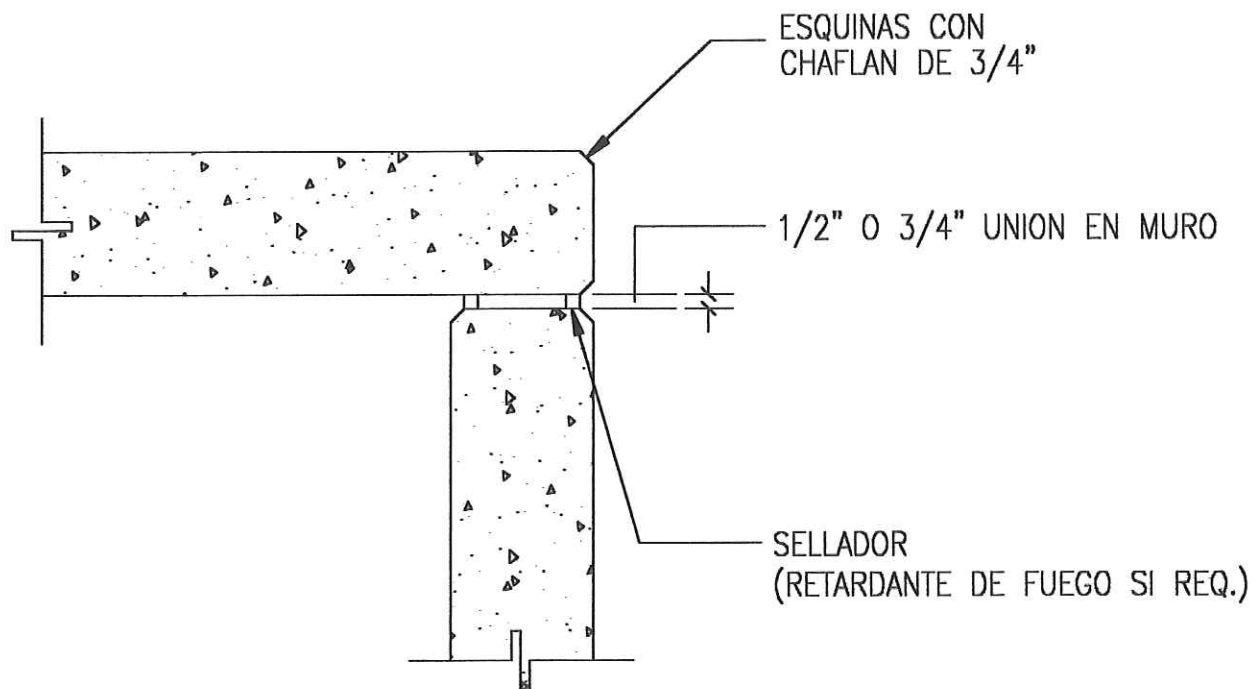


SECCION

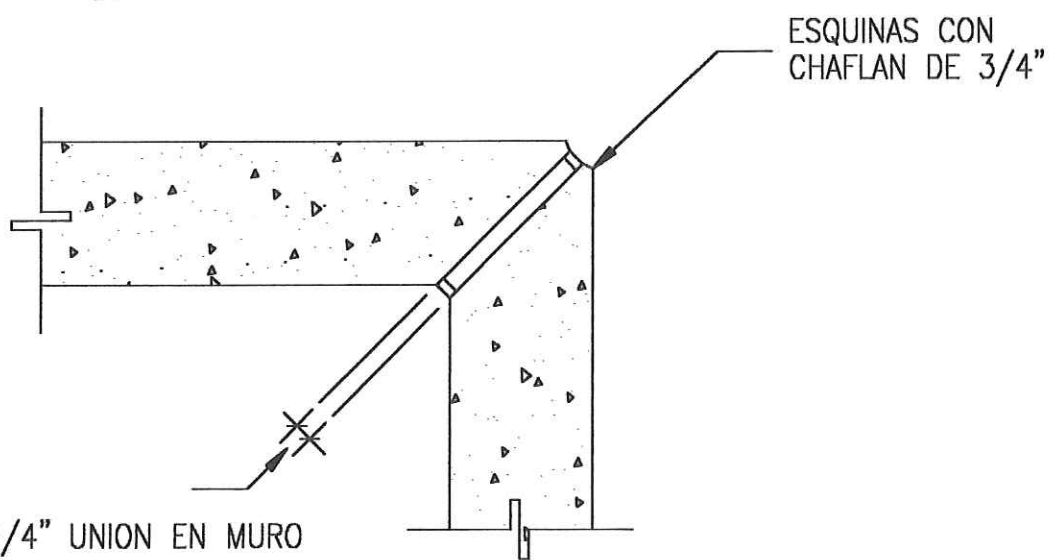
MURETE LIBRE

EL CONTRATISTA SERA RESPONSABLE
POR EL APUNTALAMIENTO DEL MURO.
DEBERA APUNTALARSE HASTA QUE
EL CONCRETO DE LA CIMENTACION RESISTA.

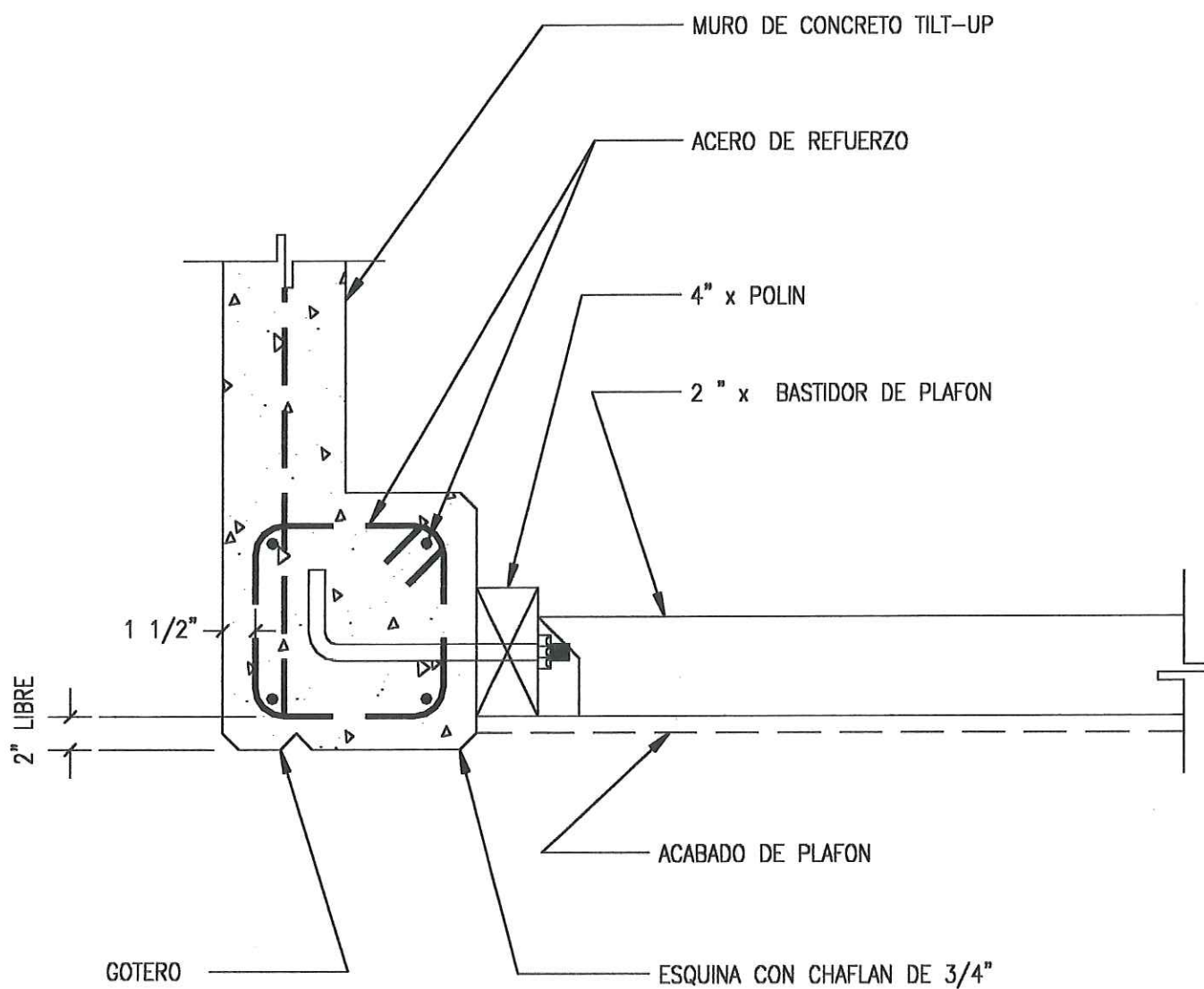




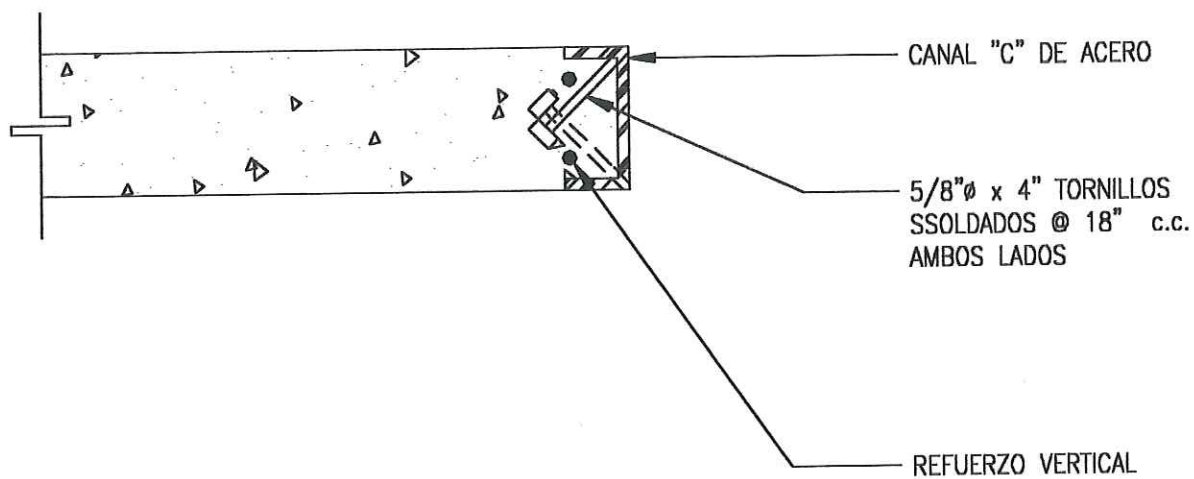
ESQUINA A TOPE



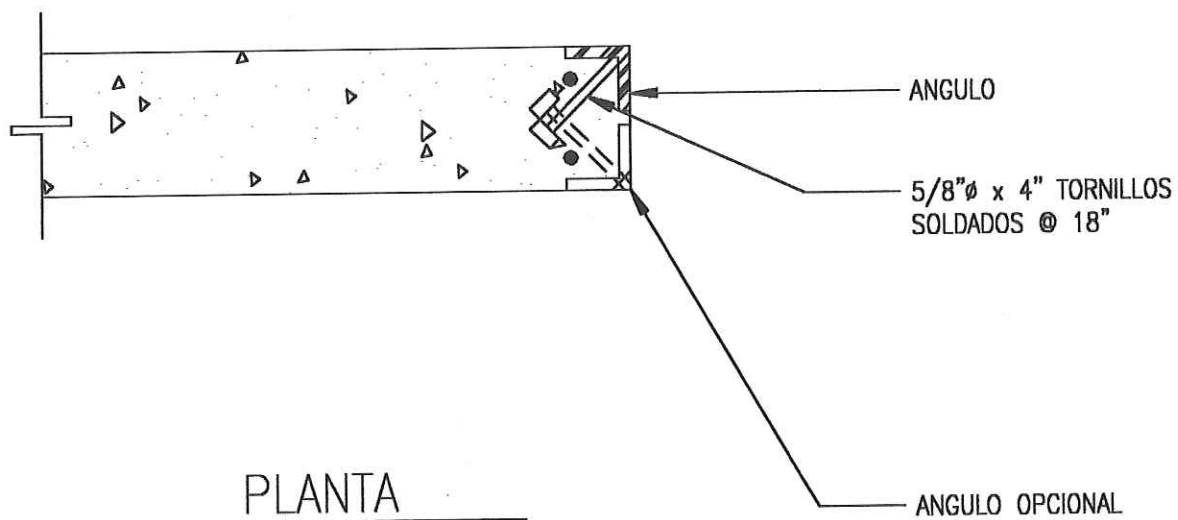
ESQUINA CORTADA



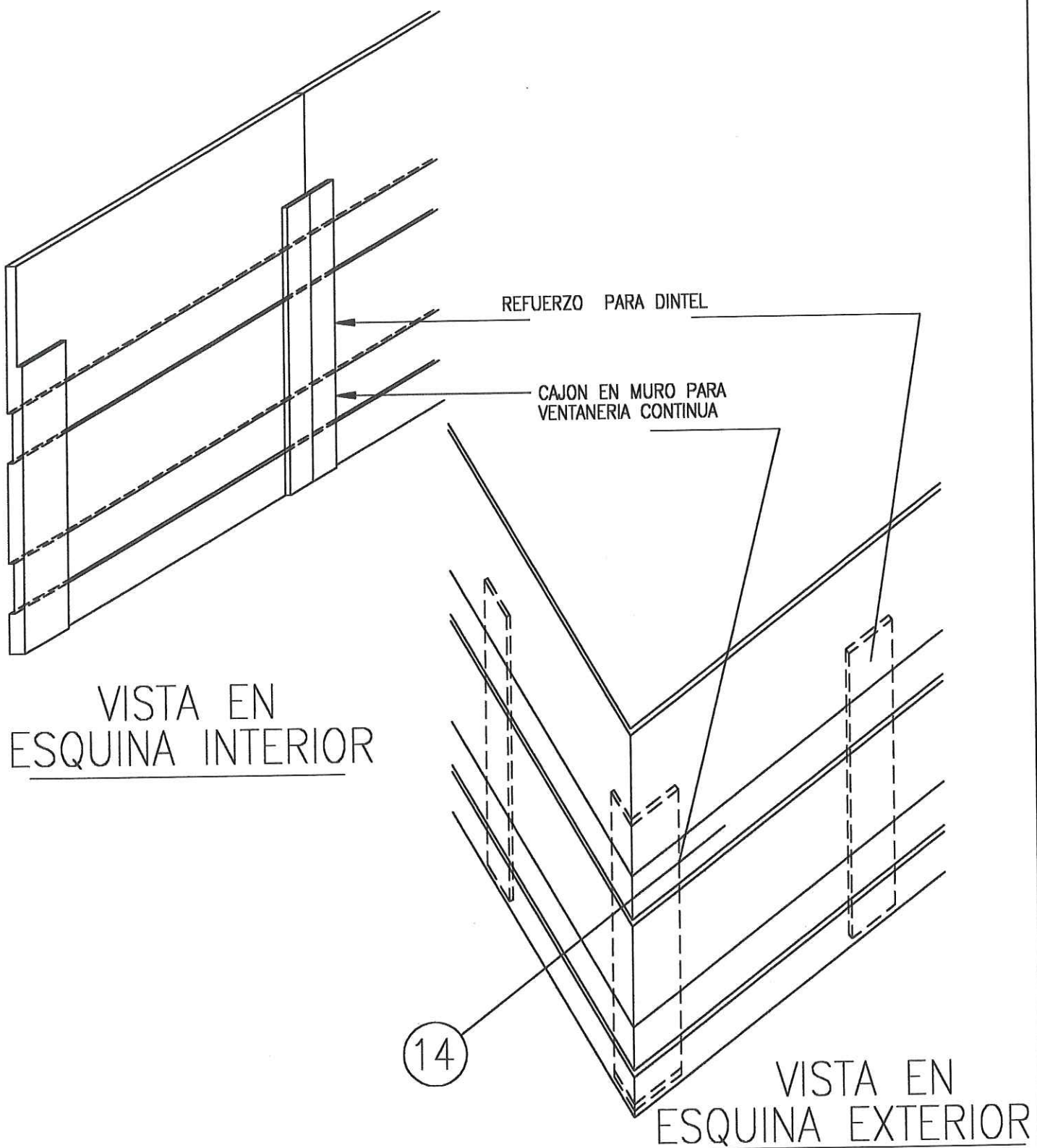
SECCION

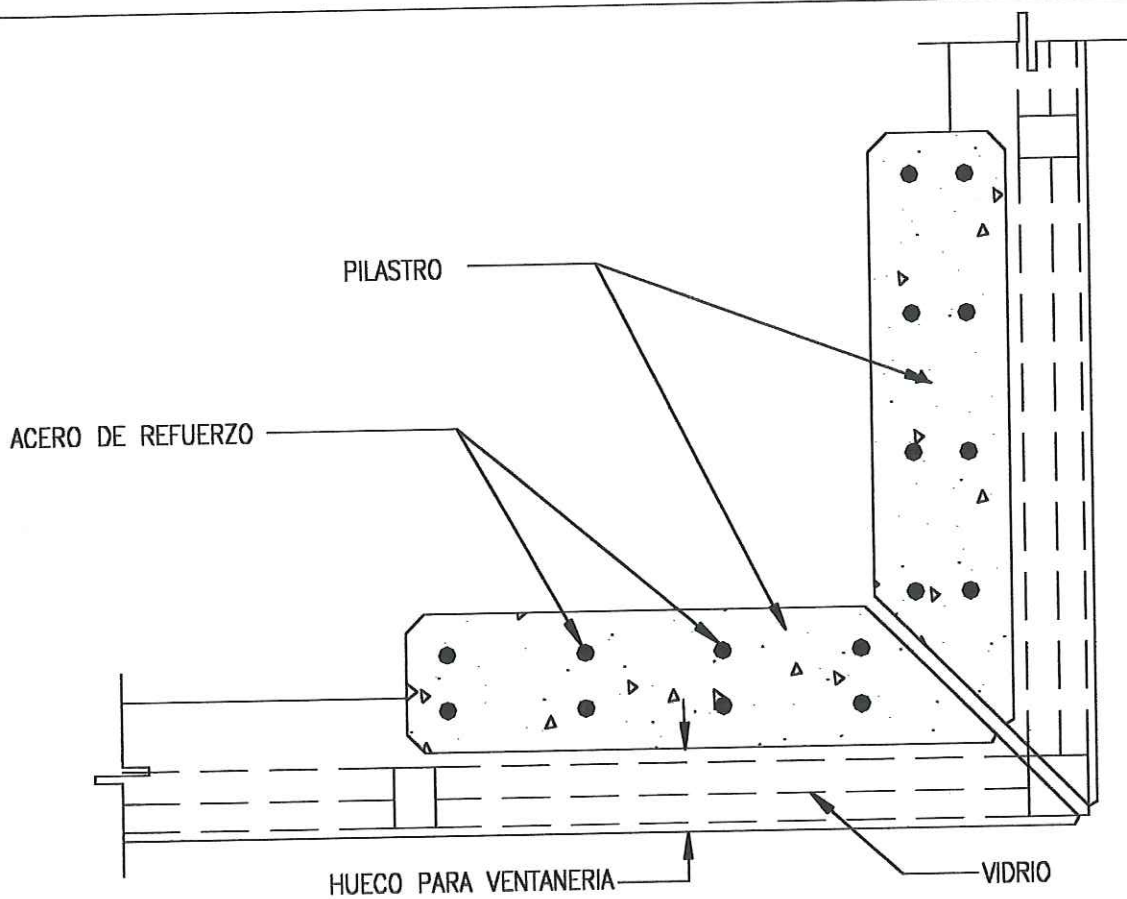


PLANTA

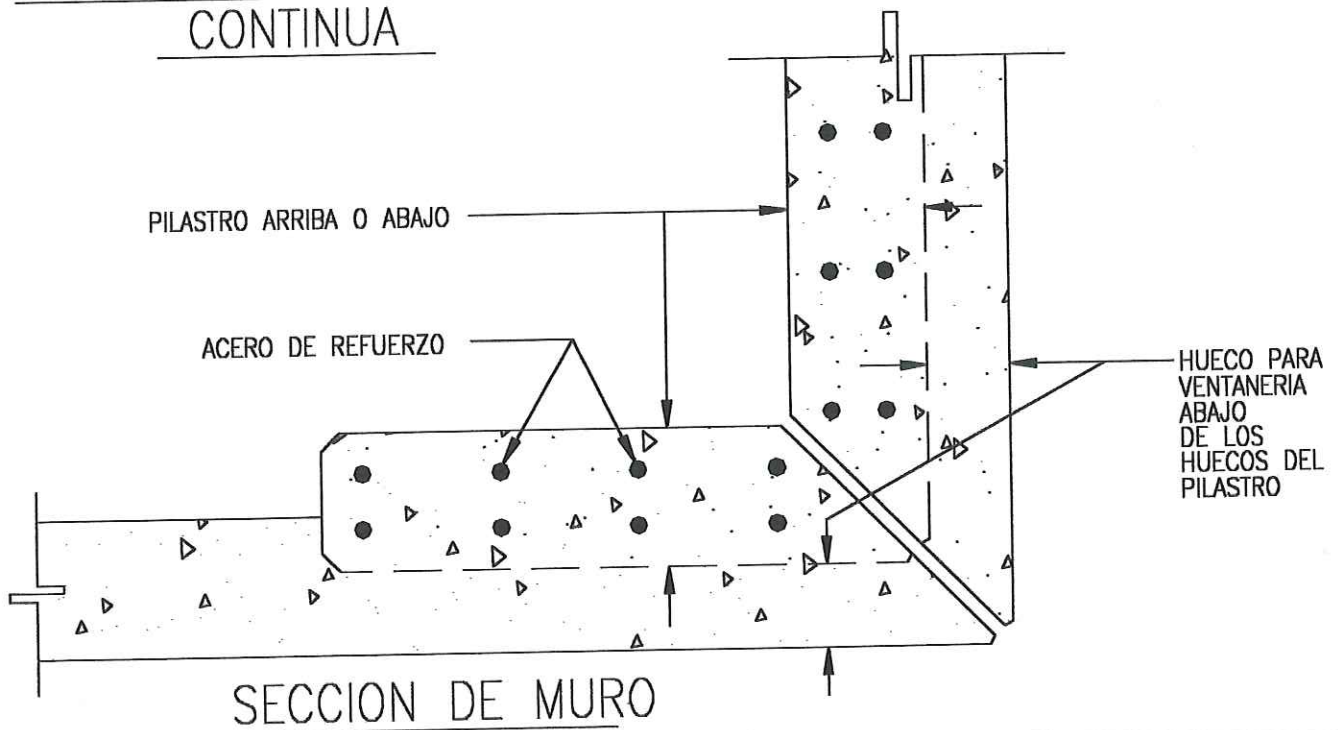


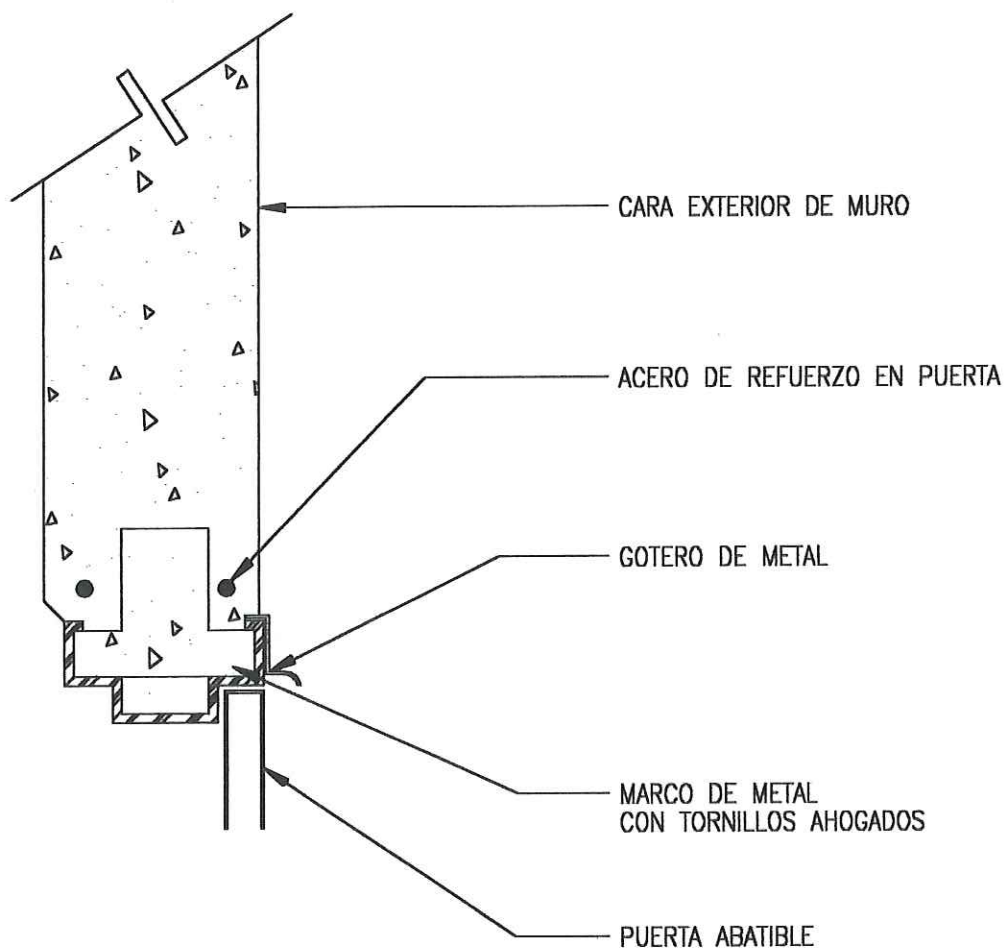
PLANTA



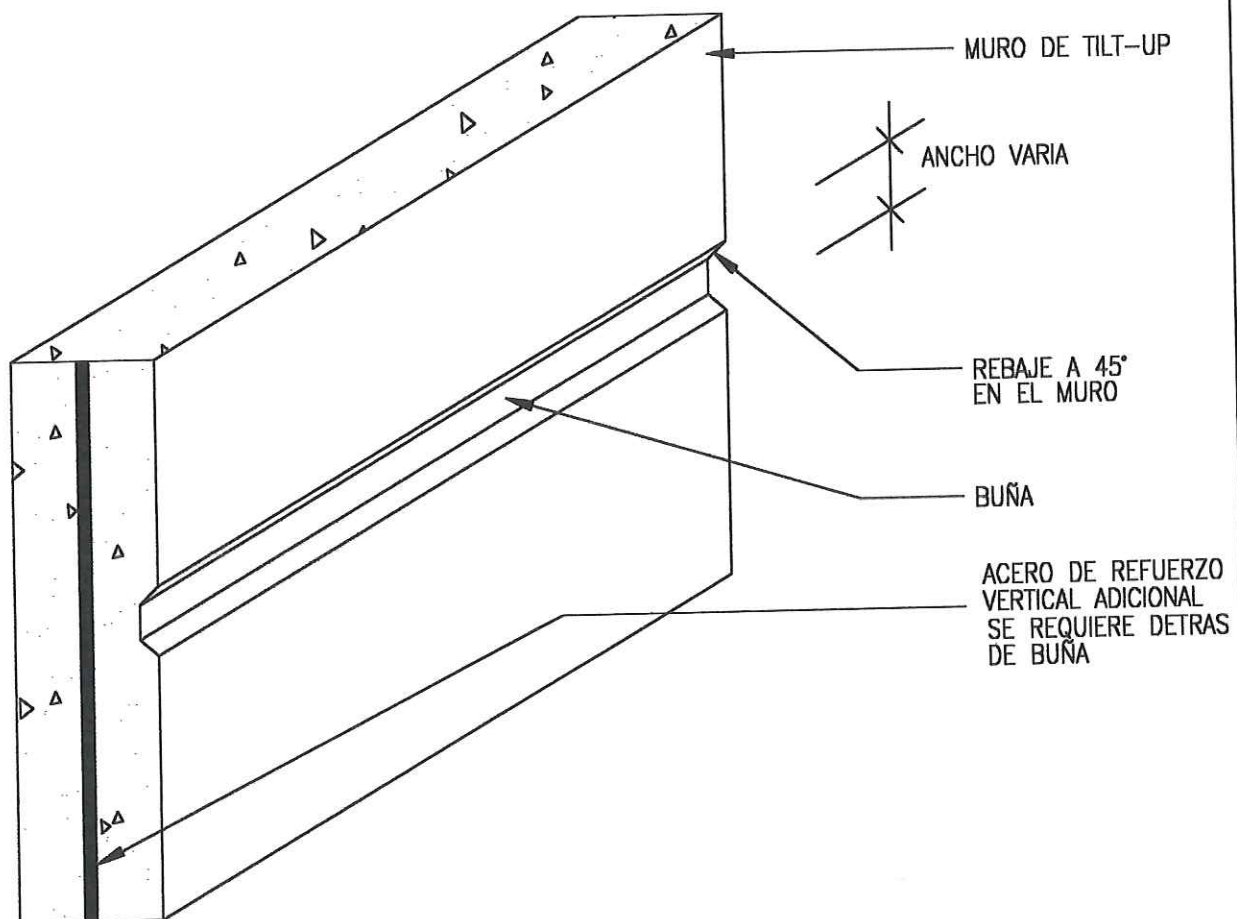


PILASTRO CON VENTANERIA CONTINUA





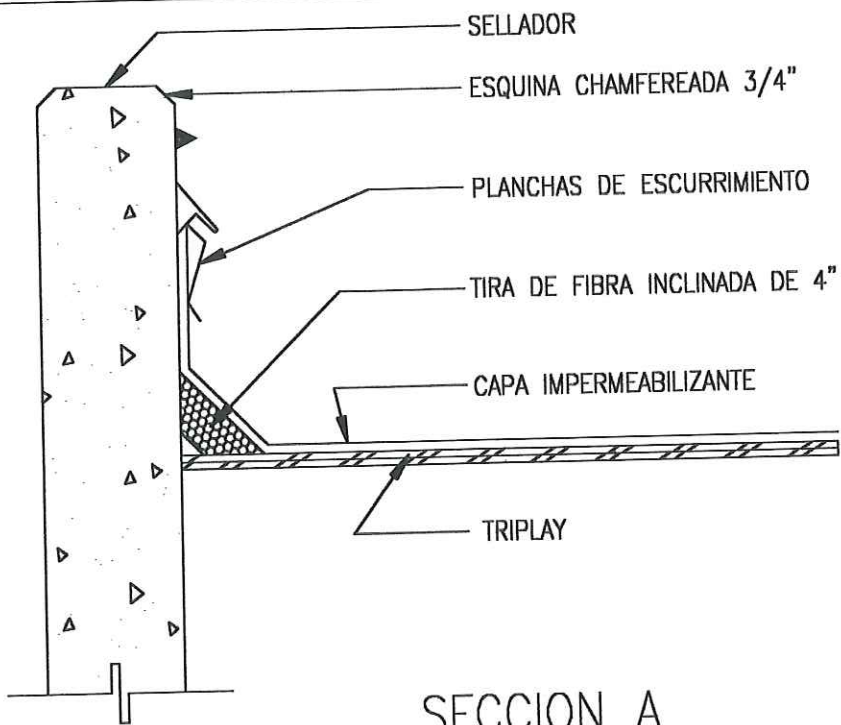
SECCION



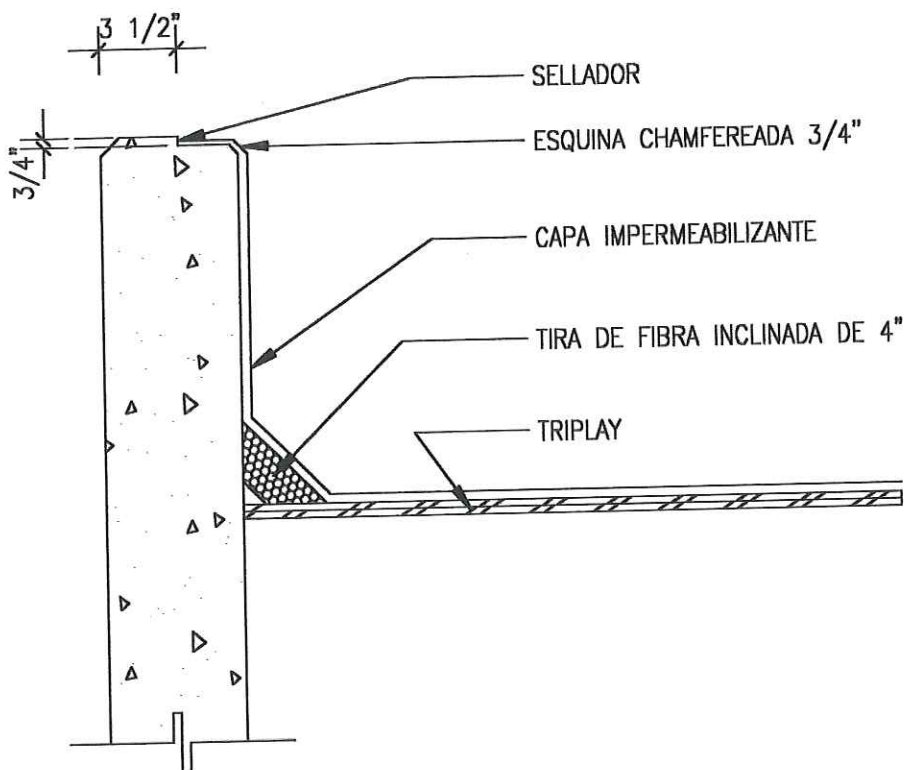
SECCION

BUÑA EN MURO

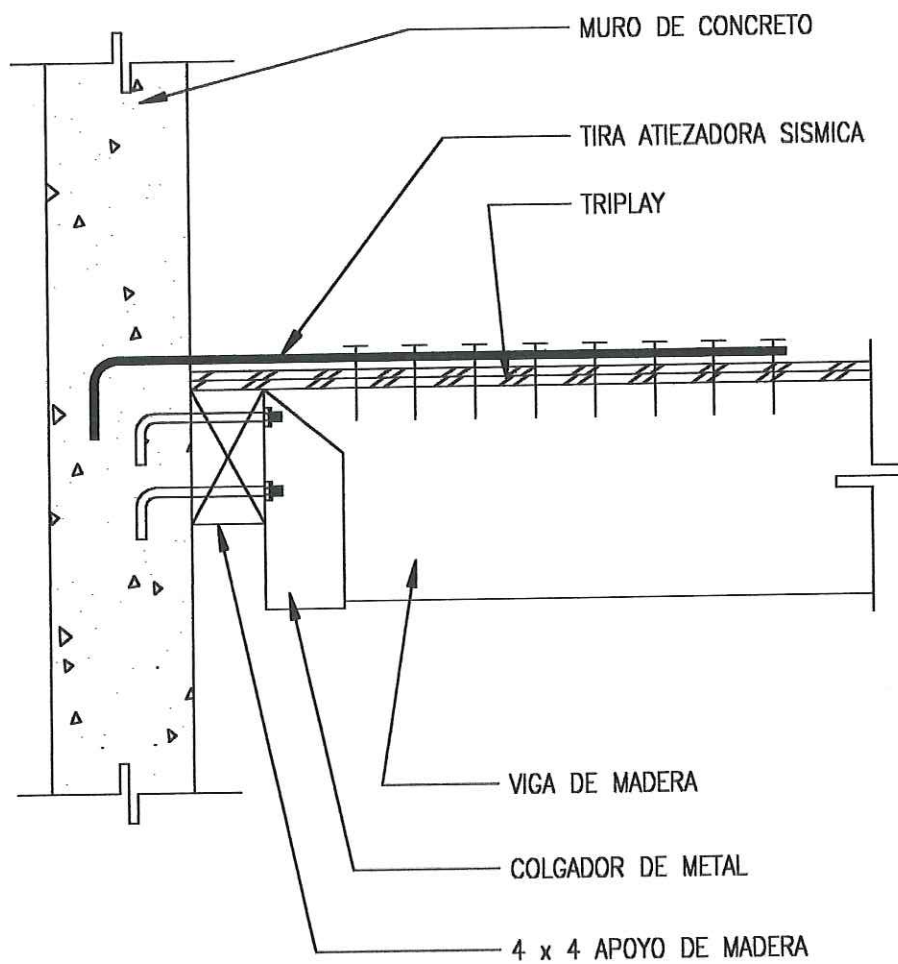
20



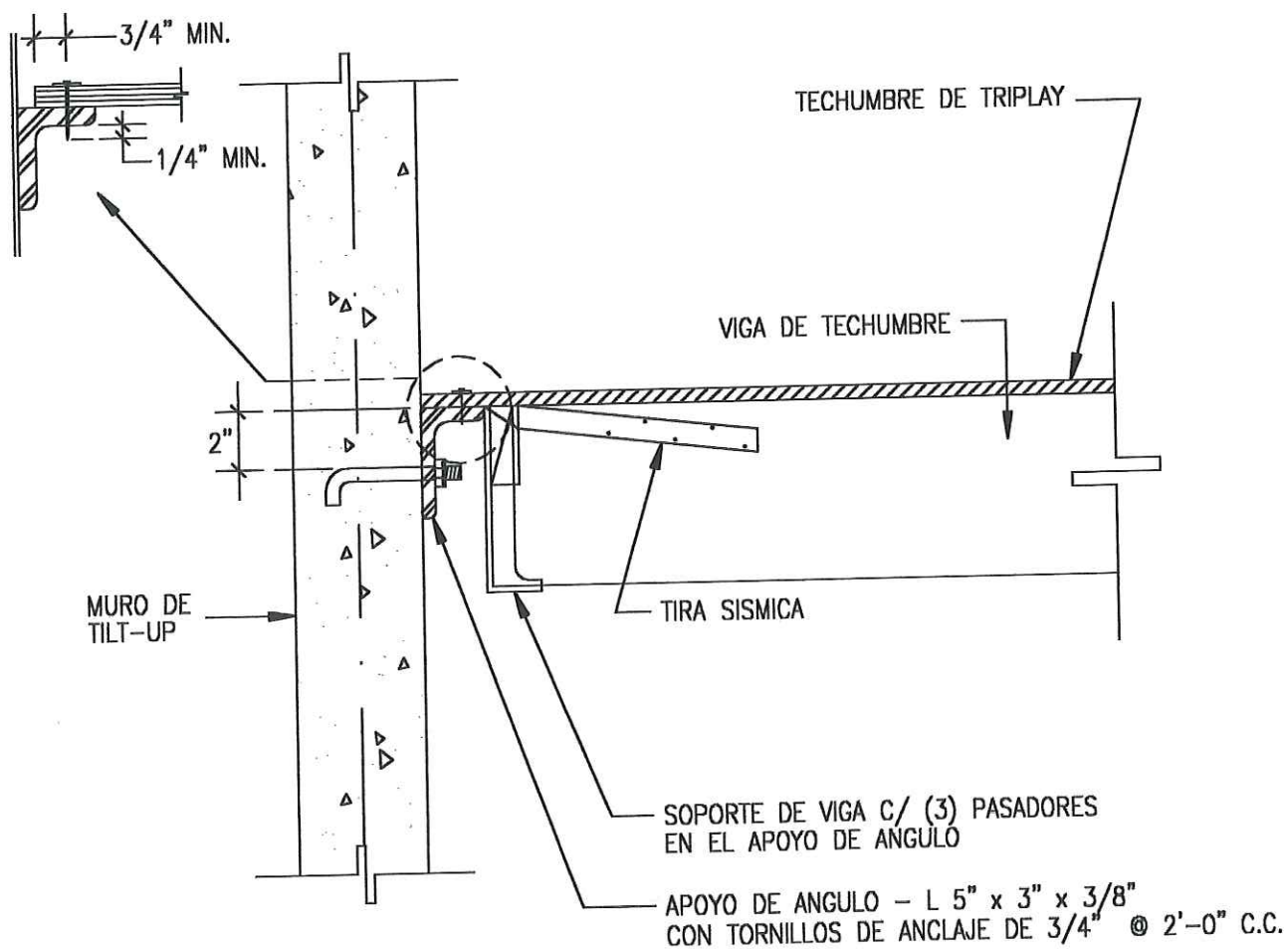
SECCION A



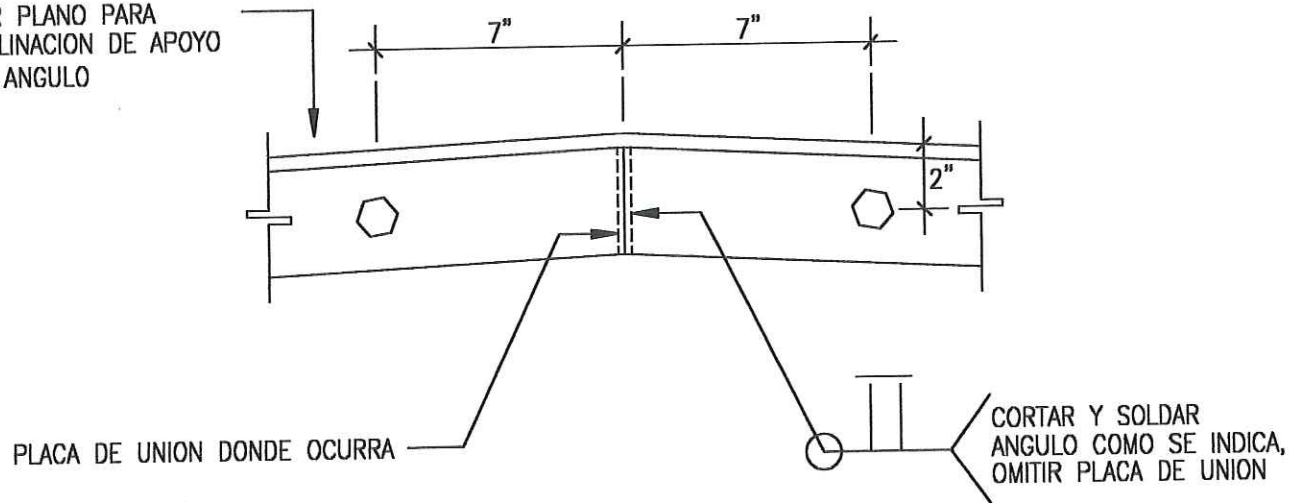
SECCION B



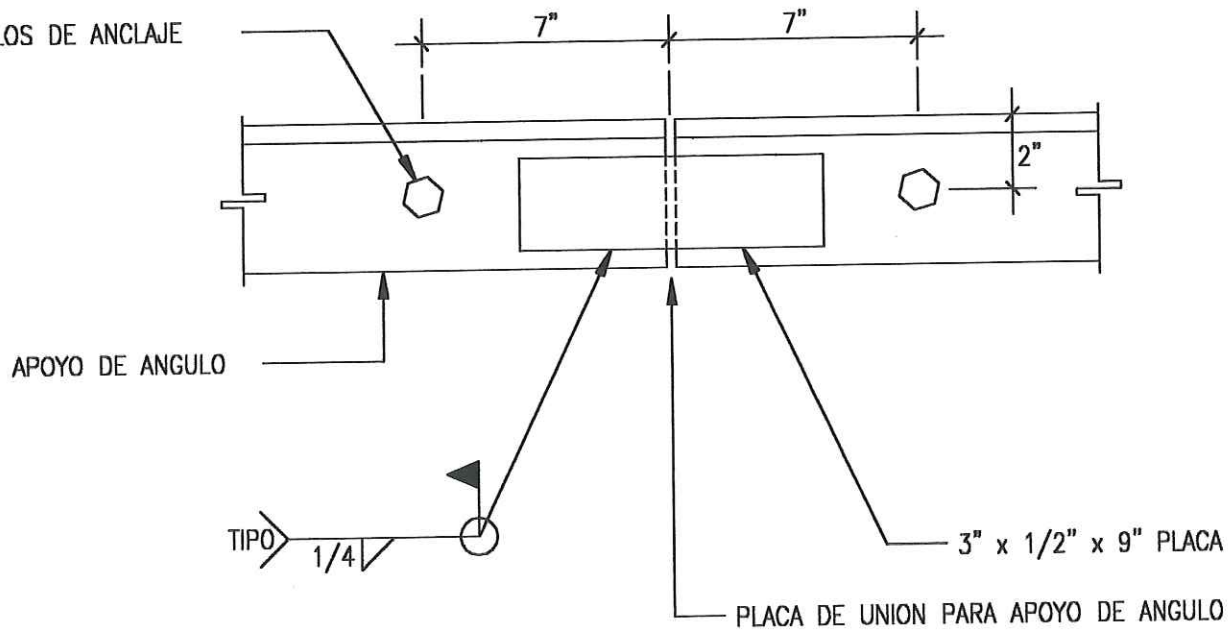
SECCION



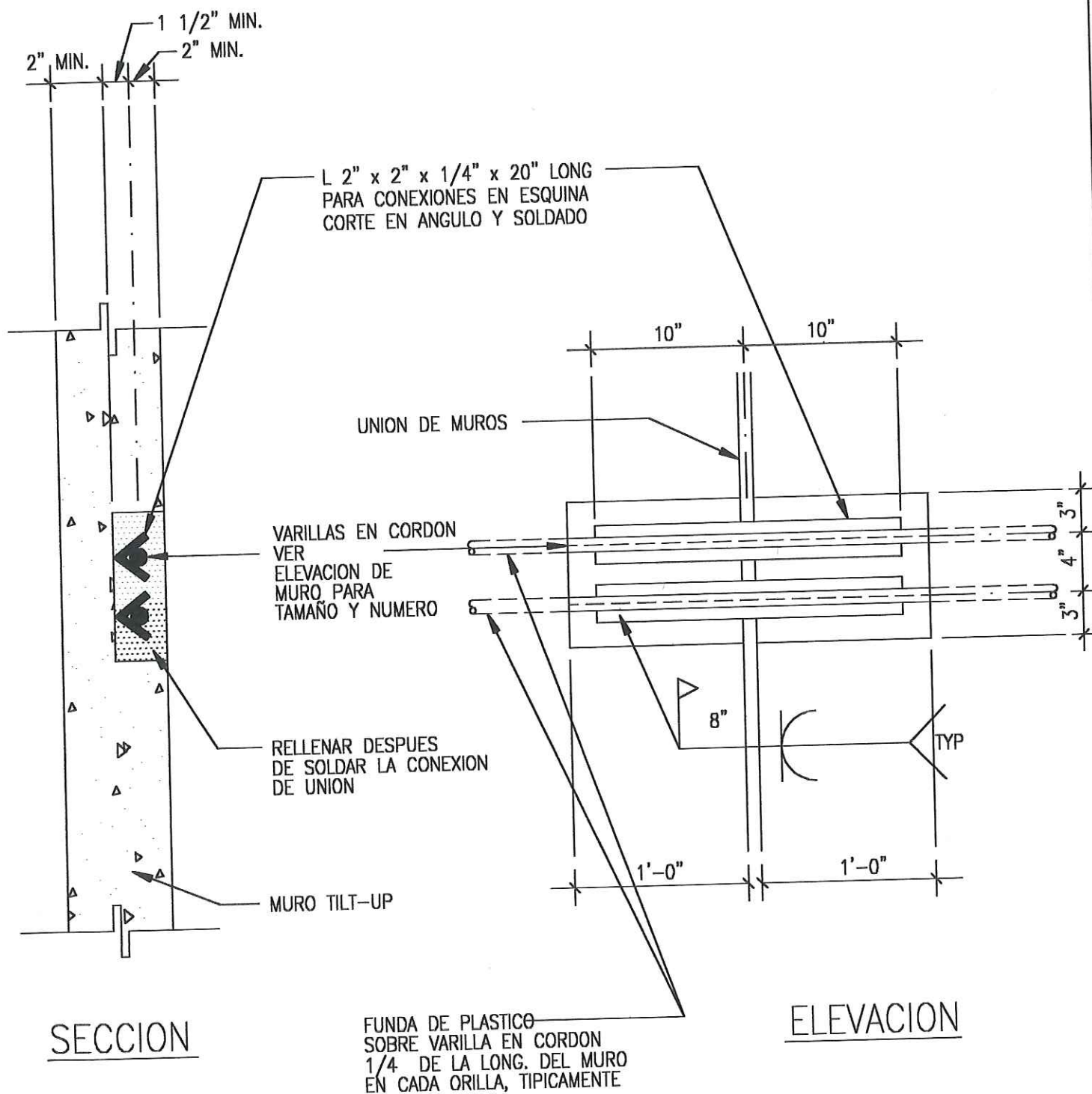
VER PLANO PARA
INCLINACION DE APOYO
DE ANGULO

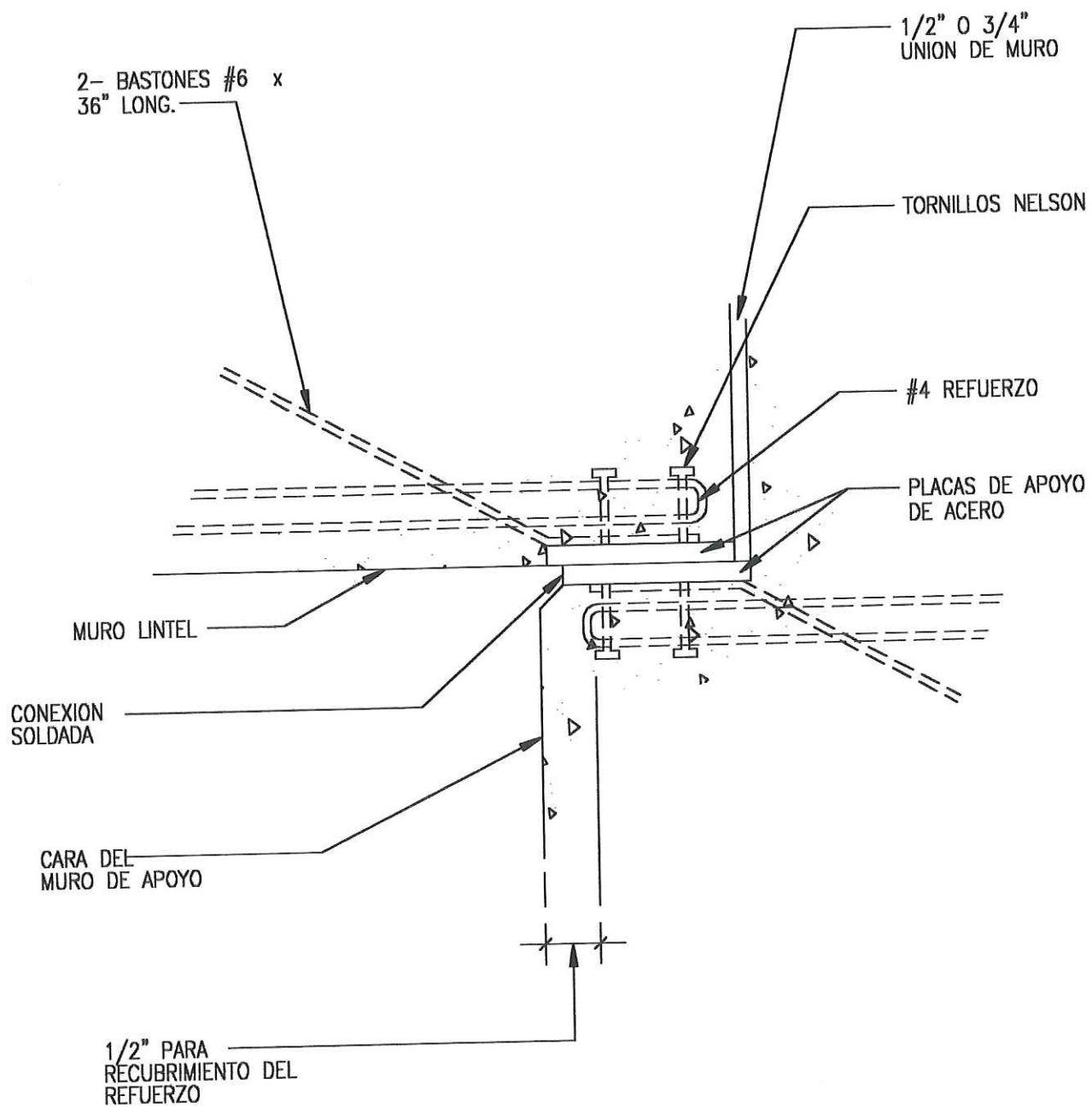


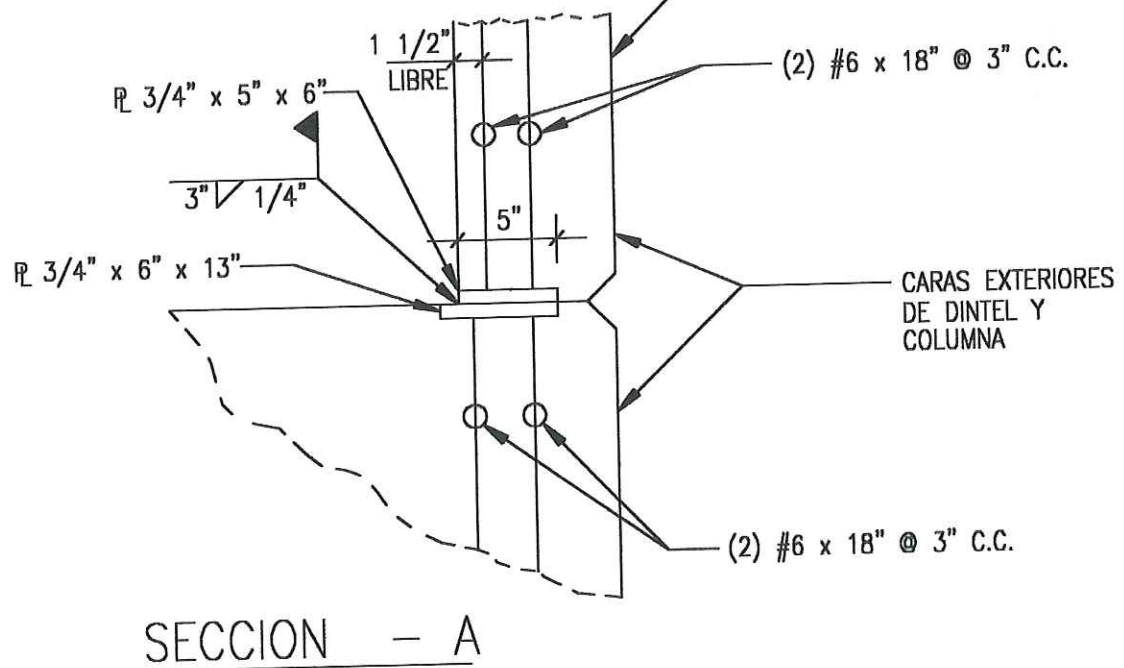
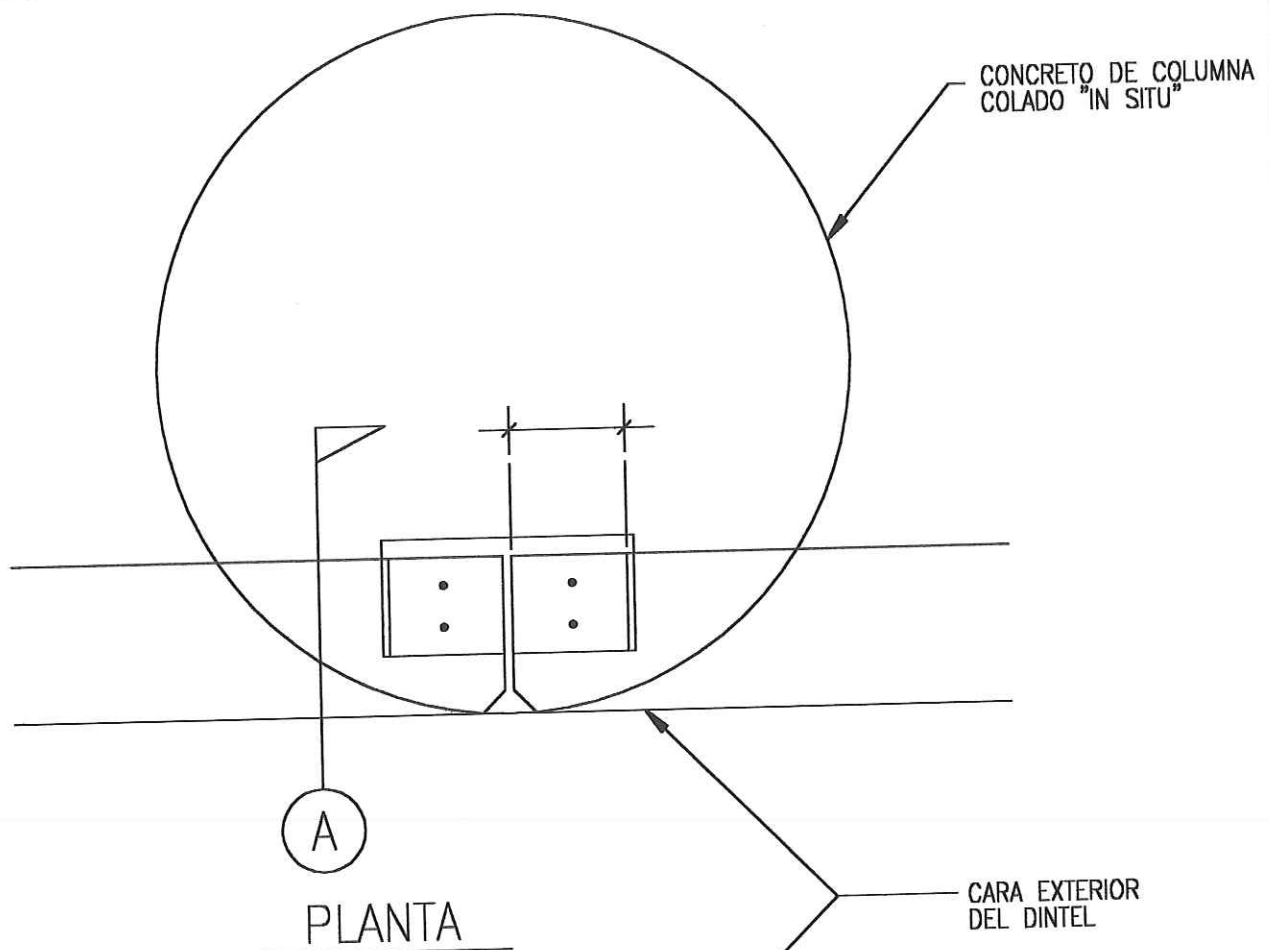
TORNILLOS DE ANCLAJE

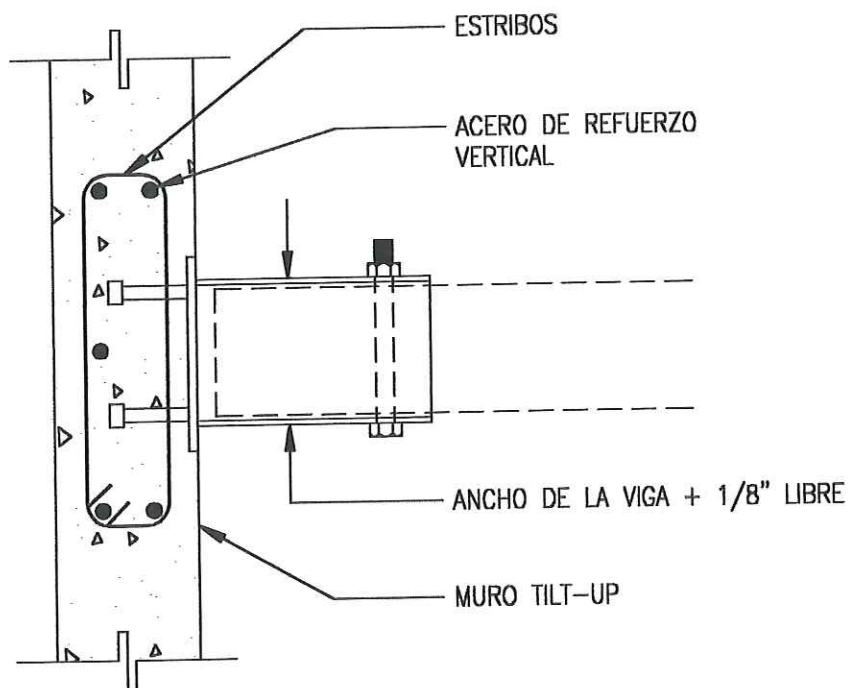


CONEXION DE PLACA EN UNION DE MURO Y PLACAS DE APOYO

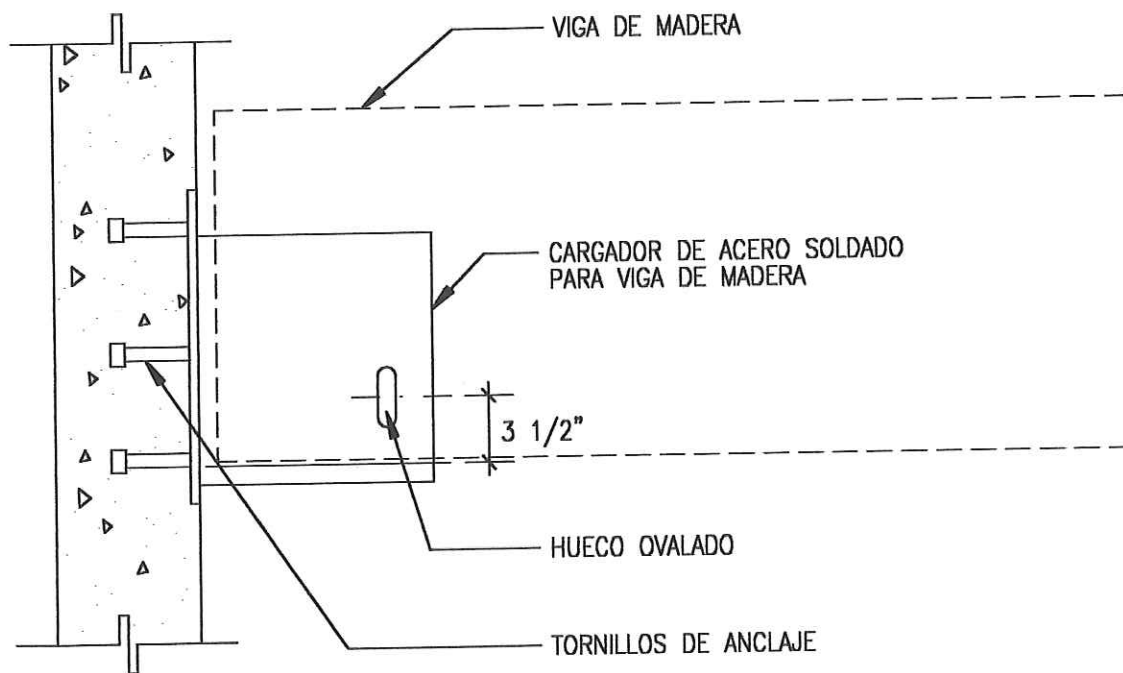




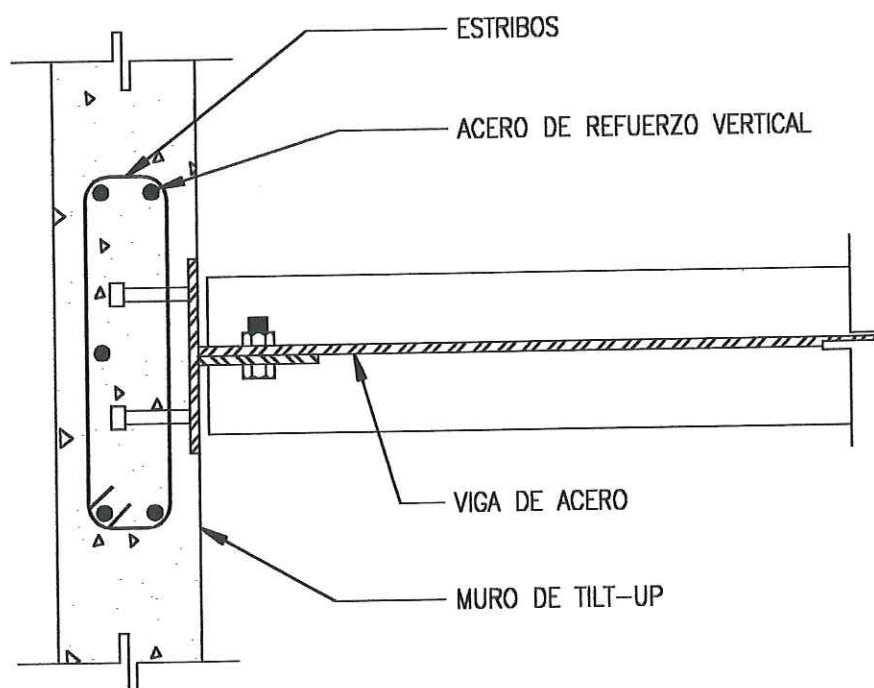




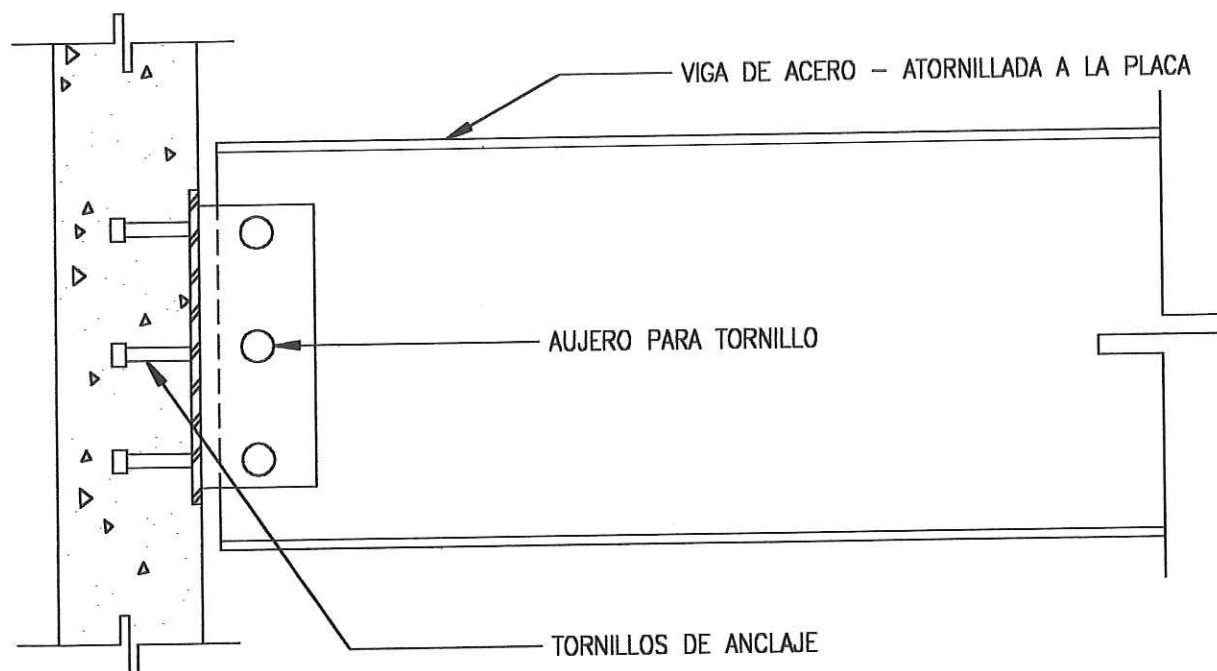
PLANTA



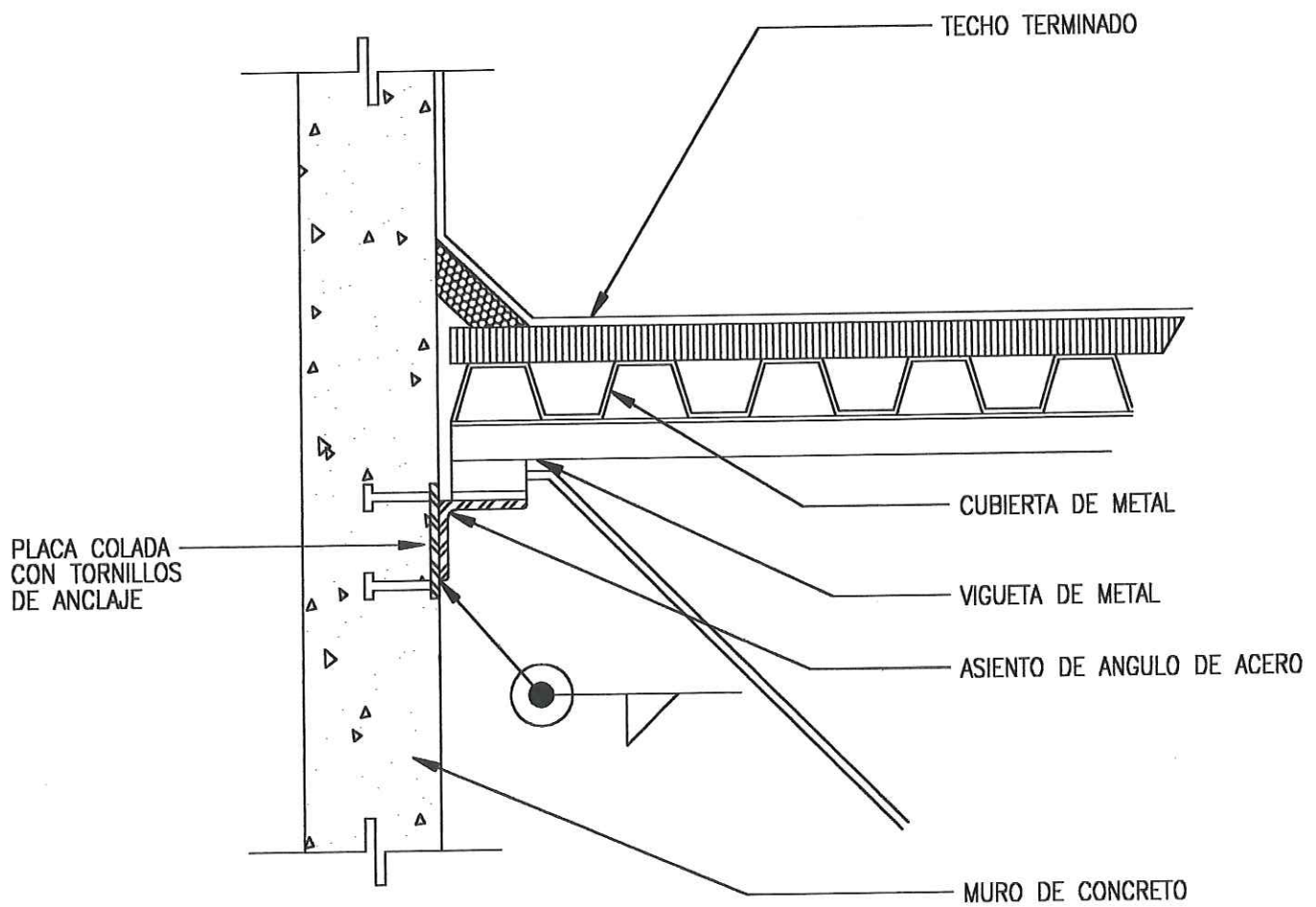
SECCION

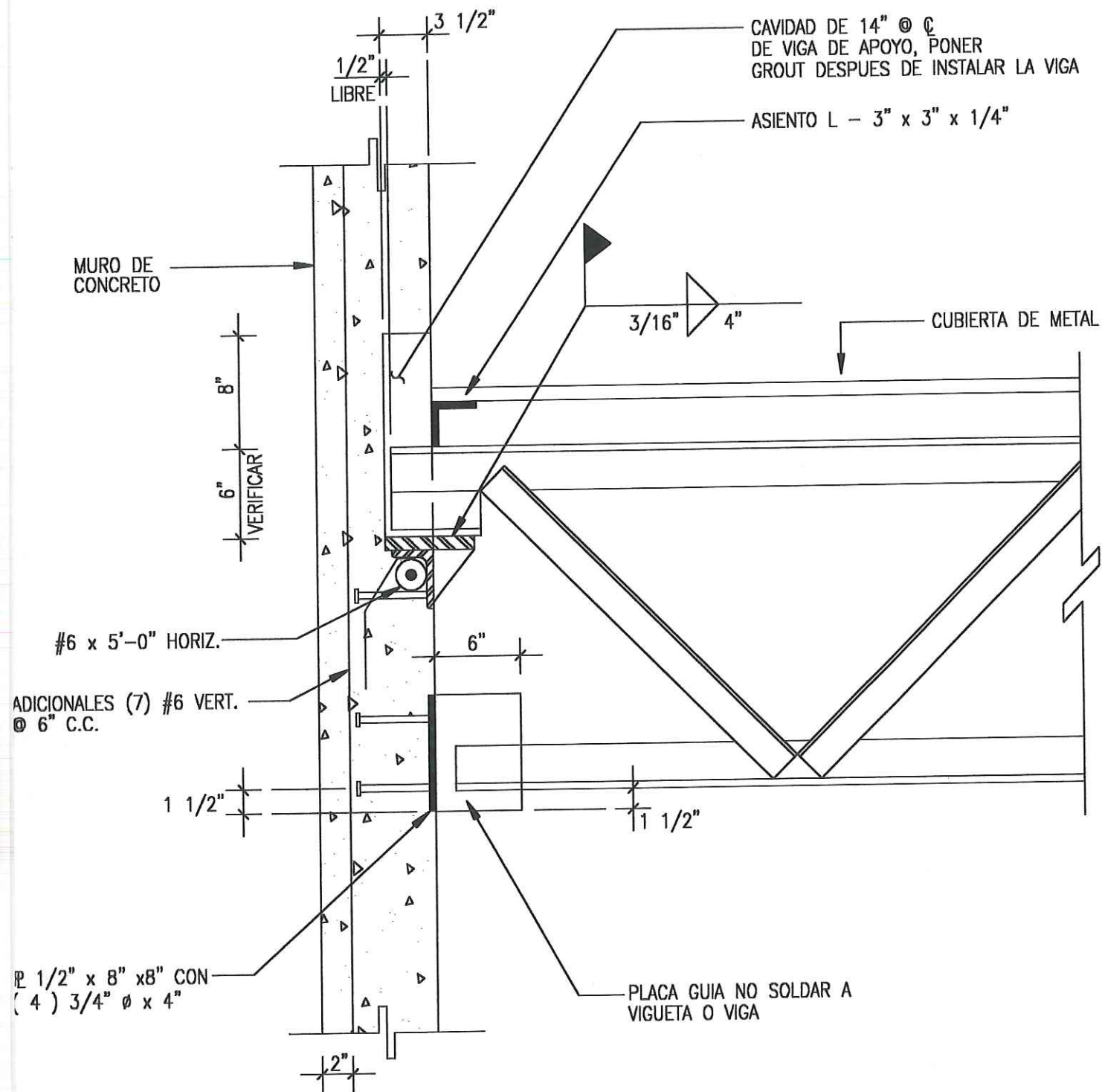


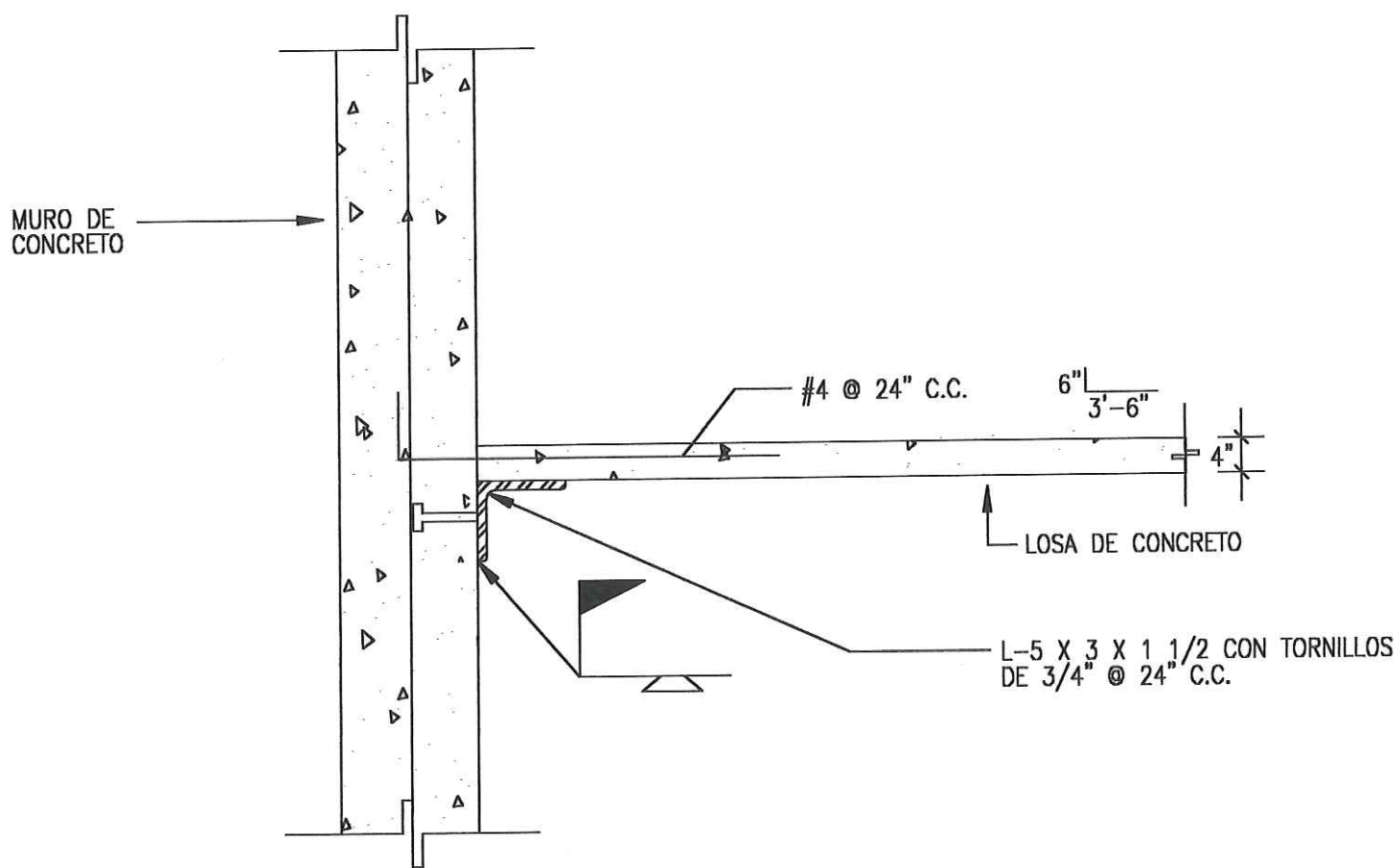
PLANTA



SECCION









SERVICIOS Y PRODUCTOS PARA TILT-UP

SERVICIOS Y PRODUCTOS PARA TILT-UP

ANCLAJES

AGREGADOS

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Conspec Marketing & Mfg. Co.Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

Moxie International, Inc.

840 N. 10th St., Ste. G
Sacramento, CA 95814
(800) 356-6943 (Tech)
(916) 448-3476
Fax: (916) 448-0863
Website: www.moxie-intl.com

Nox-Crete Products Group

1444 South 20th Street
Omaha, NE 68108
(800) 669-2738
(402) 341-1976
Fax: (800) 329-6733
(402) 341-9752

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922
West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co.Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Burns Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

DESENCOFRANTES

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co. Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, IL 60121
(800) 342-5976

(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Nox-Crete Products Group

1444 South 20th Street
Omaha, NE 68108
(800) 669-2738
(402) 341-1976
Fax: (800) 329-6733
(402) 341-9752

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922
West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

PUNTALES

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Burns Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

SERVICIOS DE CONSULTORIA

Con/Steel Tilt-Up Systems

Post Office Box 20247
Dayton, OH 45420
(513) 256-9996
Fax: (513) 259-5100

Construction Technology

Laboratories, Inc.
5420 Old Orchard Rd.
Slovakie, IL 60077
(800) 522-2285
Fax: (847) 965-6541

The Face Companies

Post Office Box 6300
Norfolk, VA 23508
(800) 368-6237
Fax: (804) 624-2128

Moxie International, Inc.

840 N. 10th St., Ste. G
Sacramento, CA 95814
(800) 356-6943 (rech)
(916) 448-3476
Fax: (916) 448-0863
Website: www.moxie-intl.com

Wiss Janney Elstner Associates, Inc.

330 Pfingsten Rd.
Northbrook, IL 60062
(847) 272-7400
Fax: (847) 291-9599

REPARADORES DE FISURAS

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co. Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

E-Poxy Industries, Inc.

14 W. Shore Street
Ravena, NY 12143
(800) 833-3400
Fax: (518) 756-3003

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, IL 60121
(800) 342-5976
(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Moxie International, Inc.

840 N. 10th St., Ste. G
Sacramento, CA 95814
(800) 356-6943 (Tech)
(916) 448-3476
Fax: (916) 448-0863
Website: www.moxie-ind.com

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Burns Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Sonn born Div. Chemrex, Inc.

889 Valley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517
Fax: (612) 496-6058

Tamms Industries Co.

7405 Production Dr.
Mentor, OH 44060
(800) 218-2667
Fax: (216) 974-2388
E-Mail: sscarp@earthlink.net
Website: www.tamms.com

MATERIALES PARA CURADO**The Burke Group**

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co. Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

The Euclid Chemical Co.

19218 Redwood Rd.
Cleveland, OH 44110
(800) 321-7628
Fax: (216) 531-9596

Florida Wire & Cable, Inc.

825 N. Lane Avenue
Jacksonville, FL 32254
(800) 874-0093
Fax: (904) 783-3084

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, IL 60121
(800) 342-5976
(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Moxie International, Inc.

840 N. 10th St., Ste. G
Sacramento, CA 95814
(800) 356-6943 (Tech)
(916) 448-3476
Fax: (916) 448-0863

Website: www.moxie-intl.com

Nox-Crete Products Group

1444 South 20th Street
Omaha, NE 68108
(800) 669-2738
(402) 341-1976
Fax: (800) 329-6733
(402) 341-9752

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sonneborn Div. Chemrex, Inc.

889 Vatley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517
Fax: (612) 496-6058

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922
West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

The Spray~Cure Co.

300 Edwards St.
Madison, OH 44057
(800) 486-7866
Fax: (216) 428-7091

Tamms Industries Co.

7405 Production Dr.
Mentor, OH 44060
(800) 218-2667
Fax: (216) 974-2388
E-Mail: sscarp@earthlink.net
Website: www.tamms.com

The Thompson's Co.

825 Crossover Ln, Ste 240
Memphis, TN 38117
(800) 647-9352
Fax: (901) 682-5245

PERNOS Y ACCESORIOS

Aztec Concrete Accessories, Inc.

Post Office Box 820

Bloomington, CA 92316-0820

(909) 829-2765

Fax: (909) 355-8649

E-Mail: lancial@azteconline.com

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
3400 Tree Ct. Industrial Blvd.
St. Louis, MO 63122
(800) 325-9504
Fax: (800) 551-5145

ITW Ramset/Red Head

1300 N. Michael Dr.
Wood Dale, IL 60191
(630) 350-0370
Fax: (630) 350-7985

Website: www.constructionnet.net/ramsetredhead

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, IL 60121
(800) 342-5976
(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Sonneborn Div. Chemrex, Inc.

889 Valley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517
Fax: (612) 496-6058

Tamm Industries Co.

7405 Production Dr.
Mentor, OH 44060
(800) 218-2667
Fax: (216) 974-2388
E-Mail: sscarp@earthlink.net
Website: www.tamms.com

SELLADORES DE PISOS**The Burke Group**

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co. Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

E-Poxy Industries, Inc.

14 W. Shore Street
Ravena, NY 12143
(800) 833-3400
Fax: (518) 756-3003

L&M Construction Chemicals, Inc.

14851 Calhoun Rd.
Omaha, NE 68152
(800) 362-3331
Fax: (402) 453-0244

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543

Elgin, IL 60121

(800) 342-5976

(847) 683-4500

Fax: (847) 683-4544

Moxie International, Inc.

840 N. 10th St., Ste. G
Sacramento, CA 95814
(800) 356-6943 (rech)
(916) 448-3476
Fax: (916) 448-0863
Website: www.moide-intl.com

Nox-Crete Products Group

1444 South 20th Street
Omaha, NE 68108
(800) 669-2738
(402) 341-1976
Fax: (800) 329-6733
(402) 341-9752

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Burns Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Soun born Div. Chemrex, Inc.

889 Valley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517
Fax: (612) 496-6058

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922
West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

Tnmrn Industries Co.

7405 Production Dr.
Mentor, OH 44060
(800) 218-2667

Fax: (216) 974-2388
E-Mail: sscarp@earthfink.net
Website: www.tamms.com.

West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

The Thompson's Co.

825 Crossover Ln, Ste 240
Memphis, TN 38117
(800) 647-9352
Fax: (901) 682-5245

CIMBRA

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

Greenstreak Inc.

3400 Tree Ct. Industrial Blvd.
St. Louis, MO 63122
(800) 325-9504
Fax: (800) 551-5145

Labrado Forms, Inc.

23011 Moulton Parkway, #J4
Laguna Hills, CA 92653
(714) 830-9464

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Burns Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Scott System, Inc.

4575 Joliet St.
Denver, CO 80239
(303) 371-9580
Fax: (303) 371-8614
Website: v^vw.scottssystem.com

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922

FORMAS

EFCO

1800 N.E. Broadway Avenue
Post Office Box D
Des Moines, IA, 50316-0386
(800) 247-2432
(515) 266-1141
Fax: (515) 266-7970
E-Mail: efcousa@~netins.net

Metal Forms Corp.

3334 N. Booth St.
Milwaukee, WI 53212
(414) 964-4550
Fax: (414) 964-4503
Website: www.metalforms.com

GROUT

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co.Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111
(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

E-Poxy Industries, Inc.

14 W. Shore Street
Ravena, NY 12143
(800) 833-3400
Fax: (518) 756-3003

The Euclid Chemical Co.

19218 Redwood Rd.
Cleveland, OH 44110
(800) 321-7628
Fax: (216) 531-9596

IAM Construction Chemicals, Inc.

14851 Calhoun Rd.
Omaha, NE 68152
(800) 362-3331
Fax: (402) 453-0244

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, IL 60121
(800) 342-5976
(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Sonneborn Div. Chemrex, Inc.

889 Valley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517
Fax: (612) 496-6058

Specialty Concrete Products, Inc.

Post Office Box 2922
West Columbia, SC 29171
(800) 533-4702
Fax: (803) 955-0011

Tamms Industries Co.

7405 Production Dr.
Mentor, OH 44060

(800) 218-2667
Fax: (216) 974-2388
E-Mail: [sscarp\(~Pearthlink.net\)](mailto:sscarp(~Pearthlink.net))

SISTEMA DE MUROS INSULADOS

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Composite Technologies Corp.

525 East 2nd Street
Post Office Box 1888 Ames, IA 50010
(800) 232-1748 (515) 232-1748
Fax: (515) 232-0880
E-Mail: thermomass@ames.net Website:
<http://www.thermomass.com>

Corotherm Building Systems, Inc.

Post Office Box 978
Guntersville, AL 35976
(205) 582-0808
Fax: (205) 582-0728

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

SELLADORES DE JUNTAS

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 78109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Conspec Marketing & Mfg. Co. Inc.

636 S. 66th Terrace
Kansas City, KS 66111

(800) 348-7351
Fax: (913) 287-2716

E-Poxy Industries, Inc.

14 W. Shore Street
Ravena, NY 12143
(800) 833-3400
Fax: (518) 756-3003

L&M Construction Chemicals, Inc.

14851 Calhoun Rd.
Omaha, NE 68152
(800) 362-3331
Fax: (402) 453-0244

Master Builders, Inc.

23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, Off 44122
(800) MBT-9990
Fax: (216) 831-6910
Website: www.masterbuilders.com

W R Meadows, Inc.

Post Office Box 543
Elgin, M 60121
(800) 342-5976
(847) 683-4500
Fax: (847) 683-4544

Nox-Crete Products Group

1444 South 20th Street
Omaha, NE 68108
(800) 669-2738
(402) 341-1976
Fax: (800) 329-6733

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

Sika Corp.

201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
(800) 933-7452
Fax: (201) 933-6225

Sonneborn Div. Chemrex, Inc.

889 Valley Park Dr.
Shakopee, MN 55379
(800) 433-9517

Fax: (612) 496-6058

ACCESORIOS DE REFUERZO

Aztec Concrete Accessories, Inc.

Post Office Box 820
Bloomington, CA 92316-0820
(909) 829-2765
Fax: (909) 355-8649
E-Mail: [lanciat\(?Pazteconfine.com](mailto:lanciat(?Pazteconfine.com)

The Burke Group

Post Office Box 547
Converse, TX 8109
(800) 423-9140
Fax: (800) 227-8824

Concrete Accessories, Inc.

5455 Peachtree Industrial Blvd.
Norcross, GA 30092
(800) 336-2598
Fax: (770) 417-1820

Dayton Superior Corp.

721 Richard St.
Miamisburg, OH 45342
(937) 866-0711
Fax: (937) 866-1558

Florida Wire & Cable, Inc.

825 N. Lane Avenue
Jacksonville, FL 32254
(800) 874-0093
Fax: (904) 783-3084

International Plastics Corp.

111 Patton Ct.
Nicholasville, KY 40356
(606) 887-2877
Fax: (606) 887-2656

Richmond Screw Anchor Co.

7214 Bums Street
Fort Worth, TX 76118
(817) 284-4981
Fax: (817) 284-4504

9

ANEXOS

EL CONCRETO EN CLIMA CALUROSO

Es importante hacer notar que no necesariamente tiene que existir radiación solar intensa para que se den las condiciones de un clima caluroso.

Cuando el concreto se mezcla, se transporta y coloca en condiciones locales de alta temperatura, baja humedad, radiación solar o viento, es necesario conocer los efectos que estos factores ambientales provocan en las propiedades del concreto y en las operaciones constructivas. Una vez que se han comprendido estos factores se deberán tomar las medidas necesarias para eliminar o minimizar los efectos indeseables. Los problemas mas serios se presentan en climas y en tipos de construcciones en los que no han tenido experiencia previa las personas encaradas del trabajo.

El clima caluroso puede dar lugar a problemas durante el mezclado, colocación y curado del concreto a base de cemento hidráulico, los cuales pueden afectar desfavorablemente las propiedades y el nivel de servicio del concreto.

Empezemos por definir lo que se entiende como clima caluroso: cualquier combinación de las siguientes condiciones que tienden a deteriorar la calidad del concreto:

- a) Alta temperatura ambiental
- b) Alta temperatura del concreto
- c) Baja humedad relativa
- d) Velocidad del viento
- e) Radiación solar

Los efectos de alta temperatura del aire, radiación solar y baja humedad relativa se pueden agravar al aumentar la velocidad del viento. El agrietamiento por contracción térmica es en general más severo en la primavera y en el otoño. Esto se debe a que el diferencial de temperatura para cada periodo de 24 horas es mayor durante estas épocas

del año.

Los Problemas Potenciales

- a) Mayor rapidez de pérdida de revenimiento y la tendencia correspondiente de agregar agua al concreto en el sitio de la obra.
- b) Mayor tendencia al agrietamiento por contracción plástica.
- c) Mayor dificultad para controlar el contenido de aire incluido.
- d) Menores resistencias a 28 días
- e) Mayor propensión a la contracción por secado y al agrietamiento por diferencias de temperatura (ya sean internas o externas).
- f) Mayor variabilidad del acabado superficial

Es importante darse cuenta que nunca se podrá corregir por completo el daño que le causa al concreto el clima caluroso. Por lo tanto, es necesario un criterio adecuado para seleccionar la combinación más conveniente de calidad, economía y posibilidad de ejecución. Además las dificultades más serias se presentan cuando el personal a cargo de la colocación del concreto carece de experiencia en obras construidas en climas calurosos o en la ejecución del tipo específico de construcción.

En vista de que las improvisaciones de última hora rara vez tienen éxito, se deberán tomar a tiempo medidas preventivas. Se deberán planear con anterioridad al inicio del colado del concreto en climas calurosos los procedimientos detallados de mezclado, colocación, curado, protección, registro de temperaturas y ensaye del concreto. También se deberán tomar precauciones para evitar el

agrietamiento por contracción plástica y temperatura. Algunos los aspectos que se deben tomar en cuenta para controlar el agrietamiento son: construcción de juntas, uso de cantidades mayores de acero de refuerzo o de fibras, limitación de la temperatura del concreto, tiempo de descimbrado y selección de aditivos.

El Calor y El Concreto

Un concreto que se cuela a una temperatura de 21 grados centígrados con una humedad relativa del 50% y un viento moderado de 16 km/hr tendrá 6 veces la evaporación del mismo concreto colado donde no haya viento.

A continuación se mencionan los efectos típicos de las condiciones atmosféricas sobre el concreto durante y después del colado:

a) Si la temperatura del aire y la humedad permanecen inalteradas y la velocidad del viento, aumenta de 8 a 32 km/hr, la rapidez de evaporación aumentará en un 300%.

b) Si la temperatura del aire y el viento no cambian y la humedad se reduce del 90% al 70%, la rapidez de evaporación aumentará en un 300%.

c) Si la humedad y el viento no cambian y la temperatura del aire cambia de 16 grados a 32 grados centígrados, la rapidez de evaporación aumentará en un 300%.

d) Si la velocidad del viento aumenta de 8 a 32 km/hr, la temperatura del aire se eleva de 16 a 32 grados centígrados y la humedad disminuye de 90 a 70%, la tasa de evaporación aumentará en 900%.

A continuación se comenta los procedimientos para evitar o reducir los problemas derivados de la colocación del concreto en climas calurosos:

Condiciones ambientales

En los tipos más frecuentes de construcciones en climas calurosos es impráctico recomendar un ambiente limitativo o una temperatura máxima del concreto ya que las condiciones de cada obra y lugar difieren. Lo único que se recomienda es redu-

cir los efectos perjudiciales del clima caluroso mediante el uso de los procedimientos de control descritos en este artículo.

Control de temperatura del concreto

Se deberá hacer todo lo posible para mantener la temperatura del concreto tan baja como sea posible en la práctica. Ya que la mayor parte del concreto esta formado por agregados, la reducción de la temperatura de éstos trae como consecuencia una mayor reducción en la temperatura del concreto. El almacenamiento a la sombra de los agregados finos y gruesos y el rociado con agua de los apilamientos de los mismos en climas calurosos será de gran utilidad. Los tanques de almacenamiento al aire libre para el agua de mezclado se deben proteger contra los rayos del sol; pintar los depósitos de color blanco puede ser de cierta utilidad.

Como dato interesante, si se toma como base un tiempo de entrega de una hora en un día soleado y caluroso, el concreto dentro de una olla pintada de blanco debería estar 1.5 grados centígrados más frío que dentro de un tambor negro o rojo.

La planeación de los procedimientos para enfriar cantidades grandes de concreto mezclado necesita hacerse con mucha anticipación a la colocación del concreto. Esto normalmente será responsabilidad de la compañía concretera.

Dosificación y mezclado

Los métodos de dosificación y mezclado que se usan en ambientes de altas temperaturas no difieren de los que se usan en condiciones climáticas normales.

Las condiciones de altas temperaturas y de tiempos más largos de transporte pueden sugerir la necesidad de dividir el proceso de mezclado del cemento en el sitio de la obra, o de colocar en capas los materiales dentro de la revolvedora en la planta a fin de mantener seco parte del cemento y luego mezclarlo en la obra.

Entrega

A medida que pasa el tiempo se produce hidratación del cemento, pérdida de revenimiento, desgaste de los agregados o, eventualmente, un aumento del contenido de agua; por lo tanto, el periodo comprendido entre el mezclado y la colocación del concreto debe reducirse al mínimo.

El despacho de camiones se deberá coordinar con la rapidez de colocación a fin de evitar retrasos en la llegada o periodos de espera mientras se descarga. Los colados masivos se deberán programar durante periodos con bajo volumen de tráfico urbano.

Si al llegar al sitio de la obra el revenimiento es menor que el valor máximo especificado, se deberá agregar más agua siempre que no se exceda el contenido máximo de agua permitido.

Tanto las investigaciones de laboratorio como la experiencia de campo han demostrado que la reducción de resistencia y otros efectos perjudiciales son proporcionales a la cantidad de agua de remezclado agregada. Por lo tanto no deberá permitirse agregar agua en exceso al contenido de agua máximo dosificado para compensar la pérdida de trabajabilidad. El agregar aditivos químicos, sobre todo los reductores de agua de amplio espectro, puede resultar muy eficaz para mantener la trabajabilidad.

Antes de colar

Se deben hacer planes para minimizar la exposición del concreto a condiciones climáticas desfavorables. Siempre que sea posible, el colado de las losas debe programarse una vez terminada la estructura del techo y los muros a fin de minimizar los problemas asociados con los vientos secos y con la luz solar directa. Con esto también se reducirán los cambios bruscos de temperatura debidos a diferencias notables de temperatura entre el día y la noche.

TOLERANCIAS PARA MUROS TILT-UP

Descripción	Tolerancia (Pulgadas)	Notas
DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		
1. ALTURA Y ANCHO DEL MURO		
Hasta de 20 pies	1/4	
De 20 a 30 pies	5/16	
Por cada incremento de 10' despues de los 30'	1/8	
2. ESPESOR	3/16	(A)
3. ABERTURA EN EL MURO		(B)
Tamaño de la abertura	1/4	
Localización de la línea de centro de la abertura	1/4	
4. LOCALIZACION DE ACCESORIOS		
Insertos, tornillos, tuberías	3/8	
Insertos de izaje y apuntalamiento	1/2	
Placas Ahogadas	1/4	
5. RECUBRIMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO	3/8	
DURANTE EL IZAJE		
6. UNION CON VARIACION		(C)
Para muros de mas de 20 pies de altura	1/4	
Por cada incremento de 10' despues de los 20'	1/8	
7. UNION DE LOS MUROS		(D)
Máximo para cualquier longitud	3/8	
Para muros de mas de 20 pies de altura	1/4	
Por cada incremento de 10' despues de los 20'	1/8	
8. ALINEACION DE LOS MUROS		
Alineación de las uniones verticales y horizontales	1/4	
Alineamiento de cara exterior de muros contiguos	1/4	

NOTAS:

- A). Es la variación en el espesor de la sección del muro ya sea horizontal o vertical.
 B). Es la diferencia de longitud de las dos diagonales.
 C). Es la tolerancia medida entre dos muros incluyendo la unión.
 D). Es la tolerancia medida entre las juntas de dos muros, la cual indica si las orillas de los muros son paralelas.

FORMULARIO

$$\rho_b = (0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y}) (\frac{87,000}{87,000 + f_y}) - lb/in^2$$

$$\rho_b = (0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y}) (\frac{6,000}{6,000 + f_y}) - kg/cm^2$$

$$\beta_1 = 0.85 - 4000 lb/in^2 \geq f'_c \leq 280 kg/cm^2$$

$$\rho_{\max imo} = 0.6 \rho_b - lb/in^2$$

$$\rho_{\max imo} = 0.6 \rho_b - kg/cm^2$$

$$\rho_{\min imo} = \frac{200}{f_y} - lb/in^2$$

$$\rho_{\min imo} = \frac{14}{f_y} - kg/cm^2$$

$$F_r = 5\sqrt{f'_c} - lb/in^2$$

$$F_r = 2\sqrt{f'_c} - kg/cm^2$$

$$E_s = 29,000,000 - lb/in^2$$

$$E_s = 2,039,000 - kg/cm^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$E_c = 57,000\sqrt{f'_c} - lb/in^2$$

$$E_c = 14,000\sqrt{f'_c} - kg/cm^2$$

$$I_g = \frac{bt^3}{12}$$

$$I_{cr} = nA_{se}(d-c)^2 + \frac{bc^3}{3}$$

$$A_{se} = (P_u + A_s f_y) / f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$c = \frac{a}{0.85}$$

$$M_{cr} = \frac{2 f_t I_g}{t}$$

$$f_t = \frac{Mc}{I}$$

$$M_n = \phi \left| A_{se} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \right|$$

$$\phi = 0.90$$

$$\Delta = \frac{5 M h^2}{48 E I}$$

$$\Delta_s = \Delta_{cr} + \left(\frac{M_s - M_{cr}}{M_n - M_{cr}} \right) (\Delta_n - \Delta_{cr}); M_s \geq M_{cr}$$

$$\Delta_s = \frac{5 M_s I_c^2}{48 E_c I_g}; M_s \leq M_{cr}$$

$$\Delta_{cr} = \frac{5 M_{cr} I_c^2}{48 E_c I_g};$$

$$\Delta_n = \frac{5 M_n I_c^2}{48 E_c I_{cr}};$$

$$A_s = \frac{1.7 f'_c b d}{2 f_y} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2.89 (f'_c b d)^2}{f_y^2} - \frac{6.8 f'_c b M_u}{\phi (f_y)^2}} - in^2$$

$$A_s = \frac{0.85 f'_c b d}{f_y} - \sqrt{\frac{(0.85 f'_c b d)^2}{f_y^2} - \frac{1.89 f'_c b M_u}{(f_y)^2}} - cm^2$$

MAP EXPLANATION

- recently active fault (believed to have been active within the past several thousand years)
- possible extensions of recently active faults; also related faults that may have been recently active
- inferred submarine faults that may have been recently active
- direction of relative horizontal slip along fault

The map shows the state of California with its major geographical features and faults. The Pacific Ocean is to the west, and Mexico is to the south. Key cities labeled include Eureka, Redding, Alturas, Susanville, Sacramento, Fresno, Hollister, Monterey, San Francisco, San Luis Obispo, Santa Barbara, Los Angeles, San Diego, El Centro, and Imperial. Major faults shown include the Mendocino Fracture Zone, San Andreas Fault, Green Valley-Concord, Calaveras, Rodgers Creek, Sierra Nevada, Great Basin, Furnace Creek, Death Valley, Panamint Valley, Garlock, Kern Canyon, White Wolf, Bakersfield, San Gabriel, Mission Creek, Banning, San Jacinto, Newport Inglewood, and Agua Blanca. Other features include the Coast Ranges, Mojave Desert, and various smaller faults like San Bernardino, San Fernando, and San Miguel. A scale bar indicates distances up to 100 miles, and a north arrow points upwards.

MAPA DE RIESGO SISMICO EN CALIFORNIA

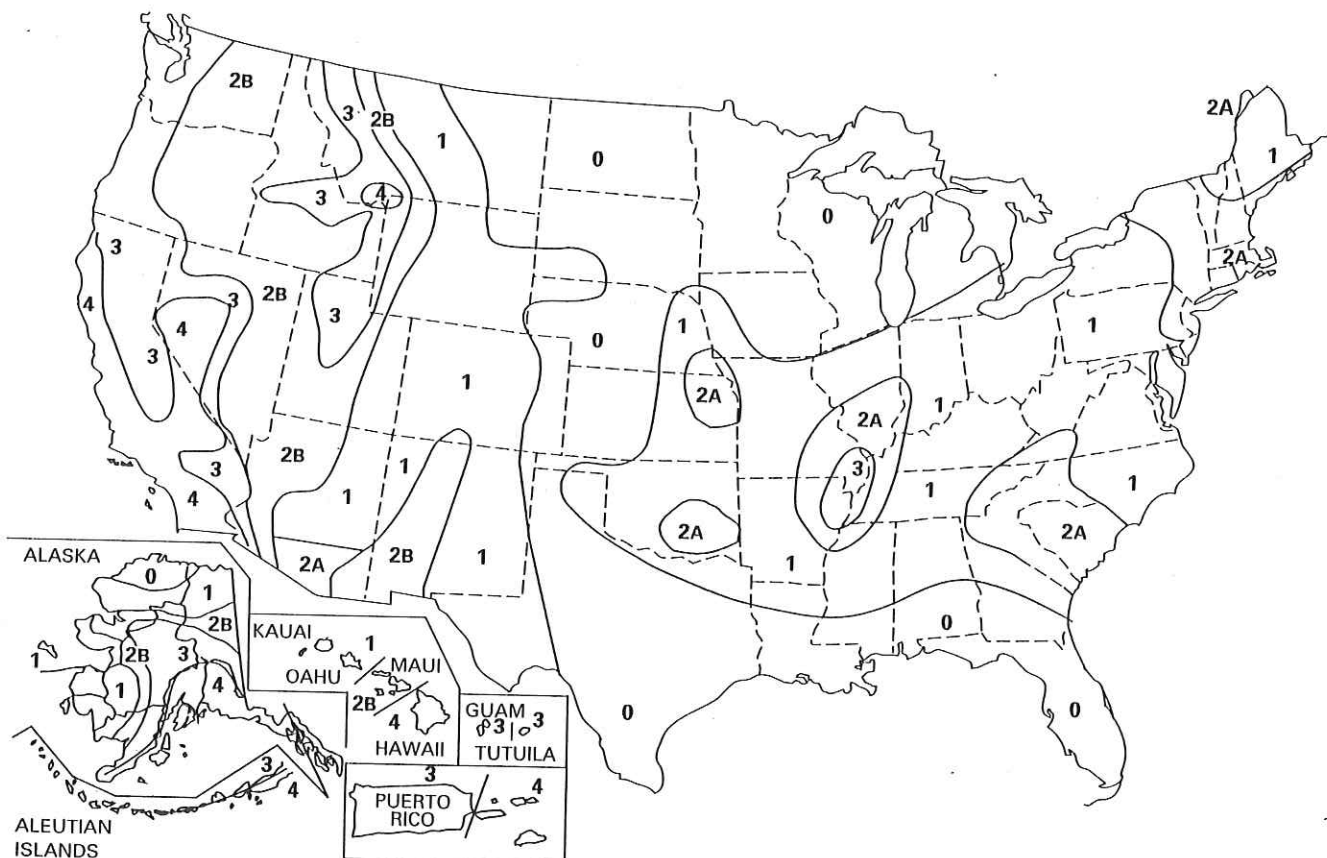


Figure 3.1 Seismic Risk Zones

Reproduced from the 1997 edition of the *Uniform Building Code*™, copyright © 1997, with the permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. [UBC-97 Fig. 16-2]

AREA DE ACERO EN MOCHETAS DE UN PIE

Separación, pulg.	Area de la sección transversal de las varillas, A_s (o A_s'), in ²											Separación, in
	Tamaño de varilla											
	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#14	#18	
4	0.33	0.60	0.93	1.32	1.80	2.37	3.00	3.81	4.68			4
4½	0.29	0.53	0.83	1.17	1.60	2.11	2.67	3.39	4.16	6.00		4½
5	0.26	0.48	0.74	1.06	1.44	1.90	2.40	3.05	3.74	5.40	9.60	5
5½	0.24	0.44	0.68	0.96	1.31	1.72	2.18	2.77	3.40	4.91	8.73	5½
6	0.22	0.40	0.62	0.88	1.20	1.58	2.00	2.54	3.12	4.50	8.00	6
6½	0.20	0.37	0.57	0.81	1.11	1.46	1.85	2.34	2.88	4.15	7.38	6½
7	0.19	0.34	0.53	0.75	1.03	1.35	1.71	2.18	2.67	3.86	6.86	7
7½	0.18	0.32	0.50	0.70	0.96	1.26	1.60	2.03	2.50	3.60	6.40	7½
8	0.17	0.30	0.47	0.66	0.90	1.19	1.50	1.91	2.34	3.38	6.00	8
8½	0.16	0.28	0.44	0.62	0.85	1.12	1.41	1.79	2.20	3.18	5.65	8½
9	0.15	0.27	0.41	0.59	0.80	1.05	1.33	1.69	2.08	3.00	5.33	9
9½	0.14	0.25	0.39	0.56	0.76	1.00	1.26	1.60	1.97	2.84	5.05	9½
10	0.13	0.24	0.37	0.53	0.72	0.95	1.20	1.52	1.87	2.70	4.80	10
10½	0.13	0.23	0.35	0.50	0.69	0.90	1.14	1.45	1.78	2.57	4.57	10½
11	0.12	0.22	0.34	0.48	0.65	0.86	1.09	1.39	1.70	2.45	4.36	11
11½	0.11	0.21	0.32	0.46	0.63	0.82	1.04	1.33	1.63	2.35	4.17	11½
12	0.11	0.20	0.31	0.44	0.60	0.79	1.00	1.27	1.56	2.25	4.00	12
13	0.10	0.18	0.29	0.41	0.55	0.73	0.92	1.17	1.44	2.08	3.69	13
14	0.09	0.17	0.27	0.38	0.51	0.68	0.86	1.09	1.34	1.93	3.43	14
15	0.09	0.16	0.25	0.35	0.48	0.63	0.80	1.02	1.25	1.80	3.20	15
16	0.08	0.15	0.23	0.33	0.45	0.59	0.75	0.95	1.17	1.69	3.00	16
17	0.08	0.14	0.22	0.31	0.42	0.56	0.71	0.90	1.10	1.59	2.82	17
18	0.07	0.13	0.21	0.29	0.40	0.53	0.67	0.85	1.04	1.50	2.67	18

Figura A.4 Area de varillas en una franja de losa de 1 pie de ancho.

LA ESTABILIDAD DE UN EDIFICIO TILT-UP

Debido a que la mayoría de los edificios de Tilt-up son edificios de un nivel o dos, la estabilidad de los mismos no recibe la suficiente atención durante el diseño.

Debido a la naturaleza de éstas estructuras, los diseñadores deben poner atención en los requerimientos de puntalaje y soporte de los muros para brindar una estructura estable y segura durante su construcción y después de ella.

Las precauciones para una adecuada seguridad contra fuerzas laterales de sismo o viento se refieren, primeramente a la estructuración, y en segundo término al refuerzo detallado de los muros y la cimentación. Es particularmente importante en éstas estructuras buscar la simetría y uniformidad, tanto en planta como en elevación. El aspecto esencial es lograr la continuidad entre los diferentes elementos resistentes.

Construcciones de este tipo sólo tienen un comportamiento satisfactorio ante cargas laterales si actúan como **estructuras tipo cajón**, o sea, si estas cargas laterales sólo producen fuerzas en el plano de los muros y no inducen flexiones normales a dicho plano. Para ello, los pisos y techos deben formar diafragmas rígidos en su plano y estar bien ligados a los muros. A su vez, los muros que se intersecten deben estar ligados entre sí en sus zonas de contacto. Por las características de los muros, ésta liga sólo puede lograrse con la unión de los muros con placas soldables.

Debe limitarse el número de huecos que reducen el área útil del muro e inducen concentraciones de esfuerzo en las esquinas. Todas las aberturas deben contar con refuerzo extra en su periferia para absorber las tensiones que se presentan en las esquinas.

SISTEMAS TIPO CAJON

Mediante arreglos de placas verticales (muros) y horizontales (losa y azotea) se pueden formar sistemas estructurales de diversas características, a los que generalmente se les denomina de tipo cajón. Para el funcionamiento en cajón se requiere que la techumbre forme un diafragma horizontal que tenga rigidez para cargas en su plano, de manera que las cargas laterales se puedan transmitir a los muros mas rígidos en cada dirección. Las conexiones muro-techumbre-losa deben ser capaces de resistir fuerzas cortantes y también tensiones, por los momentos de volteo producidos por las cargas laterales.

Las cargas verticales se transmiten a la cimentación esencialmente por fuerzas axiales en los muros.

Las cargas laterales se resisten como se a dicho por flexión de los muros en su plano. Si la relación altura a longitud de los muros es muy pequeña predominan las deformaciones de cortante en el comportamiento de los muros, de lo contrario las deformaciones son debidas principalmente a la flexión de los muros que funcionan como voladizos verticales.

Este tipo de estructura no es estable hasta que todos los elementos estructurales han sido conectados entre sí. Durante la construcción se debe dar un especial interés a la estabilidad de la estructura. Esto significa que los puntales en los muros no deben ser removidos hasta que los muros hallan sido conectados a los demás componentes estructurales.

BIBLIOGRAFIA

The Tilt-up Design and Construction Manual, **Hugh Brooks.**

Seismic Design of Building Structures, **Michel Lindeburg and Majid Baradar.**

Uniform Building Code 1994/1997

Reglamento del American Concrete Institute 318

Concreto Reforzado, **Edward G. Nawy.**

Diseño estructural, **Roberto Meri Piralla.**

Elaboración, colocación y protección del concreto en clima caluroso y frio, **ACI 305-306.**

Control de Calidad del Concreto, **IMCYC**

Diccionario para Ingenieros, **Luis A. Robb.**