

00167

1ej. y

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
U. N. A. M.

# ENTREPISOS PARA EDIFICIOS ALTOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS: PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN ARQUITECTURA  
T E C N O L O G I A  
ARQ. RODOLFO RAMIREZ PACHECO  
1 9 8 2



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

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

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

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

## I N D I C E

Introducción

Definiciones y componentes de los Entrepisos

Antecedentes y evolución de los entrepisos Contemporáneos.

C A P I T U L O    I.- Clasificación de los entrepisos en relación a los materiales  
y características de sus componentes estructurales.

I.1.- Entrepisos con componentes estructurales de concreto -  
armado colado en obra.

I.1.1.- Entrepisos de concreto armado

I.1.2.- Entrepisos reticulares aligerados.

I.2.- Entrepisos con componentes estructurales metálicos.

I.2.1.- Romsa

I.2.2.- Tridilosa

I.3.- Entrepisos con componentes estructurales precolados.

I.3.1.- Siporex.

I.4.- Entrepisos con componentes estructurales precolados y  
pre-esforzados.

I.4.1.- Losa doble "T"

C A P I T U L O    II.- Variables que intervienen para la elección de entrepisos.

II.1.- Variables exógenas

II.2.- Relación altura sismo

II.3.- Seguridad contra incendio.

II.4.- Estructuración

II.5.- Tipo de terreno

C A P I T U L O    III.- Requerimientos particulares para la elección de entrepisos.

III.1.- Destino del edificio.

III.2.- Procedimiento de construcción.

III.3.- Instalaciones.

III.4.- Costo.

° C o n c l u s i o n e s .

° B i b l i o g r a f í a

## I N T R O D U C C I O N

El desarrollo del presente trabajo pretene de efectuar un análisis de las variables exógenas y endógenas que hay que considerar para la elección de entrepisos en los edificios altos considerando a los mismos como subsistemas formados por componentes y subcomponentes de sistemas cada uno de los cuales determina un edificio con --- características definidas.

Considerando el criterio anterior se ha -- propuesto a los componentes estructurales en relación a los materiales así como de las características de los mismos para -- proponer una clasificación de los diferentes tipos de entrepisos utilizados en los edificios altos.

Se ha seleccionado este tipo de edificio por considerarlo representativo de una -- problemática compleja que hace necesario el empleo de una tecnología que sirva de instrumento para llegar a mejores solu-ciones.

El trabajo consta de una primera parte que corresponde a las definiciones así como a los antecedentes y evolución de los entepisos contemporáneos; a esta primera parte se le considero' como la percepción del problema.

Posteriormente se pasa al capítulo I - en donde se clasifican los entepisos y se describen tanto los componentes como las características y forma de -- trabajo de los mismos siendo todo --- esto un análisis y descripción para -- posteriormente pasar al capítulo II -- que trata de las variables exógenas y endógenas que actúan sobre el sistema edificio siendo las primeras variables las que actúan de fuera hacia dentro y que en muchos casos resultan decisivas en la elección de entepisos ya que -- consideran aspectos tan importantes -- como el medio en que se ubica el edifi cio así como el sismo y el fuego, por

lo que podría considerarsele como un pri-- mer proceso de selección del entepiso.

El Capítulo III lo podemos considerar como un segundo proceso de selección en el se - analizan las variables particulares de los entepisos dadas por los requerimientos -- del género del edificio y su procedimiento de construcción. Respecto al último punto considero conveniente aclarar que se han - omitido aspectos de sobra conocidos, dados los fines que persigue el trabajo; se ha - puesto énfasis en el apoyo que brinda la - tecnología para hacer frente a los proble- mas planteados por el binomio tiempo infla ción.

Cabe hacer mención que dada la gran varie- dad de entepisos que existen en el merca- do se han considerado en primer lugar a - los entepisos que se utilizan en los edi- ficios altos y en segundo lugar se han to- mado unicamente a los mas representativos, por tal motivo se han omitido todos aque--

llos que no cumplen con esos requerimientos.

Finalmente espero que el presente trabajo pueda servir como un antecedente para -- conocer de antemano tanto las restricciones como las ventajas que ofrecen los -- diferentes tipos de entrepisos y en base a ello generar las alternativas con el -- fin de poder elegir el mas adecuado y de esta manera evitar los cambios obligados por terceras personas, que en la mayoría de los casos relegan a un segundo término el aspecto arquitectónico, por considerar prioritarios sus requerimientos particulares.

## DEFINICIONES

Definición de entrepiso, si tomamos la definición gramatical de la palabra entrepiso vemos que así se designa el espacio que existe entre dos pisos; también se les denomina así a los pisos de las galerías de las minas que no son el de mas arriba, esta es posiblemente el origen de esta palabra.

Algunos autores sobre todo europeos los denominan como techos de doble misión: para los locales que están abajo sirven de techo y para los que estan arriba de piso; la palabra techo se deriva gramaticalmente de "teja", porque antiguamente los locales se cubrían directamente con tejas.

La definición mas conocida es la que designa como entrepisos a los elementos que en una construcción separan los diferentes niveles, y que constituyen simultáneamente el piso de uno de ellos y el techo del otro.

Una definición mas técnica seria designar a los entrepisos como las obras -- horizontales destinadas a soportar cargas por flexión y requieren de elementos constructivos resistentes para tálfin; por lo que resultan mas económicos cuándo su peso propio es mas reducido. Como el presente trabajo trata de los entrepisos para edificios altos conviene definir que entendemos como tales. Hay dos definiciones; una es tomando en cuenta la seguridad en caso de incendio, que considera como edificio alto aquél en que el pavimento del último piso --- esta a más de 22 metros sobre el nivel de la calle; esto, está en relación con la medida de las escaleras de bomberos; aunque actualmente dichas escaleras --- tienen de 30 a 32 metros de longitud. La otra definición es desde el punto de vista estructural que considera como -- edificios bajos, aquellos que no requie-

ren de elevador; esto es entre 4 y 5 -- niveles. Los edificios medianos están -- considerados entre los 6 y 14 niveles; y considera edificios altos aquellos que -- cuentan con 15 niveles o más sin tomar -- esto como una regla rígida, pues hay que considerar la relación del ancho con la altura del edificio, considerandose alto cuando la relación base altura es igual o mayor a 2.5.

Otro factor que hay que tomar en cuenta es el comportamiento del edificio al -- sismo ya que es diferente la forma de -- trabajo del edificio tipo tabla del edificio tipo torre.

El hecho de que los entrepisos de los -- edificios altos represente una superficie mucho mayor que la de la planta del edificio, hace comprender la importancia técnica y económica de la construcción -- de los mismos.

## COMPONENTES DE LOS ENTREPIOS

Es la intención dar un enfoque sistémico al presente trabajo; esta orientación se basa en el hecho de que en los sistemas organizados, el comportamiento de cualquier parte, llega a afectar algo a todas las demás partes. No todos los efectos son importantes o susceptibles de detección; por lo tanto la esencia de esta orientación estriba en la búsqueda sistemática de interacciones significativas.

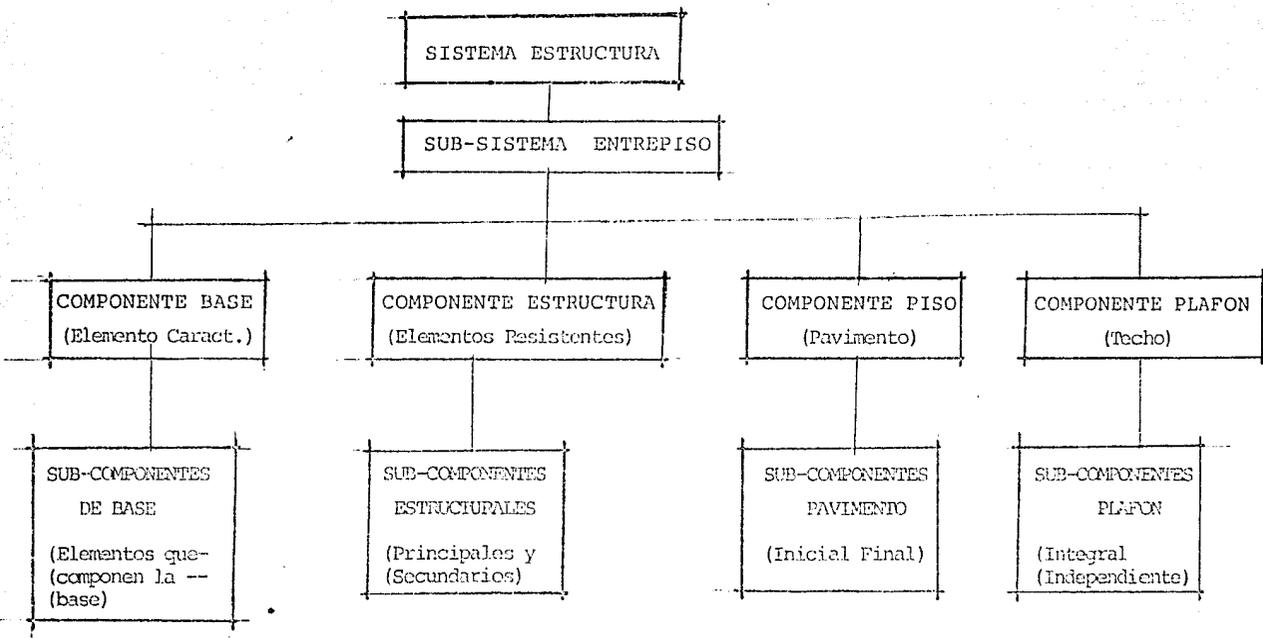
Este enfoque de problemas es diametralmente opuesto al enfoque analítico; lo importante es ampliar el concepto del problema, para incluir las interacciones que no están incorporadas.

### DEFINICION DE COMPONENTES:

Los componentes son las partes que tienen interacciones fundamentales entre si.

COMPONENTES DE LOS ENTREPISOS.

LOS COMPONENTES DE LOS ENTREPISOS VISTOS COMO PARTE DE UN SISTEMA ESTRUCTURA SERIA:



Componente base, está formado por los --  
 materiales característicos del entrepiso  
 por lo que define el criterio de cálculo,  
 su forma de trabajo, así también como las  
 propiedades del mismo; algunas veces el -  
 componente base esta formado por dos ---  
 elementos; en muchos casos este componen-  
 te determina el nombre del entrepiso.  
 Ejemplos de componente base son los --  
 siguientes :

TIPO DE ENTREPISO

COMPONENTE BASE

◊ TRIDILOSA	→	ARMADURÀ ESPACIAL
◊ ENTREPISO ROMSA	→	LAMINA METALICA
◊ ENTREPISOS RETICULARES	→	BLOQUES DE POLIUTERANO
◊ ALIGERADOS	→	EXPANDIDO O CASETONES DE FIBRA DE VIDRIO.

Componente estructura, es el que trabaja y esta formado por los elementos estructurales principales y secundarios encargados de transmitir los esfuerzos a la estructura son los elementos resistentes que determinan la forma de trabajo del entepiso y son los que han tomado en relación a su material y características para hacer la clasificación de los entepisos en el presente trabajo. Algunos ejemplos de componentes estructurales serian:

<u>TIPO DE ENTREPISO</u>	<u>COMPONENTES ESTRUCTURALES</u>	
	<u>PRINCIPALES</u>	<u>SECUNDARIOS</u>
• TRIDILOSA	ARMADURA ESPACIAL	BARRAS DE ACERO
• ENTREPISO ROMSA	ARMADURAS DE ACERO	LARGUEROS
• ENTREPISOS RETICULARES ALIGERADOS	TRABES PRINCIPALES	NERVADURAS

COMPONENTE PISO.

Es la parte sometida directamente al ---  
desgaste y debe tomarse en cuenta como -  
un elemento a considerar en el diseño de  
un entrepiso, de acuerdo a los requeri--  
mientos particulares de uso, como pueden  
ser los térmicos y acústicos.

COMPONENTE PLAFON.

Este elemento puede formar parte inte---  
gral del entrepiso y en caso de ser ---  
independiente se deberan tener presentes  
las preparaciones necesarias para su --  
sostén. Este componente es un valioso --  
auxiliar del entrepiso ya que dependien-  
do del material de que esta compuesto --  
puede mejorar las condiciones acústicas  
o bien puede actuar como un elemento de  
protección al entrepiso en caso de ---  
incendio.

ANTECEDENTES Y EVOLUCION DE LOS  
ENTREPISOS CONTEMPORANEOS.

Hacia fines del siglo pasado principalmente en Europa los Ingenieros y Constructores -- con sus conocimientos técnicos liberaron a la Arquitectura de las limitaciones impuestas por los antiguos sistemas de construcción.

Gracias al descubrimiento de las posibilidades del concreto armado fue posible la --- construcción de colosales y hermosos puentes, así como de otras grandes obras de -- ingeniería; estas revolucionarias estructuras construídas a fines del siglo pasado, - enseñaron a los arquitectos como cubrir -- grandes claros con simples armaduras y --- hacer descansar colosales moldes en pequeños soportes dando la sensación de una delicadeza estructural nunca antes lograda.

El aumento de la población y la escasez de espacio llevaron a la conquista de la altura, se produce en Europa una Arquitectura - urbana de gran estilo.

En el año de 1883 Root construye en Chicago

un rascacielos de mampostería. Hacia las postrimerías del siglo, Sullivan construyó edificios de este tipo que marcan una época.

En el año 1900 se construyó en Brooklyn un edificio pre-fabricado; a pesar de -- estos conocimientos técnicos la mayoría de los edificios de aquella época se --- construían mediante concretos elaborados en la obra. El primer edificio de varios niveles que se construyó mediante concretos elaborados en obra en América fué en el año de 1902 y consta de una estructura de 16 niveles, es el Ingalls Office - Bulding en Cincinnati Ohio.

En México, fué hasta principios de siglo cuándo se empezó a importar cemento de - Inglaterra y de Bélgica principalmente, - este cemento venía en barriles de madera y entre las principales marcas de aque-- lla época estaban El Gibbs, El Hammer, - El Aguila, Cruz Roja y otros mas; ya, --

que en México, no se fabricaba cemento - en cantidad alguna; en el año de 1900 so lo había tres fábricas que utilizaban el cemento como materia prima y estas eran fábricas de mosaico; fuera del empleo de esas 3 fábricas de mosaico, el cemento - no servía a los constructores para otra cosa que para tapar goteras en los te-- chos de tabla y tierra o en los de bóveda catalana.

El progreso de la industria del cemento se inicia en México con la fundación de las tres primeras fábricas montadas con modernos hornos rotatorios. Estas primeras fábricas fueron la de Hidalgo N.L., La Cruz Azul, establecida en Jasso Hidalgo, y la Tolteca también montada en el mismo estado, originalmente con --- otro nombre propiedad de unos empresarios norteamericanos quienes vendieron las acciones en 1911 con motivo de la - revolución.

Coincide la fundación de estas tres fábricas de cemento con la introducción del concreto en obras de importancia -- que en su mayoría fueron obras de ---- Ingeniería como el aprovisionamiento de agua en el Distrito Federal, el edificio de bombas de La Condesa El Faro de Naútla y otras más.

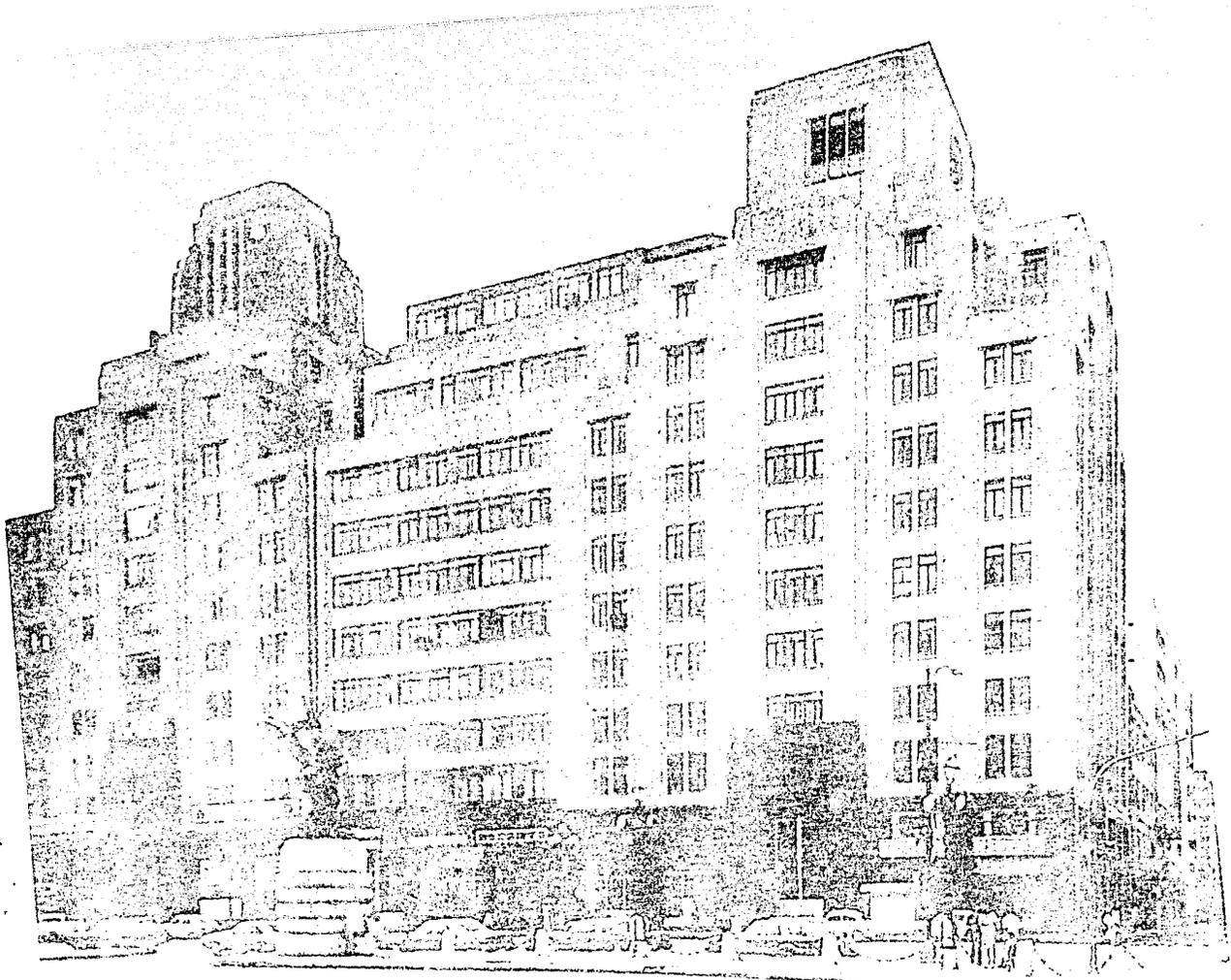
La guerra civil provocó el desplome de una demanda que iba en aumento y las fábricas de cemento estuvieron al borde de la quiebra, para ponerse a salvo, y ante el temor de tener que paralizar sus hornos por falta de una demanda -- continúa, La Tolteca inició desde 1919 una campaña de publicidad para dar a -- conocer las múltiples aplicaciones del concreto así como la mejor manera de -- confeccionarlo y colocarlo.

A fines de 1920 al tomar posesión el -- General Alvaro Obregón de la Presidencia de la República, se inicia lo que

el Arq. Domingo García Ramos denominó el cuarto período de la Historia de la -- Ciudad de México pues a partir de esa -- fecha ya no se volvió a vivir las horas de angustia de los cuartelazos. Esta -- situación de paz, hace que a partir de -- 1920 se precipite el vertiginoso crecimiento de nuestra ciudad, coincidiendo -- con un desarrollo industrial que iniciado en la paz de la dictadura se acelera de una manera expansiva.

Posteriormente se fundó la Cámara Nacional del Cemento y en 1924 con motivo de la conmemoración del primer centenario -- de la invención del cemento en Inglaterra, dicha Cámara convocó un concurso -- para premiar los mejores trabajos sobre las propiedades de las estructuras del -- concreto armado.

En este concurso alcanzaron premios, el -- Ing. José A. Cuevas y los Arquitectos -- Bernardo Calderón Caso y Manuel Ortíz --



Monasterio, por el proyecto del edificio de la Nacional, Obra Urbana de primera categoría en que el concreto se dejó --- expuesto en función abiertamente decorativa.

Los arquitectos Mexicanos entran a representar un papel creador en el escenario del concreto.

Hacia 1924 la presencia del automóvil - que facilita la extensión a otros lugares propicia el crecimiento horizontal de la Ciudad.

En 1925 el arquitecto Jose Villagrán -- García proyecta el Instituto de Higiene en Popotla y nace con esta obra la verdadera arquitectura moderna; los arquitectos mexicanos se dieron a la tarea - de demostrar que la fealdad del concreto, así como de otros materiales modernos, tales como el acero y el vidrio - no es inherente a ellos sino del uso -- que de ellos se haga arquitectónica----

mente.

Gracias a la participación de los Arquitectos, a la publicidad desplegada tanto por las fábricas y de la Cámara del Cemento, así como por las ventajas estructurales de los entrepisos de concreto armado sobre los procedimientos tradicionales y que estructuralmente tenían mayor rigidez y ligazón con los apoyos por lo que se -- formaba una estructura monolítica dándole mayor estabilidad a los edificios; además, al ser materiales constructivos compuestos por elementos inorgánicos eran mas resistentes al fuego, y, sufrían en menor grado el efecto del agua que se lanzaba para su extinción; presentaban también la ventaja de que no eran atacables al moho, la putrefacción y los parásitos.

Se vió asimismo, que su duración podría -- ser mucho mayor, además de que las superficies de las losas, eran muy apropiadas - para la construcción de pavimentos.

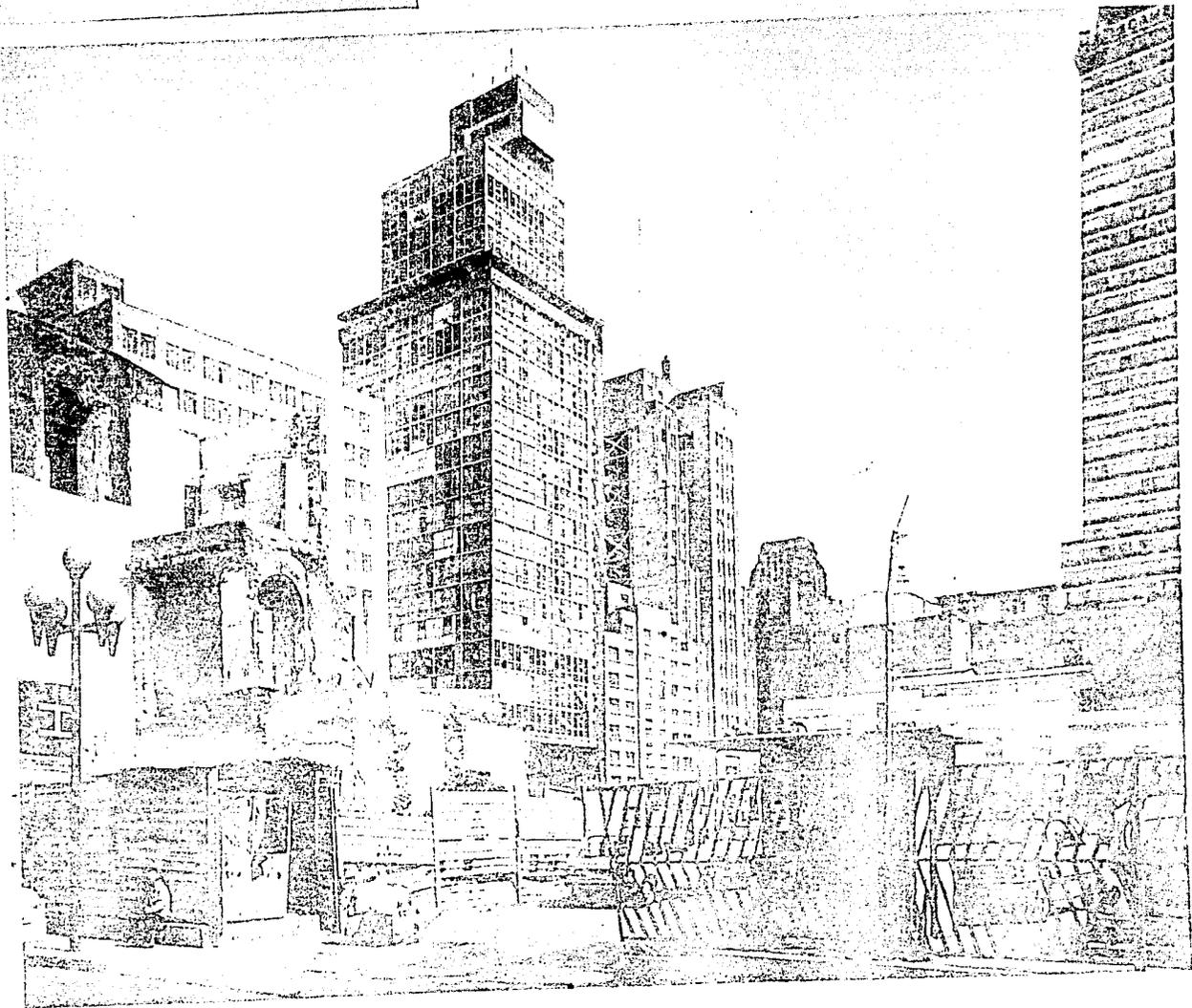
Por otra parte la situación política del país, con un clima de tranquilidad, favorecía un incremento en la actividad económica e industrial; esto, y otros muchos fenómenos originaron un crecimiento expansivo de la ciudad, que se tradujo en una gran actividad constructora, tanto vertical como horizontal. Todo lo anterior obligó a la utilización, de nuevos procedimientos constructivos, para satisfacer una demanda, cada vez más creciente.

No obstante, las múltiples ventajas de los entresijos tradicionales de aquella época, la adopción de este nuevo tipo de entresijo fue lenta, ya que los constructores, encontraban dificultad en el empleo correcto de la cimbra, así como el tiempo de fraguado necesario para poder descimbar, todo lo cual significaba un cambio completo en el procedimiento constructivo de los

entresijos; sin embargo todas estas dificultades se fueron aminorando poco a poco, debido al constante mejoramiento de la tecnología del concreto armado, y también por las disposiciones observadas por los reglamentos, tanto nacionales como internacionales.

A partir de 1930, empieza una fusión de tendencia dando lugar al internacionalismo, adquiriendo caracteres semejantes en todo el mundo, por la universalización de los programas arquitectónicos, el uso de los materiales, y la difusión de los procedimientos de construcción.

Al continuar el crecimiento de la Ciudad, los requerimientos de los edificios en cuanto a confort, espacio flexible, e instalaciones fueron aumentando; es así, como empiezan a surgir edificios cada vez más grandes con estructuras de concreto armado y acero, en los cuales las premisas eran obtener una mayor rentabilidad



en el espacio construido. Surge la necesidad de dejar claros cada vez mayores, pero se ve que al aumentar los claros, la losa de concreto armado que se había empleado para cubrir claros pequeños empieza a mostrar fallas en su relación con los demás componentes de la estructura, sobre todo en los apoyos, pues al incrementar el esfuerzo cortante por la relación entre la sección de la columna y el peralte de la losa, se creaba en los puntos de apoyo, una falla que se resolvió incrementando al peralte de la losa, mediante el procedimiento de dar 3 centímetros de peralte, por cada metro de claro; estableciéndose también la relación siguiente:

$$\text{Peralte de la Losa} = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

A este tipo de entrepiso se le llamó Flat Slab, en la cuál los mayores esfuer

zos eran tomados por capiteles y ábacos, no obstante lo cuál, se lograba un ahorro de altura del entrepiso, comparativamente que con el procedimiento de trabes y Losas; pues solo afectaba la altura la parte del capitel, y el ábaco; además en este procedimiento se requería de un cimbrado menos laborioso, ya que era sólo en los capiteles y ábacos, donde se necesitaba obra falsa especial; a pesar de lo anterior, el procedimiento del entrepiso Flat Slab tenía serios inconvenientes, pues las losas tenían un enorme peso propio que obligaba a los constructores a reforzar también la cimentación debido al incremento de las cargas estáticas.

Otra desventaja era el costo de Flat Slab, pues por ser una losa maciza no aligerada, su construcción requería de grandes cantidades de concreto y acero de refuerzo; además este enorme peso pro

pio era un limitante del Flat Slab para salvar claros mayores; una de estas técnicas fue la inclusión de aire al concreto; esta técnica trata de 1939 --- cuando fue aceptada después de un largo período de experimentación; otros estudios son llevados paralelamente, lo que originó un incremento en la tecnología del concreto; fué de esta manera que -- surgieron los agregados ligeros como la carlita, y los aditivos para el concreto, que permitieron modificar y mejorar los usos del mismo.

Nuevamente fue la ingeniería la que -- experimentó un procedimiento constructivo para puentes de concreto armado, don de la premisa era reducir el peso propio de las losas, así como el peralte, esto se logró introduciendo cilindros -- de cartón comprimido, y colocando emparrillados de acero tanto en el lecho -- superior como inferior, obteniéndose de

esta manera una losa hueca, que presentaba la ventaja de tener la cara inferior plana, así como una menor flecha a la -- flexión y una mayor resistencia al ---- esfuerzo cortante.

El resultado obtenido fue bastante bueno dado que este tipo de losa que actual--- mente tiene aplicaciones en los entrepisos para edificios, trabaja prácticamente en un solo sentido; pero lo mas importante de todo fué que nació un nuevo concepto de entepiso conocido como Flat Plate, o Placa Plana, que es uno de los procedimientos modernos de los entrepisos.

El Flat Plate o Placa Plana tenia varias -- ventajas sobre el Flat Slab, entre las mas sobresalientes era la eliminación de los -- capiteles y ábacos, que fueron substituidos por un capitel integral a la losa; -- otra gran ventaja, fue disminuir considerablemente el peso propio del entepiso, ya que era una losa aligerada; al mismo tiempo

Había una disminución tanto del concreto como del acero de refuerzo, lo que hacía que este procedimiento fuera mas económico que el Flat Slab; además el Flat -- Plate era un procedimiento mas rápido, -- ya que la cimbra de este tipo de losas -- era totalmente plana.

Comparativamente con los entrepisos del concreto, con el Flat Slab Había un ahorro en altura al construir edificios con un mismo número de niveles lo que significaba menos metros cuadrados construídos, y también eliminaba el recorrido de las instalaciones, como tuberías, ductos, elevadores y el falso plafón,; sin embargo presentaba problemas para las instalaciones sanitarias, cuándo estas eran -- horizontales.

Quizá la mayor ventaja era que el Flat -- Plate podía salvar claros mayores que -- los otros dos procedimientos, además de poseer una buena rigidez para transmitir

los esfuerzos a la estructura, cuándo se presentaban las cargas accidentales.

Pero a pesar de todo lo anterior, este -- tipo de entrepisos presentaba también -- algunos problemas, ya que al convertir -- la losa plana en placa plana, suprimiendo los capiteles y úbacos de las columnas, se obligaba a la losa de entrepiso a resistir el esfuerzo cortante producido por la columna que la sostiene; para ello, y para reducir ese esfuerzo cortante, se disminuían los espacios entre las columnas, y lo que obligaba muchas veces a incrementar el peralte de las losas, o bien, se aumentaba en forma considerable el refuerzo de acero en el interior de -- losa precisamente sobre el apoyo, para -- que resistiera el esfuerzo cortante producido, sin aumentar el peralte de la -- losa, y también para lograr claros mayores.

Este tipo de losas planas, tenían deflexiones o flechas de relativa consideración; por lo que era aconsejable darle a la cimbra la contra flecha necesaria para contrarrestar las deflexiones -- excesivas que aunque no afectaban sensiblemente la estabilidad de las losas provocaban, una sensación desagradable. Aunque este procedimiento era utilizado antes de la segunda guerra mundial, no fué sino hasta los años 50 cuando vino a México.

Naturalmente todo el diseño de este, y otro tipo de entrepisos de concreto, estaba regido por el " Building Code --- Requirements For Reinforced Concrete", y por los reglamentos locales del -- lugar donde se construía.

Después de la segunda guerra mundial, - vuelve a reanudarse a nivel internacional, la investigación de nuevos tipos - de cubiertas y entrepisos; en el año de

1945 en Inglaterra, Makowski junto con -- otros investigadores proponen unos entrepisos constituidos por dos emparrillados-ortogonales de varillas de acero, ligados entre sí por varillas inclinadas, logrando mediante este procedimiento, obtener - una considerable reducción del peso muerto comparado con los otros procedimientos considerados como tradicionales, y disminuyendo en casi una tercera parte, la -- sección transversal del entrepiso.

En 1948, se construyó la primera estructura prefabricada importante de concreto - pre esforzado del hemisferio occidental, - el puente Walnut Lane, en Filadelfia, en los Estados Unidos. Por aquella época los ingenieros reflexionaban acerca del desarrollo potencial del concreto pre esforzado prefabricado; algunos pensaban que debió al alto costo de la mano de obra, y al bajo costo de los materiales en aquellos - días en los Estados Unidos, había pocas --

esperanzas de que el uso del concreto -- pre-fabricado pre-esforzado aumentara -- rápidamente; el razonamiento se basaba -- en que, como el proceso involucraba la -- utilización de mano de obra calificada, y por lo tanto mas cara, el ahorro produido por el bajo costo de los materiales no representaba mucha ventaja.

Sin embargo, a principios de los años -- 50, surgieron en los Estados Unidos, -- varias pequeñas fábricas de concreto -- pre-esforzado y pre-fabricado, que comenzaron a experimentar y desarrollar mejores métodos, equipos y tecnología en el campo de la prefabricación y del pre---esfuerzo, teniendo como resultado que -- se conocieran nuevas técnicas de producción masiva mejoradas, tanto para la -- fabricación, como para la erección; el uso del concreto pre-fabricado pre-esforzado no sólo implicaba un ahorro por -- concepto de materiales, sino que economizaba una gran cantidad de mano de ---

obra. La primera compañía pre-esforzada -- se estableció en la Ciudad de México en -- el año de 1955, uniciando su producción -- con viguetas pre-esforzadas y bevedillas -- para ser usadas como losas. Sin embargo -- estos entresijos presentaban la desventaja de que sólo podían cubrir claros máximos de 5 metros.

Después de la Segunda Guerra Mundial se -- desarrolló de una manera vertiginosa y espectacular la tecnología del concreto y el acero, mejorándose los equipos y la técnica del montaje, así como los procedimientos de pre-fabricación y pre-esfuerzo.

Fue en la década de los cincuenta, cuando hacen su aparición en México diferentes -- tipos de entresijos aligerados; unos a -- base de bloques otros a través del pre---esfuerzo o la pre-fabricación, y otros -- y otros mediante las reacciones químicas -- de las materias primas del concreto; entre las ventajas que presentaban, además de la ligereza que se traducía en una --

economía en las cimentaciones, estaba una simplificación de los procedimientos constructivos tradicionales, y en algunos casos, ventajas estructurales en cuanto a su forma de trabajo monolítica, además de una mejor repartición de cargas, así mismo permitían cubrir claros mayores, favoreciendo también tener grandes volados, - lo que representó, una ventaja plástica, - que muchos arquitectos supieron aprovechar.

A partir de estos avances, la tecnología de los entrepisos ha ido mejorando, y -- han ido apareciendo constantemente nuevos procedimientos de construcción, que en algunos aspectos, mejoran a los ya -- conocidos, lo que hace que se tengan cada vez mas alternativas, para seleccionar el entrepiso mas adecuado para un -- mismo proyecto, lo cual dificulta la toma de decisión por parte del arquitecto. A pesar de todo lo anterior, cabe señaa-

lar que el concreto sigue siendo el material indispensable para la construcción - de los entrepisos, ya sea colado, precolado, pre-esforzado, o pre-fabricado.

Los países industrializados han sido los que han marcado la pauta a seguir por lo que resulta interesante, conocer lo que - esta sucediendo actualmente en Europa; -- específicamente en Holanda, donde las experiencias del grupo S A R capitaneando - por Habraken, están proporcionando a los usuarios, espacios libres con puntos fijos para que luego ellos mismos, puedan organizar su propio espacio; mientras que, en Alemania, los equipos multidisciplinarios, se dedican a la aplicación de la tecnología, para un mejor uso del espacio construido, en combinación con las fachadas - industrializadas, todo lo cuál, está generando, ahorros considerables de tiempo y dinero, así como una optimización del --- espacio interno construido.

lo anterior ha sido la base para que esta nueva técnica de edificación, este --  
teniendo un auge inusitado, y ya empieza a extenderse, a diferentes partes --  
del mundo; en México opera la firma --  
Herman Miller dedicada a la planeación --  
e instalación del espacio interior de --  
oficinas.

Lo anterior presupone dejar claros cada vez mayores a fin de facilitar el uso --  
del espacio interno.

En la actualidad existen a nuestra disposición una gran variedad de elementos constructivos para la construcción de --  
entrepisos, que siguen una evolución --  
gradual, empleando los mismos procedimientos que se están utilizando en países altamente industrializados como los Estados Unidos de Norteamérica, tal es el caso del entresuelo con base metálica en la torre de Pemex.

El acelerado proceso de crecimiento y --

la concentración demográfica urbana en --  
las principales ciudades de la República Mexicana así como el fenómeno inflacionario que repercute directamente en el ---  
tiempo de ejecución de la obra ha generado un aumento de elementos constructivos industrializados que va transformando en forma gradual el antiguo proceso de construcción a mano, además el porcentaje de equipo mecánico en nuestros edificios ---  
aumento continuamente lo que hace necesario seguir en la búsqueda de soluciones constructivas más eficientes.

Actualmente se tiene en estudio la posibilidad de instalar un módulo pre-fabricado de cuarto de Hotel para una estructura de más de 40 niveles en la Ciudad de México, en forma tal que no se suplquen los muros y entresuelos, es decir un módulo ---  
abierto en diferentes formas para poder elegir la selección combinatoria más adecuada, este módulo se fabricará fuera de

la obra y llegará a la misma totalmente-  
terminado, incluso con mobiliario y deco-  
ración para ser instalado mediante grúas  
en la estructura.

De hacerse realidad este proyecto estare-  
mos nuevamente ante otro tipo de entepi-  
so.

## TECNICAS PARA ALIGERAR ENTREPISOS

Introducción.- Los entrepisos aligerados son aquellos en que la relación volúmen - peso propio se ha modificado con el fin de obtener entrepisos mas ligeros conservando o mejorando la resistencia de los mismos a los esfuerzos de trabajo a que están sometidos.

Técnicas para aligerar entrepisos.- Las técnicas empleadas para aligerar los entrepisos son variadas pero básicamente podemos considerar como las mas usuales las siguientes:

- a).- A través de la incorporación de elementos aligerantes en las losas como bloques de barro o cemento destacando a este último como mas resistente a los esfuerzos de compresión; o bien tubos de cartón. Como ejemplo de estos entrepisos tenemos el reticular celular y el sonovoid. Estos entrepisos no se utilizan en los edificios altos debido a que tienen mayor peso

- propio que otros tipos de entrepisos aligerados.
- b) Por medio de procedimientos constructivos para moldear el concreto con elementos a base de plásticos reforzados o bloques de poliestireno expandido para obtener secciones ligeras; por ejemplo los entrepisos reticulares aligerados; este tipo de entrepiso se utiliza en los edificios altos, cuando las variables de sismo y tipo de terreno lo permiten.
  - c) A través de compuestos químicos como los silicatos monocálcicos y polímeros agregados al concreto por ejemplo; las losas siporex para entrepisos; este tipo de entrepiso se utiliza en los edificios altos cuando la estructuración del edificio reúne determinadas características.
  - d) A través de la combinación de bloques extruídos y vigas precoladas

como elementos de refuerzo producidas en fábrica y llevadas a la obra por ejemplo; entrepisos a base de vigueta y bovedilla. Este tipo de entrepisos muy en boga no es recomendable para los edificios altos debido a la junta fría, y forma de trabajo cuando se presentan esfuerzos horizontales producidos por sismo o viento.

- e) Por medio de la reducción del peralte de la losa y la simplificación del acero de refuerzo, sustituyéndolos por perfiles metálicos por ejemplo: Losacero, Romsa, Tridilosa. Estos entrepisos aunque difieren en cuanto a procedimiento constructivo y forma de trabajo son recomendables para ser utilizados en los edificios altos.
- f) Por medio de elementos presforzados que consiste en la creación intencional de esfuerzos permanentes, con el objeto de mejorar el comportamiento y

la resistencia, de los elementos estructurales optimizando el diseño de los mismos para eliminar cargas muertas. Así -- como por la extrucción de las losas. Este tipo de estructuras representan un -- considerable ahorro de tiempo y son utilizadas para la edificación de edificios altos.

Cabe mencionar que todas las técnicas -- anteriores, utilizan en mayor o menor -- cantidad el concreto, y el acero de --- refuerzo, esta es la razón principal, -- por la que se han tomado a los entrepi-- sos de concreto armado, como parámetro -- de comparación con los demas entrepisos; podemos decir que toda la tecnología de los entrepisos, se ha desarrollado toman-- do como referencia este tipo de losa en cuánto a: Peso propio, procedimiento -- constructivo, claro a salvar, tiempo de ejecución, costo, y otras muchas varia-- bles, que intervienen para la elección

del entrepiso mas adecuado, para un edifi-- cio con condicionantes determinadas de -- antemano.

Es evidente que la gran variedad de entrepisos de los que actualmente dispone el - Arquitecto, tienen varias ventajas sobre el tradicional entrepiso de concreto arma-- do; no obstante lo cuál, dicho tipo de - entrepiso sigue utilizandose en la edifi-- cación de edificios altos, y además conti-- núa avanzando la tecnología del mismo; --- actualmente se ensayan los concretos poli-- merizados con cables de alta resistencia - estirados en frío, con lo que se ha logra-- do incrementos notables en la resistencia de éste nuevo tipo de ferrocemento, así -- como reducciones considerables en cuanto - a espesor de los entrepisos.

## C A P I T U L O      I

### CLASIFICACION DE LOS ENTREPISOS EN RELACION A LOS MATERIALES Y CARACTERIS- TICAS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES.

El anterior proceso de clasificación de los entrepisos, estaba basado en cuánto a la forma de la losa; fué así como se estableció una primera forma de clasificar la losa plana conocida como Flat Slab; o sea placa plana, a las losas aligeradas de concreto armado de peralte uniforme sin trabes, ni capiteles o ábacos de engrosamiento que sobresalieran del entrepiso. Actualmente contamos con un gran número de entrepisos, por lo que si intentáramos hacer una clasificación de los mismos, veríamos que esta podría ser de muy diferentes formas; una de ellas sería en cuánto a la relación de volumen y peso propio; es decir entrepisos tradicionales y entrepisos aligerados; otra clasificación puede ser en cuánto al procedimiento constructivo; y otra, que es la que proponemos para este estudio, sería en cuánto al tipo de materiales y las características de los mismos, que forman los componentes estructurales de los entrepisos.

De acuerdo a la exposición anterior los entrepisos quedan clasificados de la -- siguiente manera.

♦ ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO ELABORADO EN OBRA

♦ ENTREPISOS DE CONCRETO ARMADO  
♦ ENTREPISOS RETICULARES ALIGERADOS.

♦ ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO PRECOLADOS.

♦ SIPOREX

♦ ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES METALICOS

♦ ROMSA  
♦ TRIDILOSA

♦ ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES PRECOLADOS Y PRE ESFORZADOS.

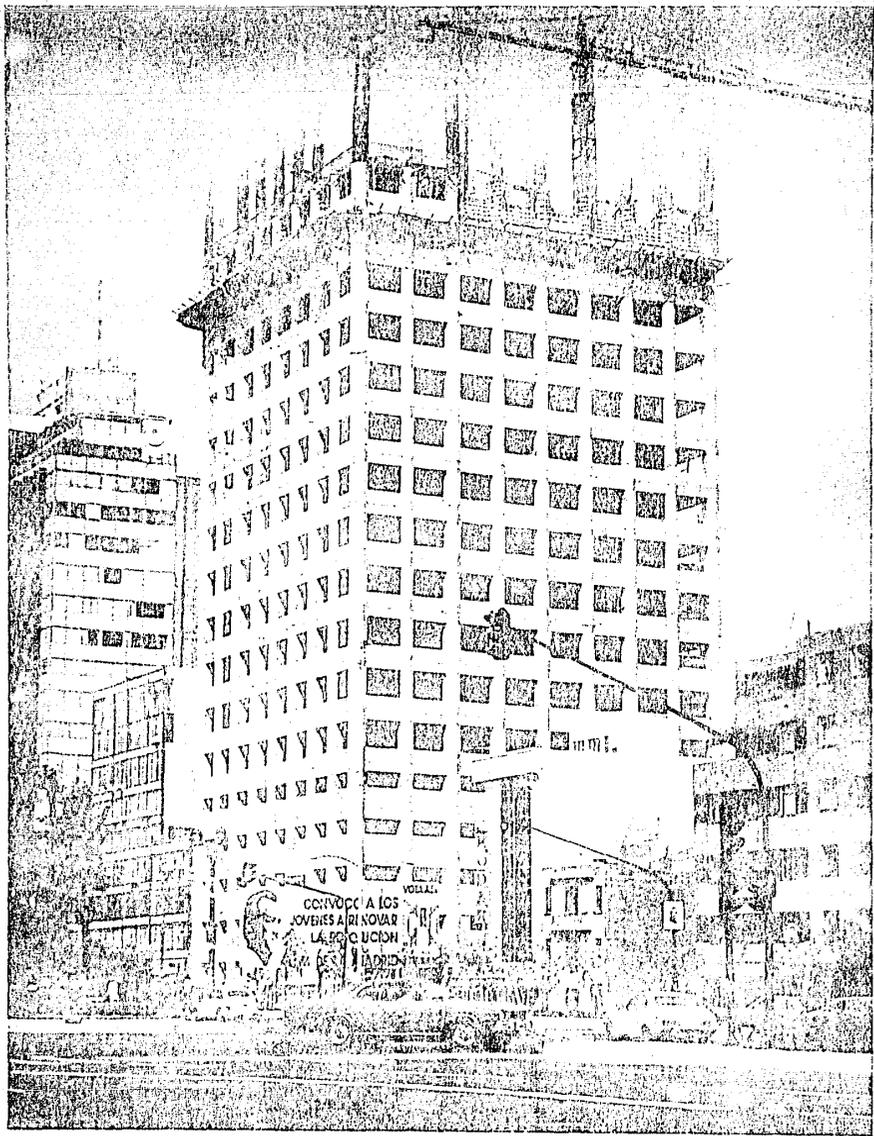
♦ LOSA SPANCRETE  
♦ LOSA DOBLE "T"

I.I.I.- ENTREPISOS DE  
CONCRETO ARMADO.

Introducción.- La importancia del concreto es básica en la producción de los entrepisos, ya que siempre se encuentra presente en la fabricación de los mismos, ya sea -- concreto colado en obra, o elaborado fuera de la misma y posteriormente llevado como pre fabricado, precolado, o preesforzado.

Definición.- Los entrepisos de concreto - armado están compuestos por dos materiales diferentes: concreto y acero; que a pesar de tener diferente módulo de elasticidad, - trabajan como un elemento único, con capacidad para tomar esfuerzos de tensión y -- compresión que se producen en las diferentes secciones constituidas por losas y --- traveses que forman un todo monolítico.

Definición de Losa.- Losa es todo aquel - elemento estructural, en el cual dos de -- sus dimensiones, prevalecen frente a una - tercera.



COMPONENTES DE LOS  
ENTREPISOS DE CONCRETO  
ARMADO.

Componente base.- Son los elementos y materiales característicos del cuál está compuesto el entrepiso, que en este caso particular son el concreto, y el acero de de refuerzo.

Componente Estructural.- Está formado por los Sub componentes estructurales encargados de transmitir las cargas estáticas y -- dinámicas del entrepiso, dichos sub-componentes estructurales, son las trabes principales y secundarias; es importante señalar, que estos sub componentes, tienen una rigidez mucho mayor a la torsión, que la -- losa del entrepiso, y son determinantes -- para rigidizar la estructura cuando se -- presenta el sismo.

Componente Piso.- Este componente reviste una importancia especial en este tipo de -- entrepiso, sobre todo cuándo la superficie de concreto es la que queda directamente -- expuesta al desgaste, en cuyo caso deberan seguirse cuidadosamente las especificaciones de elaboración del concreto; ya, que --

de la calidad de éste, y el control de elaboración del mismo, depende en gran parte, un acabado que evite problemas de descascamiento de la superficie del concreto, así como el desprendimiento de polvo; ambos casos son frecuentes, cuando el pavimento está formado por concreto en el lecho superior del entrepiso.

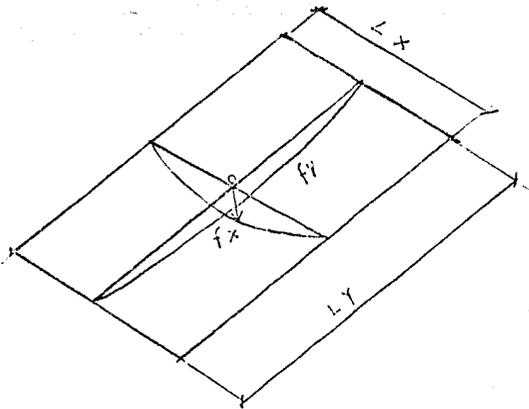
Componente Plafón.- Mucho depende del género del edificio, el uso de un falso plafón, hay que considerar que en este tipo de entrepiso el espesor de la losa es reducido ( recordando que recibe el nombre de Losa de 0.10, porque es el espesor óptimo con que trabaja ) por lo que fácilmente se transmite la temperatura, así como el ruido y las vibraciones.

Entre Eje Tipo.- El claro a salvar en este tipo de entrepisos tiene restricciones, pues además de considerar la distancia entre los apoyos, hay que tomar en cuenta que los espesores de losas no de-

ben ser menores a ciertos valores mínimos por razones de deformabilidad, a fin de que las flechas que se produzcan en estado de servicio, no superen determinados límites. Por otra parte el espesor de la losa tiene otras funciones tanto estructurales como térmicas y acústicas;

Forma de Trabajo.- Hablando específicamente de los entrepisos de concreto armado para edificios altos, se puede afirmar, que es posible salvar claros relativamente grandes; pero resultan inconvenientes, debido al peso muerto de la losa.

Desde el punto de vista estructural, por su forma de trabajo, los entrepisos de concreto armado se dividen en losas perimetrales, y losas simplemente apoyadas; esto quiere decir que a menor longitud de lado, mayor curvatura y en consecuencia, mayor momento correspondiente a esa dirección, en virtud de que las cargas actúan en una dirección normal al plano medio de la losa



$f_x$  deformación en el sentido  $x$

$f_y$  deformación en el sentido  $y$

si  $\rho$  : radio de curvatura

$\rho_x$ : radio de curvatura en la dirección  $x$

$\rho_y$ : radio de curvatura en la dirección  $y$

$$\rho_x < \rho_y$$

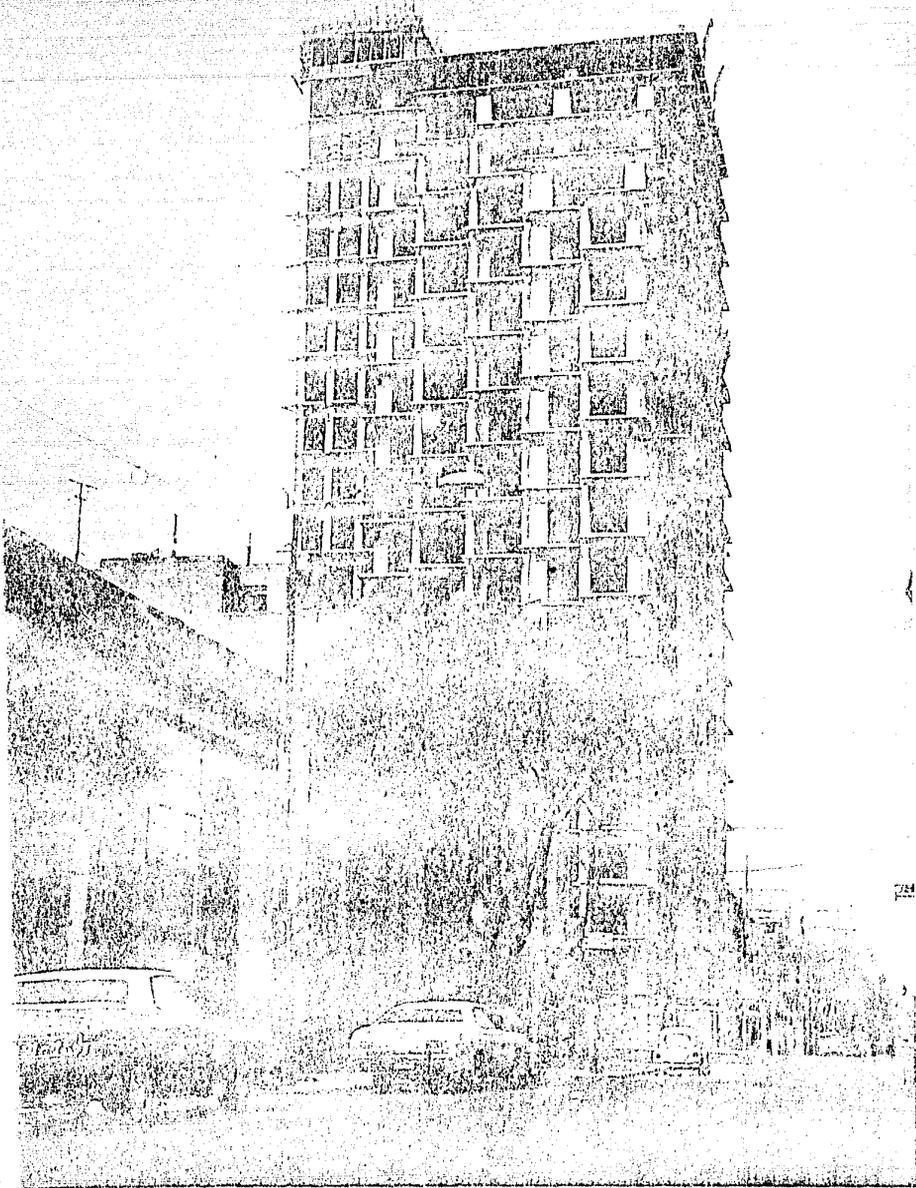
El esfuerzo cortante, en este tipo de --  
entrepiso, es un punto crítico, ya que, -  
debido al poco espesor de la losa, no --  
pueden integrarse capiteles para absor--  
ber el cortante máximo que se presenta -  
en esa unión, por lo que se hace necesari--  
o recurrir a las vigas de las estructu--  
ras porticadas, para localizar los apo--  
yos en el cruzamiento de las trabes, con  
el fin de que sean éstos elementos los -  
que absorban éste tipo de esfuerzo apro--  
vechando el criterio estructural para --  
este tipo de entrepisos, que recomienda--  
trabes peraltadas para rigidizar la ---  
estructura.

La forma de trabajo del entrepiso es mon--  
olítica y, resulta conveniente dar contin--  
uidad a las losas ya que esto mejora--  
la forma de trabajo sobre todo cuando se  
presenta el sismo, además la continuidad  
también favorece el comportamiento del -  
entrepiso en caso de incendio.

I.1.2.- ENTREPISOS  
RETICULARES  
ALIGERADOS

Definición.- Los entrepisos reticulares - aligerados, eliminan los bloques de barro o cemento, debido al uso de casetones para -- cimbra, fabricados en plástico reforzado -- con fibra de vidrio, o bién, bloques unicel fabricados a base de poliestiereno. Estos - casetones y bloques, permiten eliminar el - concreto en el lecho bajo de la losa, --- ( que es la parte que no trabaja ) dejando sólo las nervaduras en ambos sentidos, formando una rtícula, que deja ver los huecos en la parte inferior de la losa; debido a - esta vista que presenta, se le llama tam--- bién losa de Waffle.

Componente Base.- El componente base en -- estos entrepisos aligerados es el concreto-armado, ya que tanto los casetones como los bloques de poliestireno, son únicamente el molde que permite dar la forma característi ca de este tipo de entrepiso; y aunque es-- tos moldes son de diferente material, el -- entrepiso prácticamente es el mismo en ---



cuanto a propiedades, y forma de trabajo. Tanto los bloques de poliestireno expandido, como los casetones de plástico reforzado, permiten combinaciones, para hacer los ajustes necesarios al entrepiso, tanto en altura, como en el ancho de --- de tablero y nervaduras; las medidas de los bloques de poliestireno, son de --- 40 x 40, 50 x 50, y 60 x 50 cms. de -- base; y alturas de 25, 30 y 45 cms. -- Los Casetones de plástico reforzado, se fabrican en medidas de 72 x 72 cms. de base, y alturas de 30, 35, 40 y 45 cms., además, existen medios casetones de --- plástico reforzado, en tanto que el bloque de poliestireno, puede cortarse a la medida deseada.

El concreto que se utiliza para el colado de este tipo de entrepisos, es de una resistencia de 140 Kgs/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Componente estructural.- El componente estructural de estos entrepisos, esta --

compuesto, por los siguientes subcomponentes estructurales: Capitel, Trabes, Trabe de Borde, y Nervaduras.

Capitel.- Al igual que el entrepiso reticular celular, y otro tipo de losas aligeradas, es en esta zona donde se presentan los máximos esfuerzos, sobre todo el cortante, y los esfuerzos producidos por empujes horizontales del sismo; razón por la cuál, se requiere en esta zona, un -- macizo de concreto doblemente armado, y - en ambos sentidos, con anclaje a la columna, a fin de formar, un elemento estructural monolítico, entre la losa y columna.

Trabe.- Debido a que este tipo de entrepiso, posee una ligereza superior, a la mayoría de los entrepisos de espesor uniforme, en muchos casos, se eliminan las trabes de los tableros, quedando únicamente, las nervaduras, para la transmisión de las cargas estáticas y dinámicas; esto puede lograrse, ya que las nervaduras trabajan como -

vigas doble "T" y a la flexibilidad del procedimiento constructivo, para variar la sección de las mismas

Trabe de borde.- La trabe de borde para los entrepisos reticulares aligerados, está sujeta en parte, a las normas de proyecto; ya que, por tratarse de elementos estructurales, es posible dejar anclajes en la cabeza de las nervaduras, para poder recibir posteriormente, elementos de fachadas precoladas; asimismo, es factible rematar el extremo de la losa, con una nervadura transversal; recomendándose en tal caso, un especial cuidado, en la cimbra del cachete externo, cuando se requiera un acabado de concreto aparente; además se cuenta con la ventaja, de que en este tipo de entrepisos, no se presentan las deformaciones lineales, que son comunes, en los remates de los entrepisos de concreto armado y en los cuáles, hay que reforzar los extremos de la losa, con

acero longitudinal.

Nervaduras.- Estos componentes estructurales, presentan la característica, de que trabajan en forma monolítica con el lecho superior del entrepiso, cuyo armado está al acero estructural de las nervaduras, formándose de esta manera vigas doble "T".

Capa de Compresión.- Para los entrepisos reticulares aligerados, la capa de compresión, deja de ser opcional, ya que, esta capa la constituyen tanto los remates superiores de las nervaduras que trabajan como viga "T" como el pavimento del nivel superior que es como un colado integral, donde no existe la junta fría horizontal, esto, tiene la ventaja, de variar el espesor de la capa, en función de los requerimientos estructurales particulares de cada entrepiso; razón por la cuál, la relación de la sección de nervaduras con la capa de compresión, queda sujeta a las condiciones del diseño estructural del entrepiso; siempre y cuando, el

peralte de las nervaduras, no sea mayor que tres veces el ancho de las mismas. Componente Piso.- La base del pavimento, es la propia losa sobre la cuál puede colocarse tanto el acabado inicial, como el acabado final, no existen limitaciones en cuándo al uso de materiales para pavimentos; sin embargo, cuándo el acabado, que vaya a ser usado como superficie de desgaste, se cuele monolíticamente con la losa estructural de edificios de bodega o de tipo industrial, el espesor del concreto sobre los aligerados, será 1.3 cms. mayor, que el espesor usado para propósitos de diseño.

Componente plafón.- Este tipo de entrepisos, elimina en la mayor parte de las veces al falso plafón; excepto, cuándo las condicionantes de uso lo requieran, en cuyo caso, se deben de proveer, los anclajes necesarios; sobre todo, cuándo el elemento sustentante, va a estar, -

suspendido del entrepiso; pues en este tipo de losa, todos sus componentes, tienen una función estructural, por lo que, es recomendable, usar un plafón, cuyos elementos sustentantes, se apoyen sobre muros.

Entre eje tipo.- El claro a salvar, está en función del peralte de las nervaduras, así también, como de la continuidad de la losa y los volados de la misma.

Dado que este entrepiso, es muy ligero y tiene además, gran capacidad de carga, pueden librarse claros, hasta de 12.00 m. x 12.00 m; inclusive, cuándo estos entrepisos, funcionan como estacionamientos.

Forma de trabajo.- Las nervaduras, forman la retícula del entrepiso y son, la estructura del soporte del mismo, formando con la capa superior de concreto, un elemento monolítico, que distribuye la concentración de las cargas, a un área mayor de trabajo.

La separación de las nervaduras, tratándo

se de entrepisos colocados en casetones -- de plastico reforzado, esta sujeta al tamaño de los mismos; en tanto que, la separación de las nervaduras, coladas sobre bloques de poliestireno expandido, pueden -- variarse, en forma convencional, de acuerdo al tamaño en que se corte el bloque; -- considerandose, que en estos entrepisos, -- al igual que en el reticular celular, al hacerse mas grande la sección, de una de las nervaduras, se incrementa su capacidad de carga, y toma una carga mayor proporcional, al de las nervaduras vecinas -- con menor sección, lo cuál permite al entrepiso, no alterar sus condiciones de -- estabilidad; sin embargo, esa separación, no debe exceder de un máximo de 75cms, -- que es la distancia marcada por el A.C.I.

Forma de Trabajo.- Este tipo de entrepiso, es esencialmente continuo, en contraste -- con las estructuras metálicas, y los en--

trepisos prefabricados; razón por la cuál, conviene dar volados, ya que esto produce un momento negativo, que favorece a la -- losa, sobre todo, cuando se tienen concen -- traciones.

Dé carga, ya de que ademas, de que éstas se reparten en una área grande, y en diferentes direcciones, el momento positivo, -- se disminuye con el volado; con esto también se logra, que tanto los esfuerzos de flexión, como de corte, se distribuyan en -- áreas grandes.

El criterio de cálculo de este tipo de -- entrepisos, debe ser de acuerdo a los esfuerzos máximos; por lo que, puede aprovecharse casi a la totalidad, la capacidad -- resistente de la losa.

En este tipo de entrepiso, debe cuidarse, -- de que no exista excentricidad entre las -- resultantes de cargas estáticas y reacción de equilibrio; esto es, que no exista un -- desfaseamiento mayor a 1.00 m, ya que, --

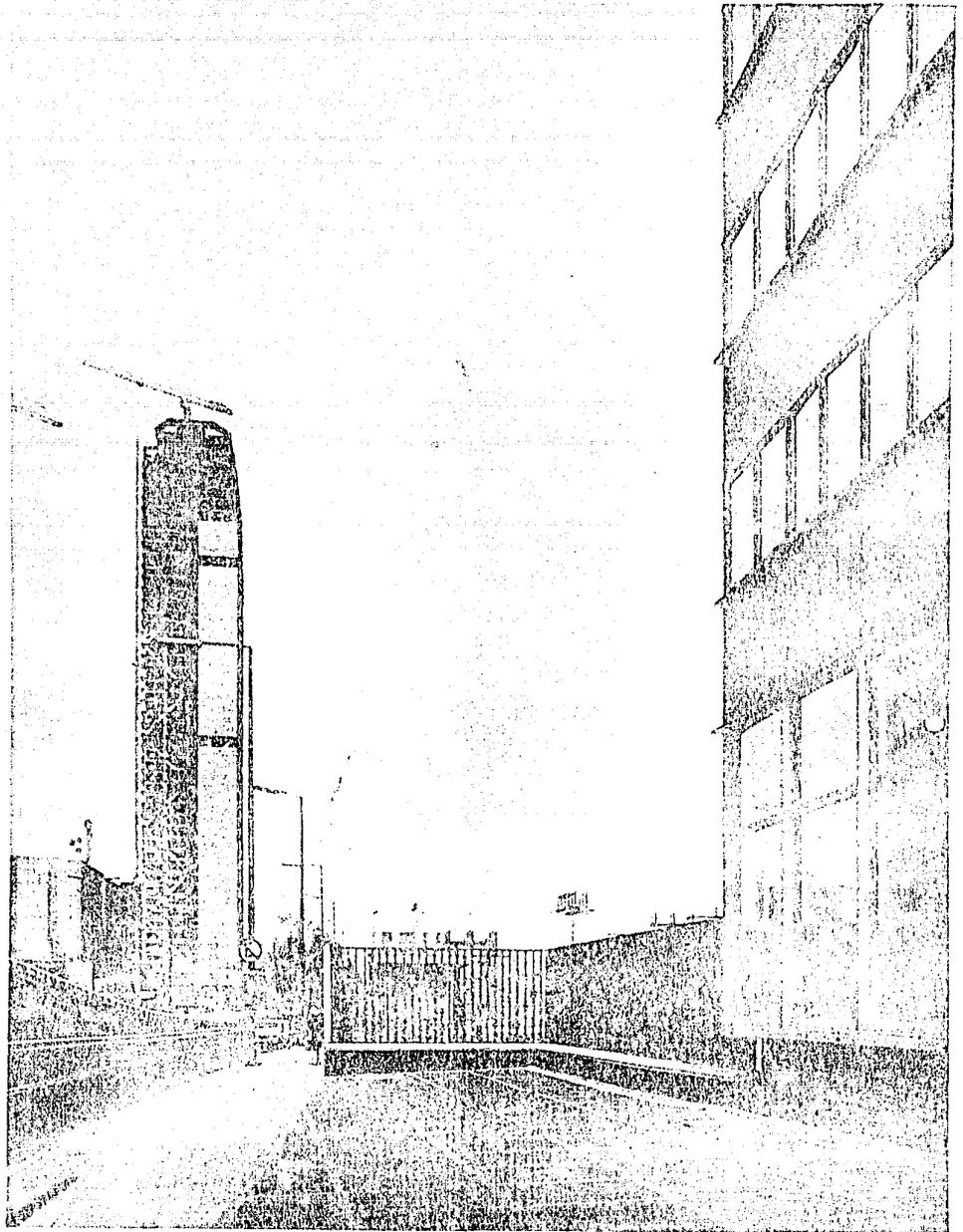
esta excentricidad, ocasionará fallas ---  
debido a que es un entrepiso muy flexible;  
por lo que, se recomienda, de que en caso  
de desfaseamiento, se corrija esta anomalía.

I.2.- ENTREPISOS CON  
COMPONENTES  
ESTRUCTURALES  
METALICOS.

I.2.1.- ENTREPISO ROMSA

Definición.- Este tipo de entrepiso, está formado por láminas de acero rolado - en frío, galvanizadas de calibre variable, con indentaciones y relieves, hechos en las caras horizontales y verticales, para lograr la unión mecánica, del acero y el concreto; las indentaciones - se definen como áreas de metal, en las - cuáles penetra el concreto, y los relieves como áreas de metal, que entran en - la masa del concreto.

Componente base.- El componente base de los entrepisos Romsa, está formado, por la combinación de los subcomponentes, lámina de acero y concreto; que al unirse - mecánicamente, forman un sólo elemento - de comportamiento variable, de acuerdo - al calibre de la lámina, claro a cubrir, y espesor de la capa de concreto.



Componente estructural.- Está formado por los siguientes subcomponentes.

Losacero, conectores, largueros y vigas principales.

Losacero.- Además de servir de molde al concreto, tiene una función estructural, ya que trabaja en forma similar a una viga, y éste trabajo puede modificarse, para hacer que trabaje como una viga compuesta, integrando la lámina tanto a la viga de acero, como a los conectores, por medio de soldadura, para que la sección compuesta así formada, se una mecánicamente al concreto, a través de indentaciones y relieves.

Conectores.- Tienen una doble función, sirven para tomar el esfuerzo cortante, que se presenta en los extremos de la lámina, cuando ésta se encuentra colada y en servicio; y además, sirven para formar la sección compuesta, al integrar la viga con la losacero y el concreto.

Largueros.- Cuando quedan integrados al entrepiso a través de los conectores, -- forman la sección compuesta y trabajan -- como parte integral del entrepiso, en -- cuyo caso, es posible reducir la sección de las vigas, ya que, puede eliminarse -- hasta un 40% en el peso del acero; cuando estos largueros, no estan integrados -- al entrepiso, forman parte de una estruc -- tura convencional, y su función se redu -- ce, a transmitir las cargas a las vigas -- principales; sin embargo algunas veces -- se les emplea para contraventear la es -- tructura horizontalmente.

Vigas Principales.- Debido a que éste -- tipo de entrepiso es metálico, y la --- unión mas efectiva del mismo, a los lar -- gueros, es a base de soldadura; las vi -- gas principales generalmente son parte -- de una estructura de acero; cuyo compor -- tamiento al sismo, ha sido determinado -- de antemano; sin embargo, es factible --

utilizar este tipo de entrepiso, cuando -- los apoyos son a base de concreto armado; en cuyo caso, es recomendable, que las -- vigas principales, esten formadas por --- armaduras metálicas en ambos sentidos, -- para rigidizar el edificio; y sean un --- auxiliar valioso del entrepiso, cuando se presenten los esfuerzos dinámicos en la -- estructuras.

Componente Piso.- El concreto colado so -- bre la Lámina de acero, además de ser un -- elemento de compresión, rellena los cana -- les, y proporciona una superficie, que -- puede ser usada como base del pavimento; siendo recomendable, que el acabado final del mismo, tenga una colocación en seco; ya que la filtración de agua en este tipo de entrepisos, es un problema de difícil -- solución.

Componente Plafón.- Dadas las caracterís -- ticas de éste tipo de entrepiso, el plafón, es un componente necesario, por requeri---

mientos de protección térmica, acústica y de acabados; debido a que este componente, protege a la lámina en caso de incendio. En cuanto a la vista inferior de la losa, ésta necesita cubrirse, para evitar remates visuales desagradables, de instalaciones y láminas.

Entre Eje Tipo.- En este tipo de entrepiso, el entre eje depende de los largueros y armaduras de acero, lo cuál significa, que se pueden proyectar grandes claros con este entrepiso, ya que éstos elementos, son los que realmente darán el libramiento entre columnas, dado que el claro de la lámina, es limitado, y va desde 1.80 m, hasta 5.80m; considerándose que es entre la primera longitud, hasta la de 3.00 m, dónde tiene las mayores aplicaciones, como entrepiso para edificios altos; ya que dentro de éste rango, se cubren prácticamente los requerimientos de carga,

señalados en el reglamento de construcciones, con excepción de, las láminas calibre 22, con un claro mayor de 2.60 m.

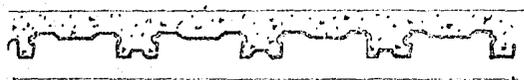
Forma de trabajo.- Es recomendable, usar láminas de diferentes longitudes sobre tres o más apoyos, para evitar la continuidad en las juntas, y lograr mayor rigidez. La forma de trabajo de la lámina cuando está unida a la viga por medio de conectores, es similar al de una viga de acero compuesta.

Sección Compuesta.- Para ayudar a tomar el esfuerzo cortante, se sueldan los conectores metálicos a las vigas de acero, en los extremos de las láminas, logrando de esta manera, la unión entre la viga, la lámina de acero, y el concreto, con el fin de lograr, un monolitismo entre la estructura y el entrepiso metálico; y al mismo tiempo; incrementar la resistencia de la sección del acero, ya que, dichos conectores, trabajan como una extensión estructural

# DOS TIPOS DE LOSACERO

## SECCION COMUN

15.24 cm



5 e 10 cm

5.01 cm

60.96 cm

## CORTES TRANSVERSALES

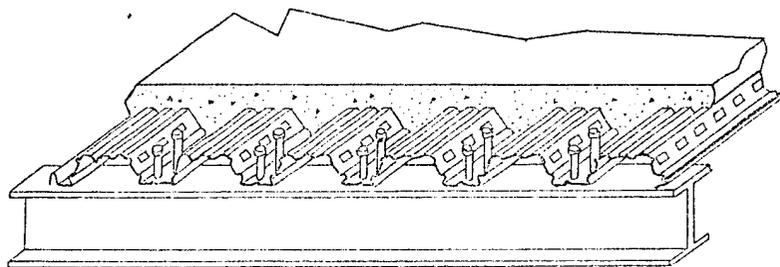
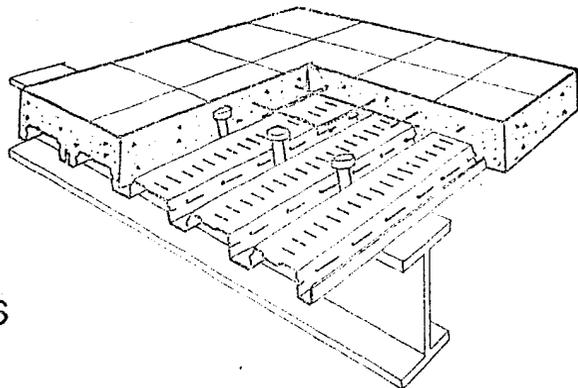
### SECCION - 99



6.2 cm

67.5 cm

DOS TIPOS  
DE  
LOSA CERO



SECCION - 99

de la vigueta.

Por la especificación, se indica que los conectores, deberán tener como mínimo un recubrimiento de concreto, de 25 mm. en todas las direcciones.

La capacidad de los conectores para tomar el esfuerzo cortante, está en relación directa con la longitud del perno, el diámetro del mismo, y la fatiga del concreto.

TIPO	DIMENSIONES		CAPACIDAD AL CORTANTE ( EN TONS )		
	Longitud	diámetro	$f'c=200$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	$f'c=230$ Kg/cm <sup>2</sup> .
Perno con cabeza	51 m m.	13 m m.	2.2 Tons.	2.3 Tons.	2.7 Tons.
Perno con cabeza	64 m m.	16 m m.	3.4 Tons.	3.6 Tons.	4.2 Tons.
Perno con cabeza	76 m m.	19 m m.	4.9 Tons.	5.2 Tons.	6.0 Tons.
Perno con cabeza	90 m m.	22 m m.	6.8 Tons.	7.1 Tons.	8.2 Tons.

T A B L A D E C O N E C T O R E S D E C O R T A N T E

En cuanto a su comportamiento sísmico, hay que señalar, que su trabajo como diafragma es deficiente comparativamente con otros entrepisos, ya que, no existe la continuidad del elemento, en virtud, de que el diseño estructural del mismo, es como una viga autoportante. Sin embargo, el procedimiento constructivo, admite la posibilidad del refuerzo adicional, por medio de varillas corrugas en ambos sentidos soldadas a la lámina, para mejorar el comportamiento de la sección; para lo cual, se utiliza el acanalado de la lámina, como refuerzo por momento positivo, y perpendicularmente a estas canales, se refuerza con varillas de acero corrugado.

Para el refuerzo por continuidad sobre los apoyos de las vigas, se colocan bastones, formados por varilla corrugada, en el lecho bajo de los canales de la lámina.

Este entrepiso tiene a su favor, un menor peso propio que la losa convencional, debido a que elimina hasta un 33% del porcentaje del concreto; Esto da por resultado una menor inercia cuando se presenta el sismo, debido a que es menor el peso de las masas en movimiento; lo que, disminuye el efecto de las fuerzas horizontales.

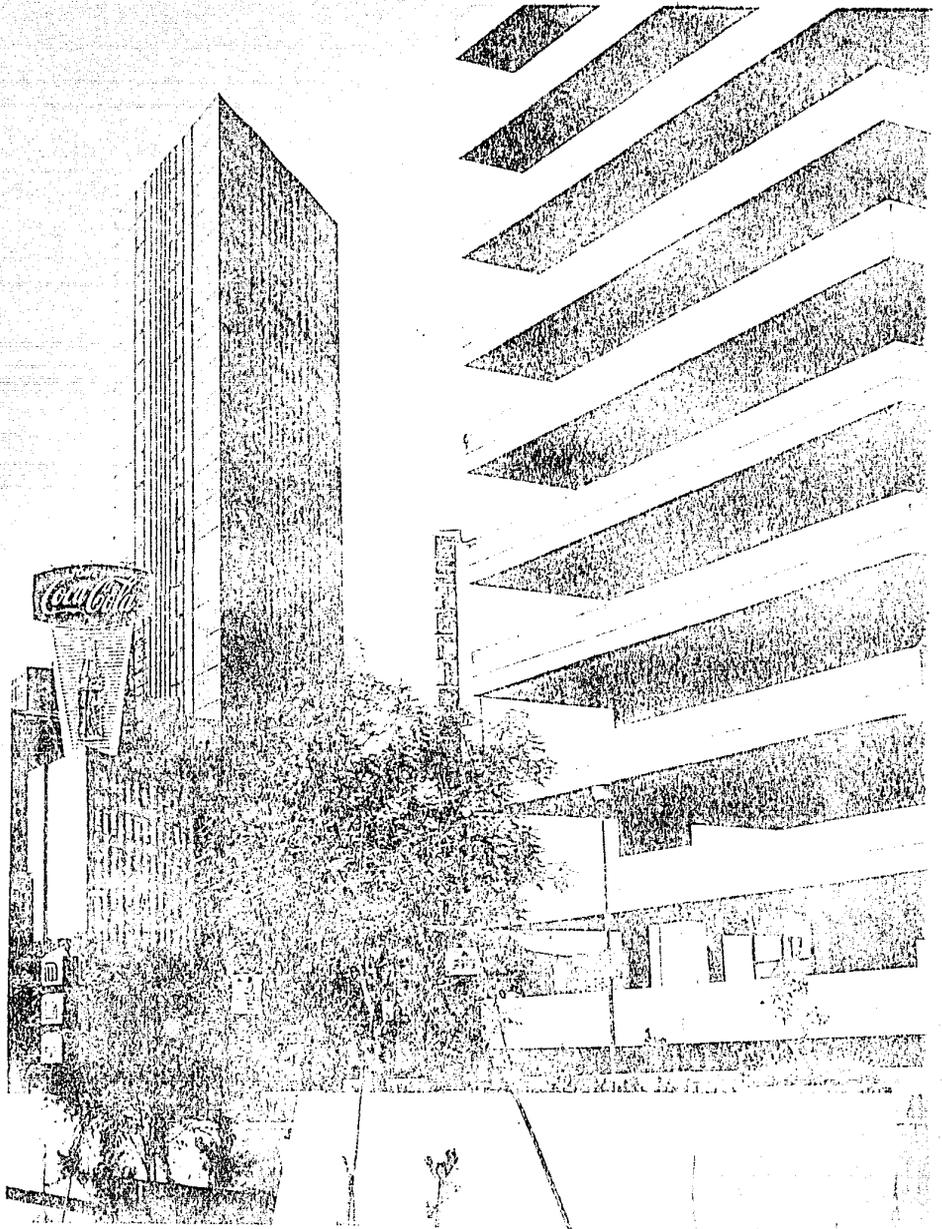
En virtud de que este entrepiso, es cimbra y armado a la vez, debe colocarse una malla por temperatura, al centro del espesor de la capa de concreto.

#### 1.2.2.- TRIDILOSA

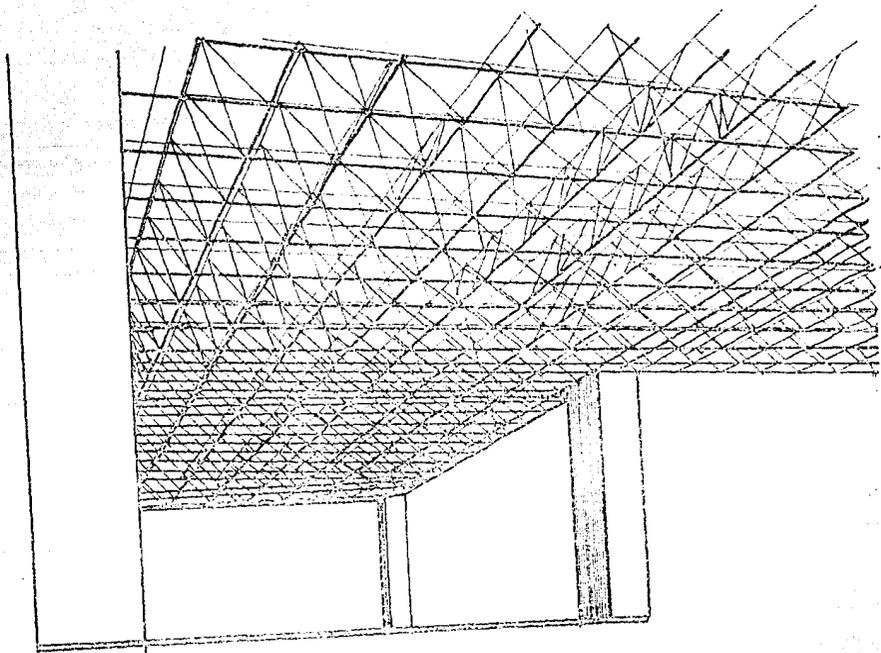
Definición.- La tridilosa, es una estructura compuesta por dos emparrillados para los, formados por elementos de acero -- (barras o varillas), separados por una -- distancia vertical, determinada por el -- cálculo, y ligados entre sí, por barras - diagonales, formando pirámides rectangulares contiguas, con vértices alternados, - hacia arriba y abajo, formando un conjunto de elementos axiales en el espacio.

Componente Base.- El componente base de este entrepiso, son las pirámides formadas por las diagonales, que unen a los -- dos emparrillados; esta característica -- tridimensional de la estructura, fué el - motivo para que se le designara, con el - nombre de tridilosa.

Componente estructura.- Está formado por los siguientes sub componentes: parrilla superior, parrilla inferior, barras ---



TRIDILOSA



diagonales, atiesadores, y capas de concreto.

Parrillas.- Tanto la parrilla superior, como la inferior, están diseñadas para tomar los esfuerzos de tracción, provocados por las cargas, tanto verticales como horizontales.

Barras diagonales.- Son las que unen las dos parrillas de la tridilosa, formando las pirámides; el peralte de estas diagonales está, determinado por el diseño estructural. Estas barras diagonales, son las que toman el esfuerzo cortante, y además, transmiten los esfuerzos de las capas de concreto, tanto superior como inferior.

Atiesadores.- Constituyen el armado ortogonal en el lecho superior de la tridilosa, uniendo los vértices de las pirámides en ambos sentidos, para rigidizar la estructura y evitar las deformaciones de la misma, sobre todo cuando se efectúa

el montaje del entrepiso, por medio de plumas, o de grúas.

Capa de concreto.- Ambas capas de concreto, tanto la superior, como la inferior, tienen la función de tomar los esfuerzos de compresión, que se producen en el entrepiso, e incrementan notablemente, la capacidad de carga de la tridilosa. La capa inferior de concreto, que se coloca alrededor de las columnas, disminuye, considerablemente, el esfuerzo cortante en las barras diagonales.

Componente piso.- La base del pavimento, está formada, por la capa superior de concreto; y prácticamente, no existen restricciones, en cuanto al acabado final.

Componente plafón.- En este tipo de entrepiso, se hace necesario, el uso del plafón; principalmente, por razones de protección, a la estructura de acero en caso de incendio; además, el plafón es necesario, para evitar vistas de instalaciones, así como, para mejorar las condiciones, térmicas y acústicas -

de la losa.

En la colocación del plafón, se eliminan canaletas y soportes, ya que, éste puede sujetarse, directamente a la estructura de la tridilosa. Sin embargo, muchas veces se hace necesario colocar una capa de concreto, en el lecho inferior de la tridilosa, sobre todo, en las zonas donde se presentan los momentos negativos por columnas; cuando esto sucede, se presenta el problema de unión, entre el plafón y la losa inferior de concreto.

#### ENTRE EJE TIPO.

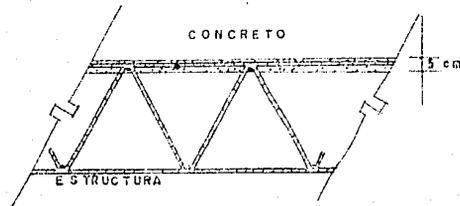
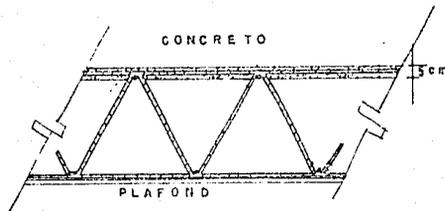
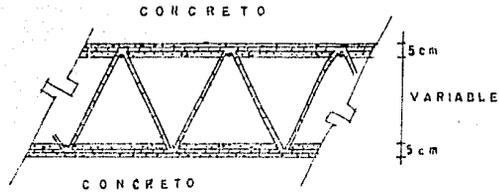
Por ser una estructura hiperestática, es posible salvar grandes claros, sobre todo cuando la altura del edificio aumenta, -- tenemos que considerar que en la tridilosa, al igual que en los demás entrepisos; existe una relación entre el claro a cubrir, la capacidad de carga, y la altura del entrepiso; siendo precisamente ésta última, la restricción mas importante, ya

que, cuando se tienen cargas de 500 kgs/M<sup>2</sup> con entre ejes de 15.00 m. de claro -- se incrementa considerablemente el peralte de la tridilosa, llegando a ser de -- 90 centímetros o más, lo cuál significa, que la altura del edificio aumente notablemente.

Debido a lo anterior, y dado que existe una relación, entre el peralte de la tridilosa y la sección de las barras diagonales, es posible utilizar este entrepiso, siempre y cuando el claro entre columna, no exceda de los 8.00 m. FORMA DE TRABAJO.

En éste entrepiso, el trabajo de los materiales está optimizado, ya que el concreto, va colocado en las zonas, donde existen esfuerzos de compresión, y el acero, donde se encuentran los esfuerzos tensión; esto hace posible, tener una reducción de peso, hasta de un 50%, comparativamente con los entrepisos de concreto armado.

# COMBINACION DE TRIDILOSA



pebido a que éste entrepiso es hiperestático, al ocurrir un aumento de solicitaciones, se efectúa una redistribución de esfuerzos, en forma no concurrente ni -- paralela, razón por la cuál es difícil, -- que lleguen a su máximo, la flexión y la torsión; en cuanto al esfuerzo cortante, éste es tomado por las barras diagonales que generalmente se encuentran sobradas en capacidad de absorción de esfuerzos, -- al grado de que muchas veces se llegan a eliminar para dejar paso libre a ductos de instalación.

En este tipo de entrepisos, los espesores de losa, tanto superior como inferior, permanecen constantes ya que cuando se incrementan los esfuerzos del -- entrepiso, ya sea por cubrir un claro -- mayor, o bien por aumentar la capacidad de carga de la estructura lo que se incrementa es el peralte, o sea la distancia vertical entre los emparrillados, o bien, la sección de los elementos estruc-

turales, o ambos según lo indique el criterio de cálculo.

La función de la capa de concreto, es de vital importancia para hacer mas eficiente el trabajo del acero, debido a lo cuál es recomendable usar un concreto con un f'c. de 210 Kgs/cm<sup>2</sup> con un espesor variable de 5 a 8 cms.

Este entrepiso ha mostrado un excelente comportamiento a los esfuerzos laterales producidos por los mismos.

Deformaciones por carga.- Diferentes pruebas se han efectuado, para determinar las flechas producidas, bajo diferentes condiciones de carga; observándose, que después de descargar las losas hubo una recuperación de la forma original, lo cual demuestra un comportamiento elástico dentro de ciertos valores de carga.

I.3.- ENTREPISOS CON  
COMPONENTES  
ESTRUCTURALES  
PRECOLADOS

I.3.1.- SIPOREX

Definición.- Siporex es un concreto ligero, que se surte en forma de losas reforzadas y prefabricadas. Se fabrica con cemento, arena finamente molida, agentes químicos adicionales y acero de refuerzo. La técnica empleada para aligerar el concreto, es un tratamiento con vapor, a temperatura y presión elevadas, con el cual se termina el proceso de fabricación dando por resultado, la formación de silicato monocálcico, compuesto químico que produce un desprendimiento de gas, que ocasiona la formación de celdas aisladas; y además, proporciona resistencia mecánica al material; así como estabilidad dimensional.

La forma de las losas es rectangular, con longitudes y espesores variables, con un ancho standar de 0.50 mts. que puede variarse de acuerdo a requerimientos especiales de diseño, pero tomando como restricción que en ningún caso el ancho de la losa puede ser menor de 20 cms.

Componente base.- El componente base de éste tipo de entrepiso, son las tabletas precoladas de concreto armado.

Componente estructural.- Está formado por los siguientes subcomponentes estructurales: tableta Siporex, largueros, y vigas principales.

Tableta Siporex.- Las tabletas siporex para entrepiso, están diseñadas como vigas simplemente apoyadas, razón por la cuál, tienen en su interior, un armado para resistir esfuerzos tanto de tensión como de compresión; este armado está compuesto por varillas longitudinales soldadas a bastones transversales y está protegido con una capa de anticorrosivo especial, de cemento y latex.

Largueros.- Son los elementos encargados de recibir las tabletas y transmitir las cargas estáticas a las vigas; además, como la capacidad de éste entrepiso para tomar los esfuerzos producidos por las cargas laterales es defini-

ciente, hay ocasiones en que estos largueros son utilizados para contraventear la estructura en el sentido horizontal.

Vigas principales.- Debido a las condiciones de diseño sísmico que impone la estructuración de un edificio alto, cuando el trabajo del entrepiso no satisface plenamente la transmisión de los esfuerzos horizontales, debemos considerar que serán precisamente las vigas principales, las encargadas de transmitir las cargas dinámicas a las columnas, razón por la cuál, si se utiliza el entrepiso siporex, lo mas indicado es que estos elementos estructurales sean de acero.

Componente piso.- La naturaleza de este material requiere que se le proteja contra el intemperismo, así como de la abrasión; razón por la cuál no deben dejarse las losas como un acabado final, recomendando se proteger la superficie con un firme y sobre éste colocar el piso definitivo. Cuando el pavimento final es de mosaico,

Loseta de granito o materiales similares, éstos se pueden colocar directamente sobre la losa; en ambos casos es indispensable mojar suficientemente las losas -- por la parte superior, antes de colar o aplicar el mortero, a fin de lograr una buena adherencia.

Componente plafón.- Cuando éste tipo de entrepiso es utilizado en edificios -- altos, no puede quedar aparente, en virtud de que sus elementos soportantes -- necesitan protegerse contra incendio -- tanto por la aplicación de materiales -- resistentes a las altas temperaturas como por la colocación de un falso plafón que retarde el paso del fuego tanto a -- la estructura, como al piso superior. Es recomendable que la estructura del -- plafón, sea independiente del entrepiso, para evitar tanto la perforación de las losas como un incremento de carga al -- entrepiso.

Entre Eje Tipo.- Aunque las losas para -- entrepiso Siporex, han sido diseñadas -- como vigas simplemente apoyadas, la longitud máxima de las mismas es limitada, -- sobre todo cuando la sobre carga de la -- losa es igual o mayor de 500 kgs/m<sup>2</sup>, lo cual da por resultado que el rango de -- longitud de losas, varíe de un mínimo de 1.25 m a un máximo de 2.75 m, pudiéndose incrementar el claro con losas de densidad de 0.65 y aumentando el peralte de -- las mismas, aunque lo mas probable es que un costo mayor no justifique un pequeño -- incremento de longitud. Por las razones -- anteriores, y además por la necesidad de -- contraventear horizontalmente la estructura cuando se utiliza éste entrepiso, el -- entre eje de la estructura está sujeto al -- cálculo y diseño de la misma; por lo que las losas siporex vienen a ser únicamente elementos modulares autorresistentes en la construcción del entrepiso.

Forma de trabajo.- La resistencia intrínseca de éste material a la compresión varía de -- acuerdo con su porosidad; sólido tiene una - resistencia de 1400 kgs/cm<sup>2</sup>, de lo anterior se deduce que la resistencia a la compresión está en relación directa con su densidad, -- tál como lo demuestra la siguiente tabla:

Densidad nominal	Resistencia a la compresión
0.4	>15 a 20 Kgs/cm <sup>2</sup> .
0.5	>25 a 30 " "
0.65	>40 a 45 " "

Al diseñarse las losas se consideran como simplemente apoyadas y con un apoyo de 5 centímetros en cada uno de sus extremos; siempre y cuando este apoyo sea sobre elementos estructurales de acero.

Estas losas tienen la ventaja de tener pocas dilataciones térmicas debido a que contienen silicato monocálcico, lo que ocasiona que el coeficiente de dilatación térmica se abata hasta 0.000008, valor que es menor al del concreto ordinario.

La flecha máxima que presentan éstas losas es igual a 1/360 del claro; y su factor de seguridad a la ruptura, es igual a 3 veces la sobre carga de diseño.

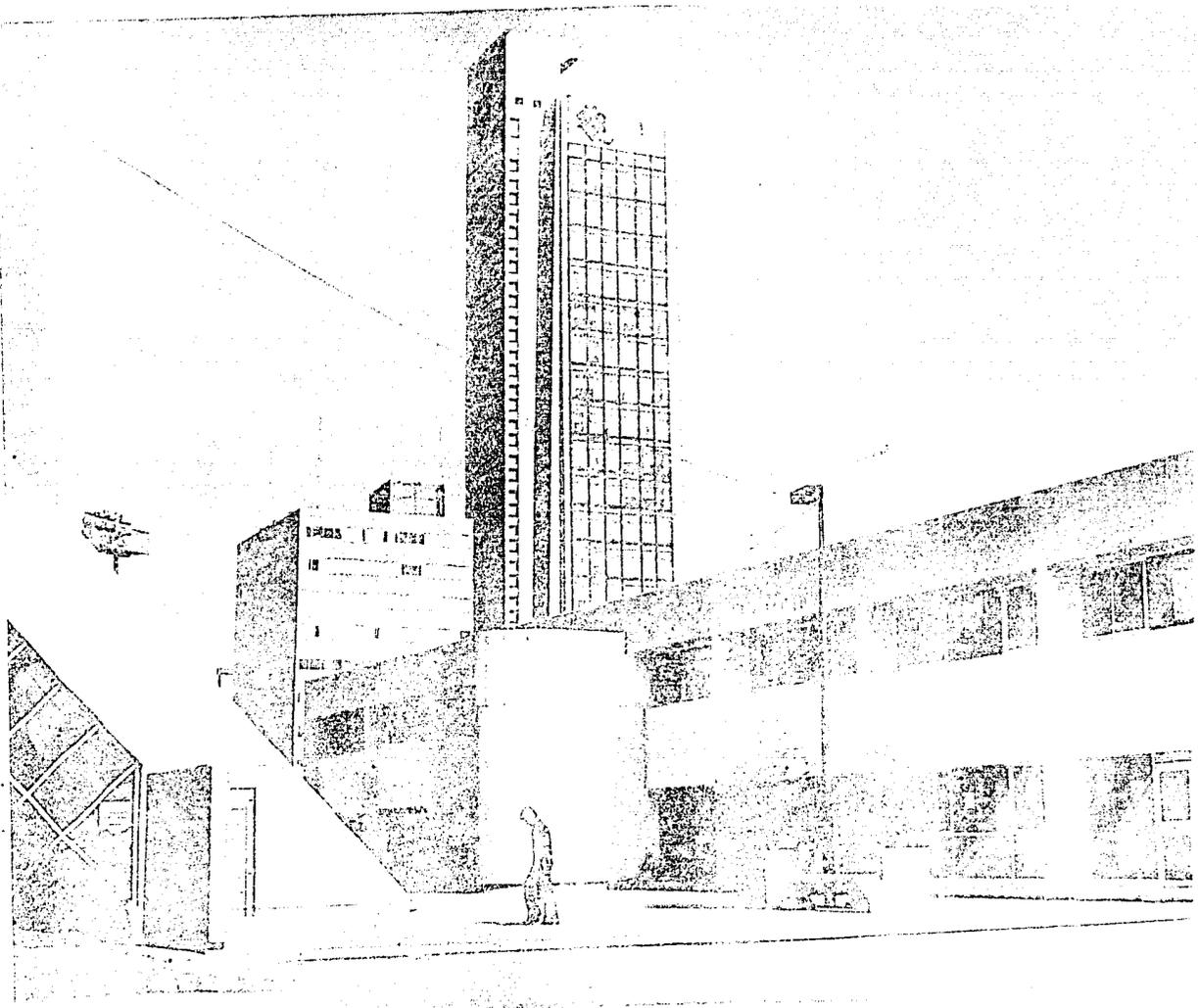
I.4 ENTREPISOS CON  
COMPONENTES  
ESTRUCTURALES  
PRECOLADOS Y  
PRESFORZADOS

I.4.1.- TRABES TT

Definición.- Las trabes TT son elementos estructurales de concreto presforzado -- prefabricado, que deben su nombre a las características geométricas de las vigas doble "T" que son elaboradas en planta - industrial, a base de concreto de alta - resistencia y acero de presfuerzo; vienen en cuatro peraltes nominales de 40, 50, 60 y 70 centímetros; en anchos de patín de 2.50 m. y en longitudes que varían - desde 6.00 m. hasta 24.00 m.

Componente base.- Está formado por los - siguientes subcomponentes: concreto de - alta resistencia  $f'c = 330 \text{ Kg/cm}^2$ , ace- ro de presfuerzo  $f_s = 18000 \text{ kg/cm}^2$ , --- acero de refuerzo  $f'y = 4000 \text{ kg/cm}^2$ , -- cemento normal tipo 1 y agregados naturales.

Componente piso.- Cuando las vigas TT -- son usadas para entepiso, es necesario vaciar en obra un firme de 5 centímetros de espesor, este firme incrementa la -- capacidad de carga útil en ciertos rangos



de longitud, sobre el mismo se pueden dar los acabados con alfombra, terrazo, mosaico, granito o materiales similares teniendo cuidado con las juntas de piso, sobre todo cuando los elementos estructurales se encuentren sujetos a flexión o contra flexión bajo cargas accidentales, o variaciones de temperatura.

Componente plafón.- El plafón en este tipo de entrepiso puede sujetarse de dos formas; la primera es perforando el patín de la losa por medio de taladros y colocando en dichas perforaciones dos soleras soldadas, una atravesada a la perforación que sirva de sujeción, y otra soldada a la anterior que sirva de sostén y desde la cuál pueda suspenderse al tirante para sostener el plafón. Es importante señalar que estas perforaciones no deben hacerse por impacto, ni tampoco se deben colocar taquetes

con pistola de aire, ya que esto produce estrellamiento en las zonas donde se practica.

La segunda forma de sostener el plafón consiste en mandar dejar preparaciones para pasos en la parte superior del eje neutro de los nervios de las vigas.

Estas perforaciones deben ser hechas en planta y para evitar la obturación de las mismas, se les protege con tubo duralón P.V.C.; Estas perforaciones son utilizadas para cruzar a través de ellas los elementos de sostén el plafón.

Este segundo procedimiento tiene la desventaja de hacer mas lento el proceso de producción, y además dejar alrededor de las perforaciones huellas de un colado deficiente.

Debido a que este entrepiso no es monolítico, existe el criterio de aumentar en el cálculo los factores de seguridad cuando se diseñan estos elementos; así

por ejemplo si para una viga empotrada - de concreto armado puede determinarse su momento flexionante mediante la fórmula  $w l^2$  , para un elemento semiprefabricado 12 presforzado se convierte en un --  $w l^2$  ; todo lo anterior produce el efecto de aumentar las secciones de - los elementos estructurales cuando se --- utilizan los presforzados, ello implica - que tanto las trabes como las columnas -- tienen una resistencia adicional.

Lo anterior marca el criterio de incrementar los peraltes de las trabes tanto portantes como rigidizantes, para absorber-- la carga dinámica producida por el sismo o viento; y al mismo tiempo diseñar una - serie de juntas en el entrepiso, algunas de ellas a base de conectores metálicos- y soldadura con el fin de rigidizar lo - mas posible el trabajo de la losa a los esfuerzos horizontales.

De acuerdo a lo anterior y considerando la capacidad de carga útil del entrepi--

so de acuerdo al claro y peralte de las vigas, se tiene un rango de utilización que va desde los 6.00 m. hasta los 14.00 m. con una variación en el peralte de -- los nervios de un mínimo de 40 hasta un-- máximo de 90 centímetros.

Forma de trabajo.- La transferencia del presfuerzo se realiza una vez que el concreto ha alcanzado su resistencia mínima-- especificada.

El concreto pretensado es flexible y elástico, caracterizándose por su capacidad -- de recuperación a las deformaciones debidas a fuertes cargas transitorias.

En éste entrepiso, debe cuidarse de que - no existan diferencias mayores de 10 mm.- en contraflechas en 2 piezas adyacentes,- diferencia que cuando existe debe corre-- girse previamente a su juntco.

Cuando las vigas TT se asocian con un -- firme de concreto  $f' c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ . de - 5 cm. de espesor armado con electromalla

66-66 o similar, el firme colabora dentro de ciertos límites con las vigas incrementando su capacidad de carga útil, en virtud de que el eje neutro se desplaza en dirección al firme.

La especificación de esta capa de compresión adicional a la losa prefabricada queda a juicio del calculista, pero la inclusión de la misma así como el junteo longitudinal, mejoran el comportamiento del entrepiso cuando se presentan las cargas dinámicas.

## C A P I T U L O     I I

### VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ELECCION DE ENTREPISOS.

#### II.1.- VARIABLES EXOGENAS.

El proceso de selección de los proyectos para los edificios altos construídos en la ciudad de México, obedece a factores-- muy complejos, ya que para la producción de este tipo de obras intervienen diferentes grupos, cada uno de los cuáles tienen un punto de vista preferente de acuerdo a los intereses que representan, todo -- esto se traduce muchas veces en opiniones encontradas y discusiones entre las cuáles el arquitecto se encuentra en la mitad de los debates y en muchos casos se ha terminado en experiencias amargas, por el desconocimiento de los intereses que motivan este tipo de edificios.

Si por una parte vemos al inversionista, este nos dirá que la concepción ideal de su edificio, será aquella que le ofrezca los mayores dividendos a su inversión y que por tal razón deja la toma de decisión a sus financieros, para que sean -- ellos quiénes determinen la relación --

entre la inversión, volúmen de obra y -- rentabilidad; lo cual resulta razonable-- desde el punto de vista económico, ya -- que existe una relación directa entre el costo del edificio y la altura del mismo; esto es por varias razones entre las que podemos señalar el costo de la estructura, el incremento de las circulaciones verticales, los recorridos de las instalaciones, así como los equipos necesarios para el funcionamiento de las mismas.

Por otra parte la constructora encargada de ejecutar la obra, pedirá al arquitecto libertad para que sus calculistas diseñen la estructura más adecuada en términos de rapidéz y economía, así como la máxima -- libertad a sus contratistas, a fin de que estos ejecuten sus trabajos con las menores limitaciones posibles. Ante este panorama de la vida real, el arquitecto se ve obligado a entregar su proyecto al estructurista, al financiero y al representante de las aseguradoras, para que sean ellos-

quienes determinen si su proyecto se ajusta o no a sus señalamientos, quedando -- relegados a un segundo término los aspectos plásticos o el logro de espacios internos que se habían tomado como premisas del proyecto.

Por todo lo anterior, es necesario que el arquitecto tenga el conocimiento del manejo que requiere este tipo de proyectos y de esta manera evitar que el edificio --- quede condicionado a intereses ajenos a la arquitectura.

Medio en que se ubica.- Existen sin embargo otras variables que son producto del medio donde se ubica el edificio y -- que son determinantes incluso para el proyecto de la estructura, sobre todo cuando el sistema se localiza en zona sísmica se recomienda que la forma del edificio sea simétrica.

Por otra parte el tipo de terreno es importante para seleccionar el tipo de es--

tructuración y en consecuencia el tipo de entrepiso, ya que los suelos rígidos se --mueven rápido mientras que los suelos flojos se mueven lento; los suelos rígidos --tienen alta frecuencia y los suelos blandos baja frecuencia.

Existe una relación entre los factores de amplificación, la rigidez de la estructura, la rigidez del suelo y la distancia al origen del sismo; se puede concluir --que:

En suelo blando con epicentro lejano se --comportan mejor las estructuras rígidas; --en suelo rígido con epicentro cercano se comportan mejor las estructuras flexibles. El medio determina también el tipo de materiales que deben utilizarse en las estructuras, sobre todo cuándo se localizan cerca del mar, donde la salinidad puede --afectar a la estructura y por lo tanto a los entrepisos sobre todo cuándo están --formados por componentes estructurales --metálicos.

## II.2.- RELACION ALTURA SISMO.-

El factor seguridad debe representar para el profesional de la edificación un aspecto primordial para el diseño y construcción de los edificios altos. En la ciudad de México se cuenta afortunadamente con un buen reglamento para seguir las normas de diseño mas adecuadas sobre todo tratándose de sismos.

Si circunscribimos el problema exclusivamente a la ciudad de México, enfocándose al tipo de entrepisos que deben utilizar en relación con la altura del edificio, - se puede afirmar que en el diseño y construcción de edificios bajos se pueden utilizar la mayoría de los entrepisos existentes en el mercado, no obstante sus diferentes características y forma de trabajo; sin embargo si ampliáramos nuestro enfoque a un nivel internacional, esto no sucedería en países con alta sismicidad - por ejemplo Nueva Zelanda, en donde los entrepisos reticulares están prácticamente vedados, limitándose al uso de los ---

mismos únicamente para edificios con una -- altura no mayor de dos niveles.

El sismo que sacudió a la ciudad de México en el año de 1979, mostró entre otras cosas que los edificios altos construídos -- con entrepisos reticulares tuvieron un comportamiento altamente flexible, lo que ocasionó movimientos en la estructura que produjeron muchos cristales rotos en fachadas, así como la caída en unos casos de muros -- divisorios y cuarteaduras en otros, con el consecuente pánico de los usuarios que en muchos casos se negaron a volver a ocupar el edificio.

El comportamiento de las estructuras durante un sismo está en relación directa con -- el material que forman sus componentes y -- las alturas de las mismas, por esta razón los requerimientos estructurales de un --- edificio de 20 niveles difieren bastante -- de los de un edificio bajo, ya que a par---tir de los 12 niveles se deben tomar en --

cuenta los modos de vibrar de la estruc--tura; además si el edificio está ubicado en el fondo del lago existe la posibilidad de que pueda estar dentro de fase -- cuándo se produzca el sismo; por lo que resulta importante que la estructura --- esté calculada para evitar el fenómeno -- de resonancia, que consiste en la sincro nización del movimiento del terreno con el edificio.

La función del entrepiso durante el sismo es importante ya que actúa como un -- diafragma y trasmite los esfuerzos en -- forma horizontal, logrando con esto unificar la acción de la estructura durante el sismo, de ahí la importancia de seleccionar el entrepiso mas adecuado para -- que sea capaz de absorber la deformación lineal, o sea que tenga la rigidez suficiente para minimizar el daño al edifi--cio cuándo se produzca el sismo; por -- ésta razón cuándo se utilizan entrepisos

de concreto armado, es recomendable colocar refuerzo diagonal en la losa sobre todo si el edificio se encuentra localizado en una zona de alta sismicidad, como son los estados de Guerrero y Oaxaca en donde los coeficientes sísmicos son de 0.12 w y 0.10 w respectivamente; o sea, son superiores al coeficiente sísmico del D.F. que es de 0.06 w. Normalmente en el aspecto estructural de un edificio se da primordial importancia a las cargas verticales, sobre todo en el diseño de las partes que la soportarán; sin embargo las cargas estáticas rara vez afectan a una estructura, éstas llegan a fallar por torsión y los esfuerzos producidos por el sismo; cuando éste se presenta el entrepiso es el componente estructural que distribuye las fuerzas laterales a los elementos verticales.

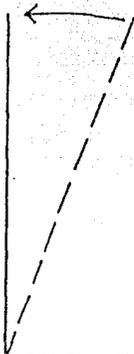
~ Otro aspecto importante que hay que to-

mar en cuenta al diseñar la estructura es evitar el desfasamiento del centroide de cargas en el edificio, ya que cuando esto sucede, los entrepisos cambian la distribución de las fuerzas laterales lo que puede ocasionar una falla del entrepiso al movimiento sísmico; puesto que la sección de las columnas depende no sólo de las cargas gravitacionales, sino también de la rigidez y resistencia del entrepiso por lo que, resulta esencial pronosticar el comportamiento del mismo, así como su deflexión.

De acuerdo a los anteriores conceptos se pueden prever las direcciones horizontales de las fuerzas producidas por los fenómenos sísmicos; y como éstas se transmiten a la estructura vertical, pudiéndose determinar las mismas con bastante aproximación.

Cuando se hace el análisis dinámico de la estructura bajo los efectos de esfuer-

## DEFORMACION ELECTOPLASTICA

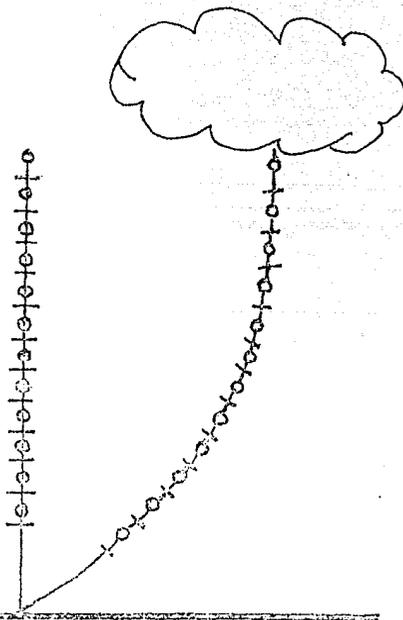
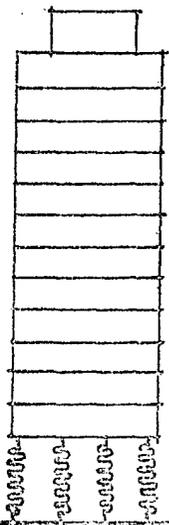


### TABLA DE DUCTILIDAD

° ACERO	8
° CONCRETO ARMADO	5
° MUROS	3
° SIN ACERO	1

zos horizontales producidos por sismo o viento, se ve que la relación masa altura es directamente proporcional, por lo que es recomendable eliminar el peso del edificio con el fin de que las aceleraciones sean menores, ( independientemente de que un peso excesivo repercute tanto en el volumen de obra construido como en la cimentación) esto se puede lograr eligiendo una estructura ligera combinada con entresijos de poco peso, aunque esto no siempre es posible debido a factores de tipo económico tal como lo veremos en el apartado referente al fuego en los edificios.

En zonas sísmicas el terreno es el que -- determina el tipo de estructura y también el tipo de entresijo; lo recomendable es construir estructuras rígidas sobre terrenos suaves y estructuras flexibles sobre terrenos duros, ya que una deficiente --- combinación entre terreno y estructura --



EDIFICIO FLEXIBLE ABAJO Y RIGIDO ARRIBA

puede ocasionar serios problemas al edificio cuando se presenta el sismo.

Como ya se mencionó la altura total de un edificio esta en relación directa con la estructuración, el tipo de entrepiso que va a utilizarse, las normas del proyecto -- arquitectónico, los estudios económicos de inversión, así como de la observación de -- los reglamentos vigentes; pero se debe hacer hincapié de que tanto el diseño como el procedimiento constructivo deben de ser abiertos, esto quiere decir que deben existir -- posibilidades de generar varias alternativas para determinar las alturas y procedimientos constructivos de los entrepisos dentro de un mismo edificio; de esta manera es posible -- combinar una ventaja estructural con un beneficio del proyecto; por ejemplo se puede considerar que en determinado edificio es factible y además conveniente alojar los estacionamientos en niveles consecutivos en los sótanos, ( como en el caso del Hotel Holliday-Inn México actualmente en construcción ) y -

proyectar una doble altura en la planta -  
baja que además de ofrecer la posibilidad  
para proyectar una mezanine; estructural-  
mente proporcione un doble "empotre" al  
sismo para los pisos superiores.

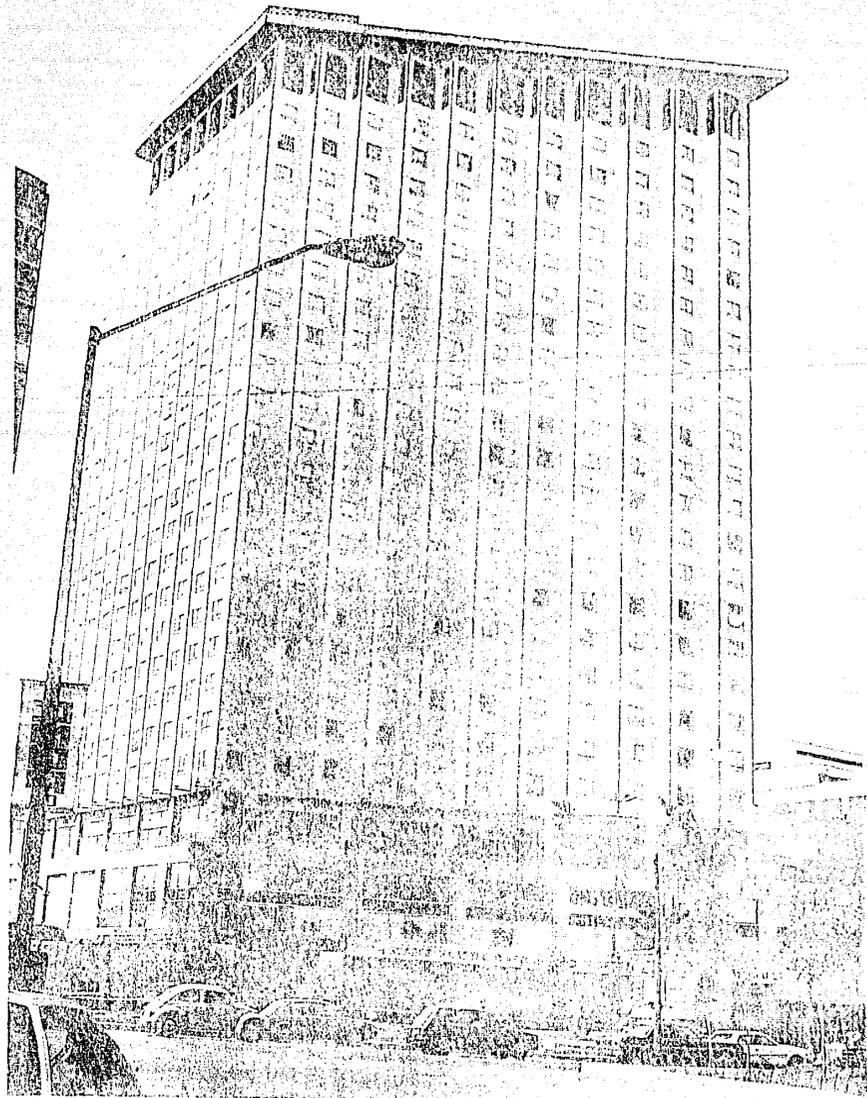
Por lo tanto en los edificios altos es --  
importante considerar los diferentes nive-  
les de los entresijos para elaborar la --  
serie combinatoria mas favorable y deter-  
minar con ello la altura total del edifi-  
cio.

### II.3 SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.

Resistencia al fuego.- Todo entrepiso debe contar con las normas de seguridad contra incendio en vigor, es importante por lo tanto que los entrepisos resistan por un mínimo una hora el fuego directo sin producir flama o gases tóxicos explosivos; esta medida debe hacerse extensiva incluso durante las diferentes etapas de construcción del edificio.

Así mismo los plafones y sus elementos de suspensión deben construirse con materiales incombustibles y en los pavimentos de las áreas de circulaciones generales, se emplearan únicamente materias a prueba de fuego.

Los puntos críticos de la estructura así como los elementos estructurales de acero deben protegerse por medio de recubrimientos que resistan y aislen las altas temperaturas, además el entrepiso -- deberá evitar la propagación del fuego de uno a otro nivel, ésto además de brindar seguridad al edificio representa una economía adicional en el costo de las pólizas



contra incendio.

En los Estados Unidos y Canada se utiliza como base de medida de la resistencia al fuego el término "Fuego Standard", especificado por ASTM E 119 y que relaciona la temperatura con el tiempo. Otras instituciones establecen especificaciones similares como la NFPA 251 de la "National Fire Protection Association", la UL 263 de "Underwriters Laboratories", la ASA No. A2-1 de "American Standard Association". Según reportes estadísticos, actualmente los incendios pueden ser de una duración mas corta, pero con ascenso mas rápido en la temperatura así como alcanzar temperaturas mas altas; las estadísticas muestran que el fuego puede presentarse tanto en edificios diseñados y construidos después de la guerra siguiendo los reglamentos modernos, como en estructuras mas antiguas; pero, la magnitud del daño resultante dependerá en gran parte de la eficiencia y

el cuidado con que el arquitecto y el estructurista realicen su trabajo.

El efecto de la elevación de la temperatura en elementos estructurales de concreto expuestos a fuego directo es, en términos generales, insignificante en lo relativo a las pérdidas de los esfuerzos de compresión, con excepción de las columnas; la continuidad tiene un efecto benéfico en la resistencia al fuego para este tipo de elementos estructurales.

A continuación se muestran las tarifas de resistencia al fuego de algunos de los entrepisos con respecto a su componente estructural.

Losas presforzadas con recubrimiento libre del acero de 9 mm.....	45 min.
Losas presforzadas recubrimiento libre del acero de 35 mm.....	95 min.
Losas Siporex con un recubrimiento de 1.25 cms.....	60 min.
En caso de requerir aumentar la resistencia al	---

fuego, será necesario incorporar un material aislante que proteja al fierro de esfuerzo, o bien introducir contiuidad a los apoyos.

Sacando un promedio de tarifas resistentes al fuego de los entrepisos anteriores podemos elaborar una tabla representativa del No. de kilocalorías que pasan a través de un área de un M2. en una hora, cuándo existe una diferencia de temperatura de 1°C -- entre el aire interior y el exterior, lo -- cuál equivale a decir cuándo el edificio se encuentra envuelto en llamas.

La gráfica siguiente indica, que es en los primeros veinte minutos de un incendio --- cuándo una estructura de concreto armado -- esta mas propensa a sufrir un colapso.

En la parte inferior de la siguiente lámina ilustramos otra gráfica donde podemos apreciar como se afecta la resistencia por temperatura para un acero estructural A-36.

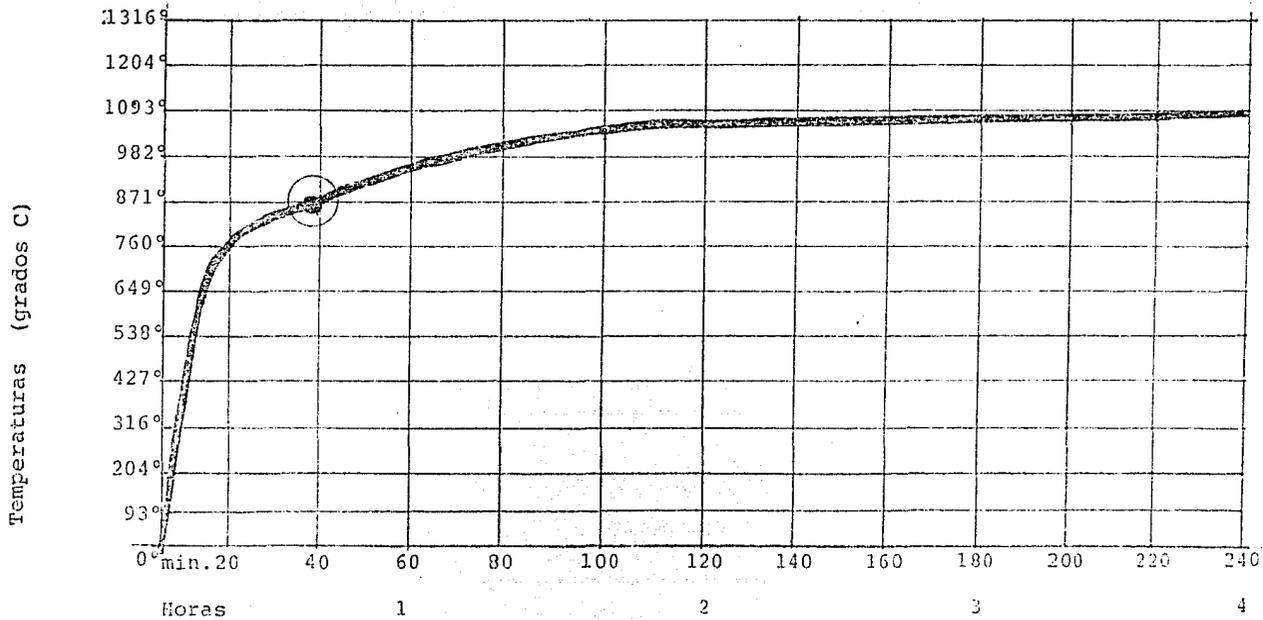
El aumento de temperatura en elementos ---

estructurales de acero, produce un efecto -- definitivo sobre el esfuerzo de compresión de dichos elementos.

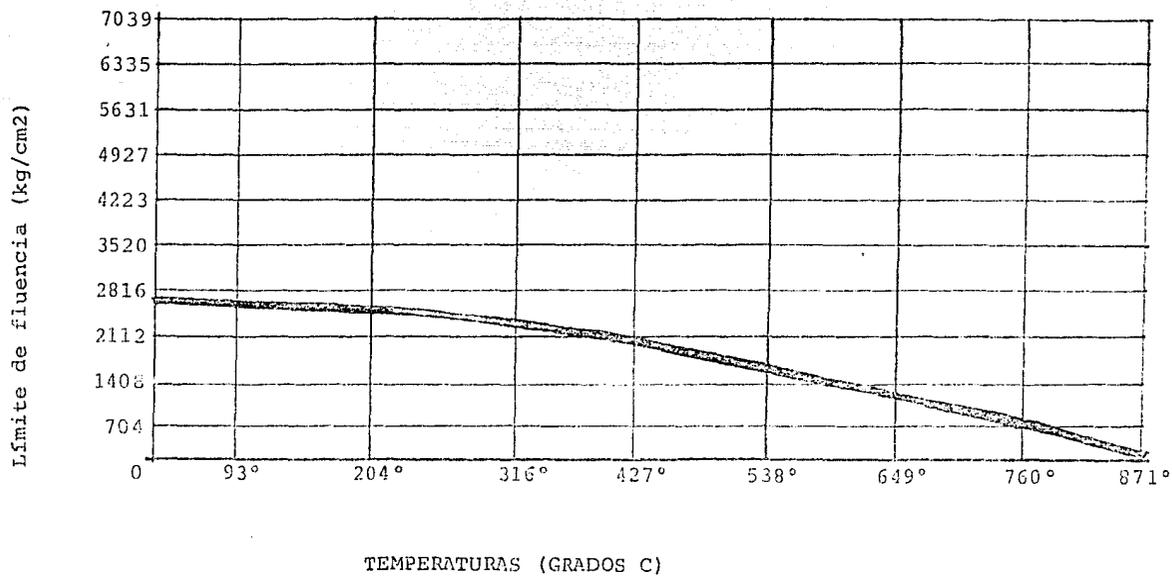
Si un edificio de concreto estructural -- está diseñado y construido correctamente, resistirá el fuego sufriendo menos daños que otros tipos de construcción; además habrá menos probabilidad de que se derrumbe, ya que en la mayoría de los casos hay necesidad de que el cuerpo de bomberos -- combata el fuego desde el interior de la construcción; sin embargo un jefe de bomberos no puede permitir que sus hombres -- entren a un edificio en llamas si hay -- riesgo de derrumbe; en base a éste razonamiento es necesario que los elementos -- estructurales tengan un periodo mínimo de resistencia al fuego; éste se logra de -- tres maneras:

1ª El refuerzo pierde resistencia a medida que aumenta su temperatura, por lo que el elemento debe conservar resistencia --

CURVA TEMPERATURA TIEMPO



LIMITE DE FLUENCIA TEMPERATURA ACERO ESTRUCTURAL A-36



suficiente para soportar sin derrumbarse las cargas a las que esta sujeto.

2ª El entrepiso debe mantener su compacidad, a fin de evitar que las llamas pasen a través de las grietas.

3ª El entrepiso debe tener suficiente resistencia a la conducción del calor, de manera que se evite la combustión espontánea de bienes en el piso inmediato superior.

Generalmente, el periodo de resistencia al fuego de los entrepisos está determinado por las dimensiones mínimas de la sección transversal del elemento y por el recubrimiento del refuerzo.

Si se aplica fuego a un piso desde abajo, el refuerzo superior de la losa o de la trabe no estará tan caliente como el refuerzo inferior. Si el acero inferior llegara a calentarse tanto que su resistencia se redujera hasta igualar el esfuerzo real, entonces se formaría una

articulación plástica; debido a la continuidad el piso no fallará sino hasta que el refuerzo superior alcance el punto de plasticidad.

Normalmente ésta demora proporciona un considerable periodo extra de protección; y si además de esto se hace trabajar el entrepiso como una membrana dando una continuidad al acero de refuerzo en los apoyos y elementos adyacentes, se obtienen beneficios particulares en términos de resistencia al fuego.

Es esencial que un cierto espesor de concreto cubra el refuerzo del entrepiso, a fin de evitar que el fuego lo caliente y pierda su resistencia rápidamente. Descascaramiento, es el término utilizado normalmente para describir la separación que ocasiona el fuego entre el material y la superficie de concreto; el procedimiento del descascaramiento está en relación directa con los

componentes del material y la resistencia de los mismos al fuego, generalmente el agregado es superior al agregado silíceo; y los agregados ligeros también proporcionan un incremento considerable en la resistencia al fuego.

Cuando es probable que el descascamiento represente un problema serio, debe usarse un refuerzo secundario consistente en una malla de alambre, a la mitad del espesor del recubrimiento de concreto.

Por otra parte debe considerarse que la resistencia de los entrepisos metálicos expuestos al fuego directo, es considerablemente menor que la de los entrepisos de concreto; lo cuál los hace más vulnerables a sufrir un colapso en caso de incendio, por lo que se recomienda recubrir la base de éstos entrepisos con material resistente al fuego; además de utilizar un falso plafón, que retarde la elevación de temperatura hacia la base del entrepiso y al mismo tiempo lo proteja de una

exposición directa.

Un aspecto muy importante es que la impermeabilización de los entrepisos metálicos, no se haga con materiales que sean inflamables como el fieltro impregnado en soluciones asfálticas, ya que éstos materiales se funden con las altas temperaturas y al gotear ocasionan que el incendio se propague más rápidamente; por otra parte la combustión de los mismos, producen densas nubes de humo negro, que hacen más difícil las labores de rescate.

El inconveniente de los entrepisos metálicos en caso de incendio aumenta cuando están formando parte de una estructura de acero; ya que de ser así, debe protegerse a toda la estructura del edificio con materiales resistentes al fuego, independientemente de que en tal caso la póliza contra incendio aumenta en forma considerable, llegando al extremo de tener que cambiar a una estructura de concreto armado por este sólo concepto, como sucedió en el Hotel "Fiesta Palace" de ésta ciudad.

#### II.4.- ESTRUCTURACION

Introducción.- La estructura de un edificio es en muchos casos determinante en la elección del tipo de entrepiso, podemos señalar como un criterio únicamente, el tipo de estructuración de los edificios en relación con su altura.

Generalmente los edificios bajos utilizan estructuras a base de muros de carga, que normalmente están limitados a edificios no mayores de 5 niveles; después de ésta altura encontramos estructuraciones a base de marcos, que en algunos casos están reforzados a base de muros y carteles de concreto armado para tomar las fuerzas horizontales y al mismo tiempo rigidizar la estructura e incrementar la resistencia de la misma.

Cuándo las estructuras son para edificios altos, es recomendable que éstas sean simétricas en ambos sentidos, para igualar esfuerzos; un ejemplo de éste tipo de estructura es la llamada estructura de --

"tubo", conocida por éste nombre debido a que está constituida por apoyos en los cuatro lados y en dos sentidos, tendiendo su disposición en planta hacia lo cuadrado. Estas estructuras pueden ser de acero, de concreto armado, o mixtas pero es recomendable que sean de un mismo material, tal como lo señala el primer postulado de Saint Venant que dice: " Las estructuras deben de ser homogéneas".

Estructura de concreto.- En éste tipo de estructura resulta conveniente considerar las trabes peraltadas con el fin de rigidizar la estructura; este criterio significa un incremento en la altura del edificio que afecta mas a los edificios altos, ya que un aumento de 0.30 m. en las trabes significa 5.10 metros mas de altura para un edificio de 17 niveles, con el consiguiente aumento de construcción, recorrido de elevadores e instalaciones. Por lo anterior conviene seguir

un criterio para utilizar concreto y acero de alta resistencia en las trabes con el fin de reducir su peralte; en cuanto a las columnas del edificio se sigue un razonamiento similar para reducir la sección de las mismas, con el fin de dejar mayor área rentable a las plantas del edificio.

Cuándo se utiliza el entrepiso de concreto armado en éste tipo de estructuras una fatiga del concreto de f<sub>c</sub>. 140 kgs/cm<sup>2</sup>. y -- una resistencia normal en el acero resultan suficientes; ya que por carga estática difícilmente se podrían superar esos límites, y por cargas dinámicas éste tipo de entrepiso trabaja en forma monolítica ya que por ser de un mismo material las uniones no se enciman sino que se intersectan dando así mayor resistencia a la unión, -- razón por la cuál absorbe una gran energía de deformación y además tiene la ventaja de poderse reforzar, con armado diagonal para mejorar su comportamiento en caso de sismo.

Hay que considerar que las cargas estáticas raramente llegan a afectar a las estructuras, ya que generalmente éstas llegan a afectar a las estructuras, ya que generalmente éstas llegan a fallar, por los esfuerzos de torsión producidos por los sismos.

La estructura de concreto armado es la ideal, para utilizar entresijos que tengan componentes estructurales colados en obra.

Estructura de acero.- Aunque la estructura de acero es mas cara que la de concreto armado, algunas veces se tiene que recurrir a ésta por condicionantes estructurales del edificio, o bien por condicionantes impuestas por las variables exógenas.

Cuándo se trata de una estructura de acero, es conveniente que las columnas conserven una misma sección para evitar que éstas puedan telescopiarse; pues si bien es cierto que por carga estática estén so-

bradas, esto se compensa cuándo las columnas tienen que trabajar por carga dinámica; tál es el criterio de mi querido maestro el arquitecto Bernardo Calderón -quién dice: "Las estructuras deben calcularse para que resistan durante unos segundos los sismos de gran magnitud, que se presentan aproximadamente cada 15 años". El criterio que se sigue para la elección de entresijos cuándo la estructura es de acero, consiste en seleccionar aquellos que tengan poco peso; debido a que la deformación por sismo en éste tipo de estructuras es mayor que la que sufren las de concreto armado, tál como se puede observar en la tabla.

DEFORMACIONES POR SISMO EN ESTRUCTURAS	
Estructuras de concreto armado	1 cm. por nivel
Estructuras de acero	3 cm. por nivel
Estructuras de tabique	4 cm. por nivel

Lo anterior nos lleva a descartar los --

entrepisos del tipo placa plana debido a su mayor peso y a que toman el esfuerzo cortante de los apoyos a través de los capiteles integrados a la losa, como es el caso de los entrepisos aligerados.

Los entrepisos con componentes estructurales presforzados, pueden ser utilizados en éste tipo de estructura debido a que las uniones entre los elementos se hacen a través de soldadura que está calculada para resistir los esfuerzos; otro factor que contribuye al uso de este entrepiso, es que los esfuerzos laterales en éstas estructuras están tomados por el contraventeo de las mismas, por lo que no es tan importante que el entrepiso sea monolítico. Esta solución de utilizar entrepisos presforzados en las estructuras de acero, es práctica común en otros países; en México, éste procedimiento está restringido

por factores económicos.

La losa común de concreto armado puede usarse en estructuras de acero, cuando sus componentes estructurales de concreto armado son sustituidos por componentes estructurales metálicos, como son las armaduras y los largueros de acero, los cuáles deben llevar solera de anclaje para recibir la losa; este procedimiento presenta desventajas constructivas como el cimbrado y descimbrado de las losas, además del gradiente de dilatación entre el concreto y el acero. Generalmente consideramos como estructuras mixtas, aquellas que están compuestas por dos distintos materiales con propiedades y características diferentes, siendo las más comunes las formadas por el acero y el concreto armado.

Uno de los aspectos más importantes a considerar en éstas estructuras, es la diferencia de peso volumétrico entre estos dos materiales. Todos sabemos que el concreto es

un material excelente para tomar esfuerzos de compresión y que el acero es un buen material para los esfuerzos de flexión.

El razonamiento anterior nos lleva a -- inferir, que las columnas sean de concreto armado y que las vigas estén formadas por armaduras de acero; por ser éstas -- últimas elementos muy apropiados para cubrir grandes claros y soportar cargas -- considerables con un reducido peso propio, lo que hace que éstas estructuras -- tengan características similares a las -- estructuras de acero en cuanto al criterio para la elección de entrepiso, sobre todo si se considera que los elementos -- horizontales de acero, están calculados para recibir y transmitir las fuerzas -- laterales hacia las columnas.

Estructuras Presforzadas.- Una limitante que presentan este tipo de estructuras -- para la construcción de edificios altos-

és la restricción en el transporte de -- las columnas, por lo cuál la longitud de las mismas está limitada a los 13.00 m. -- de longitud; sin embargo es posible collar estos elementos estructurales en -- obra, (en virtud de que a las columnas -- no se les aplica el presfuerzo) y dejar preparaciones para recibir posteriormente a los elementos presforzados tales -- como las trabes portantes, las rigidizantes y los elementos del entrepiso.

Dado que en esta estructura el entrepiso no es monolítico, se consideran a las -- trabes como los elementos para tomar y -- transmitir los esfuerzos laterales producidos por sismo o viento, por lo que resulta conveniente considerar que la resistencia de los mismos, está en relación -- directa con su peralte.

M A T R I Z   D E  
E S T R U C T U R A C I O N

ESTRUCTURA					
ENTREPISOS	CONCRETO	ACERO	MIXTA	PRESFORZADA	EX
CONCRETO					
ARMADO	1.0	0.5	0.5	0.0	2.0
RETICULAR					
ALIGERADO	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
ROMSA	0.0	1.0	1.0	0.5	2.5
TRIDILOSA	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
SIPOREX	0.0	0.5	0.5	0.5	1.5
T T	0.5	0.5	0.5	1.0	2.5

1.0 OPTIMO

0.5 FACTIBLE

0.0 NO RECOMENDABLE

## C A P I T U L O    I I I

### REQUERIMIENTOS PARTICULARES PARA LA ELECCION DE ENTREPISOS.

#### III.1.- DESTINO DEL EDIFICIO.

##### III.1.1.- RELACION ENTRE GENEROS DE EDIFICIOS Y ENTREPISOS.

El género del edificio delimita en gran parte los problemas que debe resolver el entrepiso en cuanto a uso del espacio, ya sea que se necesiten grandes claros con pocas columnas o un gran espacio con divisiones a base de elementos pesados, en cuyo caso la resistencia estructural del entrepiso será de vital importancia.

El género del edificio nos da la pauta del criterio a seguir, ya que los requerimientos de un edificio de oficinas distan mucho de los de un hotel; y en muchos casos es determinante como es el caso de los hospitales o laboratorios en que existen gran número de instalaciones.

En otros edificios la condicionante básica puede ser la capacidad de carga del entrepiso, tal es el caso de los edificios destinados a estacionamientos, en donde los requerimientos de instalaciones ó los térmicos y acústicos pasan a un segundo término, ya que se considera que no desempeñan un papel importante; en

III.1.2.- CAPACIDAD DE CARGA DEL  
ENTREPISO.

cambio en edificios de oficina o estudios de grabación, deben considerarse cuidadosamente las propiedades acústicas de los muros y entrepisos.

Introducción.- Hay cambios que están generando nuevos enfoques en la construcción de edificios como está sucediendo actualmente en Europa, donde se está incrementando la demanda de edificios altos destinados a la fabricación y reparación de artículos ligeros de precisión; esto ha obligado a que en éstos edificios se requieran entrepisos que puedan soportar elevadas cargas vivas. A continuación, se enumeran algunas de las características de los entrepisos utilizados en los edificios altos, en relación a su capacidad de carga.

Entrepisos de concreto armado.- Este tipo de entrepiso, no es recomendable para salvar grandes claros. Su capacidad de carga debe considerarse como una variable

en relación con la forma y tamaño del --  
tablero, espesor de la losa, cantidad y  
f's del acero del refuerzo así como la -  
calidad, resistencia y dosificación de -  
los agregados; su repartición de cargas  
es a través de todo el elemento y propor-  
cional a la dimensión sus lados.

Entrepisos reticulares aligerados.- Este  
tipo de entrepiso tiene gran capacidad -  
de carga y puede salvar claros hasta de  
12.00 m, ésto se debe a que los esfuer--  
zos son transmitidos en dos sentidos por-  
medio de las nervaduras, además la capa-  
cidad de carga de estos elementos puede  
incrementarse notablemente peraltando la  
losa, e integrando el armado superior de  
las nervaduras con la capa de compresión  
ya que de ésta manera las nervaduras se  
transforman en vigas "T".

Entrepiso metálico romsa.- La capacidad  
de carga de este tipo de entrepiso, está  
en función del claro que salva, la lámí-

na, el calibre de la misma y el espesor -  
de la capa de concreto, pudiendo llegar -  
a una capacidad de mas de 3000 kgs/m<sup>2</sup>. --  
recomendándose que durante el procedimien-  
to de construcción, ésta carga no exceda  
de los 1400 kgs/cm<sup>2</sup> éstas cargas están ba-  
sadas para un concreto  $f'c = 200$  kgs/cm<sup>2</sup>.  
En el análisis de este tipo de entrepiso  
para edificios altos, se ha considerado  
que es entre el claro mínimo de 1.80 .,  
hasta el claro de 3.00 m, donde se cu---  
bren prácticamente los requerimientos de  
carga viva señalados en el reglamento de  
construcciones, con excepción de la lámí-  
na calibre 22, que cubre un claro de 3.00  
m. y que tiene una capacidad de carga má-  
xima de 489 kgs/m<sup>2</sup>.

Este tipo de entrepiso, es cimbra y arma-  
do a la vez, sin embargo debe apuntalarse  
antes del colado en los siguientes casos:  
1ª Cuándo la lámina sea calibre 22 y cu-  
bra un claro de 3.00 m. o mas.

2ª Cuando la lámina sea calibre N° 20,- que cubra un claro igual o mayor de 3.00 m. y tenga una capa de concreto igual o mayor de 8 cms. (hay que recordar que el espesor de la capa de concreto para éstos entrepisos varía de 5 a 12 cms).

3ª Cuando tengan que cubrirse grandes claros y la deflexión de la lámina sea mayor que  $1/180$  o 1.9 cms.

Una vez que el concreto adquiere el 75% de la resistencia que debe tener, se pueden quitar los puntales.

Tridilosa.- Se ha realizado varias pruebas para determinar la capacidad de carga de éste entrepiso; una de éstas pruebas fué con una tridilosa formada con varillas de diámetro  $3/8$  espaciadas a cada 50 centímetros, con una capa de concreto en la parte superior de 5 centímetros de espesor y con un peralte total de entrepiso de 30 centímetros. Se observó, que ésta losa tenía una capacidad de carga hasta

de 3000 kgs/m<sup>2</sup>, mientras que la misma estructura, pero sin la capa de concreto daba una resistencia de tan sólo 200 kgs/m<sup>2</sup> ocurriendo el colapso de la losa por falta del acero a compresión.

Además del experimento anterior, se puede agregar que la capacidad de carga de la tridilosa también está en relación con el claro a cubrir, la sección de las barras y el peralte del entrepiso.

Entrepiso Siporex.- La capacidad de carga de este entrepiso está en relación con su densidad; lo cual significa que a mayor densidad de la losa, mayor capacidad de carga de la misma.

Otros factores que intervienen son el espesor de la losa que va desde 7.5 cms, hasta 25 cms. y la longitud de la misma que varía desde 1.00 hasta 5.50 m.

Cuando las sobre cargas son demasiado fuertes y domina el esfuerzo cortante, se recomienda el uso de losas de densidad 0.65

que es la mayor de la comunmente usada, pudiendo incluso ordenarse una fabricación especial de losas con densidad de 0.8; ya que dicha densidad depende básicamente de la dosificación de los componentes del material.

Entrepiso doble "T".- debido a que en la fabricación de éstos elementos es necesario un control de calidad estricto, tanto de los materiales como son el concreto y el acero, así como en el proceso de manufactura, es posible obtener piezas con capacidad de carga tres veces superior a su carga de diseño, sin que se presente la ruptura del elemento.

La capacidad de carga útil en este tipo de entrepiso, es independiente tanto del peso propio de las vigas "TT" como del firme, y está en función del paralte y el claro a cubrir, pero a diferencia de los demás entrepisos, es posible salvar claros hasta de 14.00 m. con una capacidad de carga mayor de 500 kgs/m<sup>2</sup>.

### III.1.3.- REQUERIMIENTOS TERMICOS Y ACUSTICOS.

Introducción.- No existe ninguna reglamentación en cuanto a ruido dentro de los edificios, los requerimientos acústicos y térmicos tienen decidida influencia en la elección del entrepiso, ya que un buen aislamiento térmico reduce los costos de inversión inicial y de operación en equipos de refrigeración y calefacción.

En cuanto a las propiedades acústicas, éstas se encuentran en relación directa con el espesor del entrepiso y de las propiedades del material que lo componen, pudiéndose mejorar éstas propiedades mediante la utilización de plafones acústicos y pavimentos con capacidad de absorción del sonido.

Térmico acústico concreto armado.- Las propiedades del concreto para aislar el sonido son excelentes, ya que tiene una masa tal que la energía sonora no puede moverlo como un diafragma, lo que sucedería si las paredes fueran delgadas y ligeras en cuyo caso se comportarían como membranas vibratorias. A cambio de esto el concreto es un mal absorbente de sonido, por ser un material

compacto esto hace que al emitirse un sonido éste se refleje en la superficie del concreto y si éste no está recubierto con un material absorbente, las ondas sonoras permanecerán viajando de un lado a otro, (suponiendo que existan las mismas condicionantes en muros y pisos) por un tiempo largo aún después de emitirse. Por otra parte el entrepiso de concreto armado, transmite ruido, por impacto producido por el taconeo, el movimiento de los muebles ó las vibraciones de las máquinas; y la intensidad de la transmisión de éste sonido está en relación con la masa, peso y densidad del concreto; es decir, a mayor masa menor transmisión por impacto.

Lo anterior indica que para amortiguar el impacto es conveniente usar el pavimento flotante, lográndose buenos resultados, cuando se utiliza la alfombra colocada preferentemente sobre una doble

base de bajo alfombra.

En cuanto al acabado del techo, se recomienda un aplanado elaborado a base de carlita tipo "A" que tiene excelentes propiedades como aislante acústico y térmico.

Térmico acústico reticular celular.- Este entrepiso cuenta con suficiente masa, peso y densidad, además de poca porosidad, por lo que resulta un aislante de ondas sonoras superior a los entrepisos ligeros y delgados.

Otro factor que favorece a éste entrepiso es la forma de panal que presenta en su lecho inferior, lo que impide que las ondas sonoras se reflejen al emisor, razón por la cual se mejora notablemente al tiempo de reverberación.

Para disminuir la reflexión del sonido en el entrepiso, se recomienda dar un acabado a base de un aplanado con mortero que contenga agregados con propiedades térmico --

acústicas, y de ésta manera lograr absorción del sonido y disminución en la transmisión de la energía del sonido.

Térmico acústico romsa.- La losacero base de éste entrepiso es un mal aislante térmico con casi nula capacidad de absorción del sonido; sin embargo las especificaciones constructivas, señalan que ésta lámina debe llevar un firme de concreto con espesor de 5 centímetros sobre la canal alta; y además por reglamento, la losacero debe llevar por la parte inferior un recubrimiento a base de fibras minerales proyectado por aspersion tanto a la lámina como a la estructura metálica, para protección en caso de incendio.

Asimismo dadas la características de este entrepiso, se requiere del uso de un plafón cuya función principal sea la de cortar el fuego sin contribuir con energía calorífica en caso de incendio; así como

por protección y registro de instalaciones y al mismo tiempo utilizarlo como un remate visual que evite la vista de las láminas.

Todo lo anterior, contribuye a contar con todos estos recursos para subsanar las deficiencias térmicas y acústicas en éste tipo de entrepiso.

Térmico acústico tridilosa.- Este entrepiso es un buen aislante térmico y acústico debido a que cuando se usa una pared doble separada por un espacio de aire, éste servirá como un colchón en el que se disipará parte de la energía sonora; y esto se logra en la tridilosa, por la separación que existe entre las dos capas de concreto; o bien entre la capa superior del concreto y el plafón, cuando este sustituye a la capa de concreto inferior.

Térmico acústico Siporex.- Dado que éste

entrepiso está constituido por un material que tiene una estructura macrocelular muy uniforme, por lo cual es posible obtener losas muy ligeras, y además con excelentes propiedades térmico acústicas, esto se debe a que el material es de 8 a 10 veces mas aislante que el concreto.

El coeficiente de conductividad térmica - "K" varía con la densidad. Para mejorar las propiedades térmicas y acústicas del siporex se puede colocar directamente -- sobre la losa un material aislante como -- puede ser la fibra de vidrio y sobre --- este aislante dar el acabado final del -- piso.

Térmico Acústico "TT". - El patín de las vigas "TT" es de un espesor uniforme de - 5 cms, debido a lo cual transmite facilmen te el sonido producido por impacto. Sin embargo por especificación, todas las vigas "TT" usadas para entrepiso deben --

llevar un firme de concreto armado, esto hace que al aumentar el espesor de la -- losa la intensidad del sonido transmitido por impacto descienda hasta los 40 decibe les lo cual ya es un nivel aceptable. Las condicionantes térmico, acústicas -- pueden mejorarse a niveles óptimos median te una selección adecuada de pavimento y además con el uso del plafón en el caso - específico de los entrepisos presforzados.

C A P I T U L O   I I I - 2  
P R O C E D I M I E N T O   D E   C O N S T R U C C I O N

Introducción.- Muchas veces el procedimiento de construcción de un entrepiso resulta ser la variable que tiene gran influencia para - decir el tipo de entrepiso que deberá usarse en un edificio; intervienen diferentes factores; primero, es más fácil continuar con un procedimiento constructivo conocido dado que existen antecedentes empíricos en cuanto a - costo, tiempo de ejecución, rendimientos, - proveedores, adiestramiento de operarios así como resultados obtenidos, y segundo por falta de información, conocimiento o interés en conocer otros tipos de entrepisos con mayores ventajas a los ya conocidos todo lo cual hace renuente al profesional de la edificación para ensayar nuevos procedimientos de - construcción, a no ser que estos muestren - ventajas obvias y notorias sobre todo en cuanto a abatimientos de costos y tiempos de ejecución.

CLASIFICACION DE LOS ENTREPISOS EN CUANTO A  
SU PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

- ENTREPISOS ELABORADOS EN OBRA } ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES DE CON-  
CRETO ARMADO.
  
- ENTREPISOS PARCIALMENTE ELABORA- }  
RADOS EN OBRA } ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES METALICOS  
ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES PRECOLADOS.
  
- ENTREPISOS ELABORADOS FUERA DE }  
LA OBRA } ENTREPISOS CON COMPONENTES ESTRUCTURALES PRECOLADOS  
Y PRESFORZADOS.

Inflación.- El fenómeno inflacionario ha provocado varios efectos, uno de ellos - es la rapidéz de ejecución de las obras. Los procedimientos de construcción van - agilizándose debido tanto a la industria lización de los materiales como a la uti lización de equipo mecánico en las obras; técnicas como la ruta crítica, la progra mación lineal, la teoría de colas, la se lección combinatoria y la informática, - (por mencionar sólo unas cuántas) son uti lizadas para alcanzar la optimización de los procedimientos de construcción. Cuando se tiene un gran volúmen de obra compuesto por varios elementos normaliza dos que tienen que repetirse secuencial mente, con idénticos procedimientos, como es la producción de entrepisos en la construcción de edificios altos; debe uti lizarse la técnica de la programación li neal, para hacer una división de los dife rentes procesos y tomar los equipos de - trabajo, con el objeto de aumentar el ren dimiento de los trabajadores y de ésta ma,

nera establecer una línea de producción secuencial, para que de acuerdo con ésta distribución, hacer el reparto de los ma teriales cuidando los insumos básicos, - lo que permitirá lograr:

- .Dividir el trabajo entre diferentes e- quipos
- .Como consecuencia del punto anterior, - aumentar la rapidez del procedimiento con structivo.
- .Tener mejor control de calidad en el - procedimiento de construcción
- .Facilitar la supervisión de los trabajos.
- .Distribuir materiales o productos esca sos.
- .Determinar como puede fabricarse con un costo mínimo, un conjunto particular de - los elementos del entrepiso, minimizando costos y tiempos.
- .Efectuar una mejor distribución de los - recursos.

La teoría de colas como su nombre lo indica, estudia las esperas de cualquier ti po; por lo tanto tiene mucho que ofrecer,

para acortar los tiempos de ejecución en elementos tan peculiares como los entrepisos; y es una técnica aplicable sobre todo, cuando los entrepisos tienen componentes estructurales elaborados en obras. Por ejemplo cuando se tiene que utilizar varias toneladas de varilla de diferentes diámetros, se pueden planear las entregas de acuerdo a un plan maestro coordinado a las etapas de la obra, y tomando en consideración la posibilidad de tomar mediante una selección combinatoria, los haces y paquetes para sustituir los diámetros faltantes.

**ENTREPISOS DE CONCRETO ARMADO.**- Este tipo de entrepiso presenta características muy peculiares, lo cual ha permitido que siga utilizándose para la construcción de entrepisos en edificios altos.

El concreto en nuestros días cuenta con un buen apoyo tecnológico para su elaboración, tanto por partes de las plantas

de premezclados, como por el equipo disponible en obras importantes, donde por medio de silos es posible almacenar cemento a granel y además tener un riguroso control de calidad en la elaboración que se efectúa por medio de dosificadoras, que son plantas de concreto móviles que producen hasta  $50M^3$  de concreto en una hora, con mezclas exactas que son dosificadas en forma homogénea y constante; este tiene además la capacidad de integrarse a un equipo rodante, para el transporte del material en sentido horizontal. En tanto que el transporte vertical se efectúa por medio de equipos de bombeo.

Por otra parte se cuenta con una tecnología de cimbras, que nació con el empleo del concreto y su desarrollo ha sido siempre ascendente; en México guarda una distancia no muy grande en relación con los países más adelantados a ese respecto ya que se utilizan técnicas como descimbrar cimbrando, las cimbras autoportantes y las cimbras deslizantes, está utilizada con buen resultado en la construcción de edificios altos.

La calidad de los entrepisos de concreto armado depende de la resistencia y calidad de la superficie obtenida, lo cual depende en gran parte del colado, la preparación de la cimbra, la calidad de los materiales, los proporcionamientos de la mezcla, la mano de obra y el curado.

La construcción de un entrepiso de concreto armado exige mayor tiempo y esfuerzo que la mayor parte de otras clases de concreto. Por otra parte la calidad del tipo de entrepiso tiene relación directa con el uso que vaya a tener, llegándose en ocasiones a dar tratamientos especiales a base de agregados y mallas metálicas.

Una de las ventajas de utilizar el entrepiso de concreto armado, es que este material es moldeable en obra además de que pueden mejorarse sus cualidades por medio de aditivos.

Entre las desventajas del concreto armado como componente estructural de entrepisos se puede señalar que se requiere cimbrar previamente al colado, después esperar el

fraguado del concreto y por último descimbrar; todo lo cual implica mayor tiempo de ejecución, comparativamente con otros entrepisos donde se ha eliminado este proceso.

Para obtener una buena calidad del concreto en la construcción de entrepisos, se recomienda poner especial cuidado durante el colado de los siguientes puntos:

a) Evitar la disminución de humedad relativa, ya que estos cambios producen graves efectos en la proporción de evaporación, ya que si la humedad relativa varía de 50 a 90%, la proporción de evaporación aumenta cinco veces.

b) Cuidar del incremento de la velocidad del viento, ya que cuando sopla sobre la superficie del concreto el proceso de colado o acabado, la evaporación de la superficie aumenta.

c) Incremento de la temperatura, si tanto la temperatura del concreto como del aire que lo rodean aumentan, la proporción de evaporación también aumentará. Para minimizar los efectos de la evaporación en el concreto se recomienda:

1.- Humedecer base y cimbra.

- 2.- Cubrir el concreto con yute humedecido durante las operaciones de acabado.
- 3.- En climas calientes utilizar concreto frío.
- 4.- Curar tan pronto como se termine la operación de colado.

PRECAUCIONES ADICIONALES DEL COLADO.- Cuando un colado se interrumpe, debe preverse el sitio donde se hará el corte y éste debe ser donde el esfuerzo cortante sea mínimo por lo que nunca deberá hacerse en los apoyos, ya que al cortarse el colado produce la llamada "Junta Fría" que no estará en condiciones para tomar el esfuerzo cortante.

Por último, es importante señalar que el entrepiso de concreto armado es la única losa utilizada en los edificios altos, que no cuenta con elementos prefabricados, razón por la que debe supervisarse cuidadosamente tanto su elaboración como su colocación en obra.

ENTREPISO ROMSA.- El procedimiento constructivo de este tipo de entrepiso es ace-

lerado por la eliminación de la cimbra, y además porque las láminas llegan a la obra cortadas a las medidas predeterminadas; como es una lámina autoportante permite que pueda utilizarse como plataforma de trabajo.

Otro factor que incrementa la velocidad de construcción de este entrepiso es que la colocación de la lámina es ejecutada por personal especializado; ya que la compañía que suministra el material del entrepiso es a la vez contratista para la colocación del mismo.

Cuando esta lámina tiene que ser montada sobre muros o trabes de concreto, (situación que puede presentarse por requerimientos especiales de proyecto) es necesario anclar una estructura de acero o una base metálica, para seguir el proceso normal de fijación de las láminas por medio de soldadura de fusión.

Cuando esta lámina se utiliza en techumbre presenta el problema de la impermeabilización que es un proceso laborioso y caro.

Si la lámina es perforada se perjudican sus propiedades estructurales, por lo que se recomienda que las perforaciones sean reparadas

con soldadura de estaño; otra recomendación es que estas perforaciones se encuentren espaciadas para una máxima eficiencia y flexibilidad, en caso de que se requieran preparaciones para la colocación de un falso plafón, deben solicitarse previamente al distribuidor para que se ejecuten en la planta de fabricación, y además tener la precaución en la obra de colocar en las perforaciones los dispositivos que se hayan determinado antes de efectuar el colado, para que al fraguar el concreto apriete los soportes y sean parte integral de la losa.

Esta lámina necesita apuntalarse antes del colado cuando tengan que cubrirse claros grandes o bien en los siguientes casos: cuando se calcula la deflexión de la lámina sea mayor que  $L/180$  ó 1.9 centímetros; cuando la lámina sea calibre 22 y se tenga que cubrir un claro mayor de 2.60 M.

Una vez que el concreto adquiere el 75% de su resistencia calculada, se pueden retirar los puntales.

cabe señalar que cuando se usa este tipo de entrepiso deben aplicarse a la lámina recubrimientos para protegerla del fuego, tal como lo señala el artículo 96 del reglamento de construcciones, en el apartado relativo a previsiones contra incendio.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TRIDILOSA.- En este tipo de entrepiso el procedimiento constructivo presenta las ventajas de la prefabricación, ya que la estructura del mismo puede prepararse con anticipación mediante un adecuado programa de corte y soldado de los elementos estructurales de acero; para que posteriormente si las características de la obra lo permiten la estructura del entrepiso sea montada por medio de plumas; lo cual puede hacerse teniendo la precaución de soldar acero ortogonal en los vértices de las pirámides para evitar deformaciones de la estructura cuando sea izada por la pluma, o bien pueden irse colocando las parrillas por secciones y uniéndolas posteriormente por medio de soldadura; en caso de optar por este procedimiento debe supervisarse cuidadosamente la nivelación de las parrillas.

Debido a que la tridilosa es una estructura auto portante, no requiere de apuntalamientos para el colado, ya que la cimbra puede ser soportada por la estructura; sin embargo el cimbrado en este entrepiso es un trabajo laborioso debido a que la duela de la cimbra tiene que ser introducida en la estructura, librando las diagonales que unen las parrillas.

También puede considerarse como desventaja el que la construcción de la estructura del entrepiso necesite de mano de obra especializada, debido a que la soldadura debe de ser de precisión.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO SIPOREX.- Este tipo de losa no necesita cimbra, y aunque es un material que se puede clavar, cortar y ranurar con facilidad, sus fabricantes recomiendan de manera especial que esto no se ejecute en la obra, ya que pueden alterarse las propiedades mecánicas de las losas sobre todo si llega a cortarse el acero de refuerzo. Las losas que por necesidades de obra deban cortarse diagonalmente, deben pe-

dirse a fábrica para que se haga una producción con un armado especial y además colocarles un estampado que los identifique.

Las losas para entrepiso tienen una ranura para su junteo donde se alojan las varillas de anclaje y bastones de continuidad, por lo cual es necesario colocarlas siempre con la ranura longitudinal hacia arriba y deberá ponerse el canto con ranura de una losa contra el canto sin ranura de la losa siguiente.

Si es necesario hacer algún resane, se recomienda usar el siguiente mortero en proporción volumétrica:

- 1 Parte del cemento gris
- 2 Partes de yeso o cal
- 5 Partes de polvo siporex

Se debe limpiar y mojar bien antes de resanar la parte dañada.

Colocación de las losas.- Sobre las vigas de acero las losas deben apoyarse directamente sobre el patín superior, para lo cual es necesario fijar las losas a -

los apoyos por medio del anclaje de las varillas incorporadas a las losas con las soleras colocadas en el patín superior de la viga o larguero; esta unión se hace por medio de soldadura.

Bastones de continuidad.- A continuación se procede a la colocación de los bastones de continuidad, los cuales van introducidos en las ranuras de las losas sobre los apoyos; estos bastones de continuidad están formados por varillas corrugadas con diámetro de 7 a 9 mm. y con una longitud aproximada de un 1/3 de la losa. Estas varillas se introducen a presión en el mortero de relleno, en forma tal que quedan totalmente embebidas en el mismo. Posteriormente se juntan las ranuras de las losas mojando bien las mismas antes de colar, para terminar con un firme colado en obra cuyo espesor deberá tener 3 cms. como mínimo, recomendándose no caminar sobre las losas antes de fraguar el colado.

Es necesario prever las juntas de dilatación previstas en el diseño estructural, -

además siempre que lo permitan los apoyos es aconsejable dejar separadas las cabezas de las losas 1 ó 2 centímetros y rellenar este espacio con morteros o con el concreto del firme.

En este entrepiso existe la opción de poder contratar los trabajos de colocación de losas con los fabricantes, lo cual aumenta la rapidez de la obra.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO TT.- El procedimiento constructivo de este tipo de entrepiso presenta características especiales, ya que se pueden elaborar los elementos de la super estructura con mucha anticipación; esto permite que exista simultaneidad entre los trabajos de excavación del terreno y cimentación con los de manufactura de los elementos estructurales para tener todo preparado para efectuar el montaje cuando el avance de obra lo permita.

Además de lo anterior este procedimiento permite la construcción en condiciones climatológicas extremas, ya que los ele-

mentos prefabricados puedan hacerse bajo techo por lo que es posible elaborar el concreto en climas extremadamente fríos o calientes.

Otra ventaja es que el trabajo puede llevarse a cabo tanto en el día como en la noche. Para la colocación de este entrepiso se requiere que el equipo de transporte y montaje tenga acceso al centro del área por cubrir y que el terreno se encuentre libre de obstáculos aéreos, tales como cables de energía eléctrica, teléfonos, árboles, etc. es recomendable que sean los propios fabricantes los que coloquen, ya que esto significa rapidez en la construcción y seguridad en los trabajos de montaje, dado que el manejo del equipo necesario requiere precauciones especiales, pues hay que considerar a las columnas que se encuentran sólo parcialmente rigidizadas antes de la colocación del entrepiso, por lo que un error de maniobra puede provocar la caída de una columna y esta a su vez arrastrar a otras más como desafortunadamente ya ha sucedido.

Otra de las ventajas que presenta este entrepiso prefabricado y presforzado es un ahorro de tiempo ya que no requiere cimbrado.

El junteo longitudinal y transversal - - - de las trabes TT se efectúa con mortero a base de cemento, arena en proporción volumétrica 1:3 ó 1:4 y por soldadura de conectores metálicos; para posteriormente colocar un armado de malla por temperatura y terminar la losa con el colado de un firme de concreto  $f'c=250 \text{ Kgs/cm}^2$ .

### III - 3.- INSTALACIONES EN LOS ENTREPISOS

Una variable que juega un papel importante en la elección de los entrepisos son las instalaciones, que deberán estar proyectadas con el auxilio del estructurista. Sin duda la cantidad de instalaciones que se alojan en un edificio típico comercial, institucional o industrial se ha incrementado a través de los años. Los avances tecnológicos han creado nuevos sistemas de intercomunicación de circuitos cerrados de televisión, así como instalaciones de sonido, alarmas, las de correo por medio de aire comprimido al grado de que actualmente el costo de las instalaciones puede exceder el 30% del costo total del edificio.

Con mucha frecuencia los problemas ocasionados por la distribución de instalaciones en un edificio dificultan más la tarea del Arquitecto y casi siempre los edificios de concreto son los que presentan más problemas; es por esa razón que la elección del entrepiso y la estructura deben contemplar la forma básica que toma

rán las instalaciones; por ejemplo, aunque el método más económico para proporcionar calefacción a un edificio puede ser el agua caliente, es posible que se tenga que usar calefacción eléctrica si la tubería necesaria no puede ser instalada.

En otras palabras el diseño estructural tendrá un gran efecto en el diseño de las instalaciones; y peor resultado puede ser que cueste más la instalación o la operación del sistema que el mismo equipo.

Pero no sólo debe considerarse el paso de las instalaciones a través de los elementos estructurales y en este caso particular los entrepisos; sino también el tamaño, peso, vibración y ruido que producen los equipos, así como los requerimientos de instalación necesarios para su correcto funcionamiento, ya que en los problemas de acomodo el propietario mira con recelo cualquier espacio que no es rentable, en vista de que el área construida para este tipo de unidades, es relativamente grande y necesita un amplio espacio alre-

dedor para su mantenimiento.

Independientemente de las consideraciones referentes al peso propio del equipo, ya que tan sólo un calentador llega a pesar hasta dos toneladas, razón por la cual se debe considerar esta concentración de carga en el entrepiso.

Otros equipos menos pesados son las unidades de ventilación, pero a cambio de eso tienen un elemento giratorio y por lo tanto requieren que se les coloque parcial o totalmente sobre muelles; y además asegurar que el entrepiso sea lo suficientemente rígido para evitar la transmisión de vibración o ruido, así como para minimizar los problemas de diseño sísmico que pueden resultar de la presencia de instalaciones montadas sobre muelles, en la parte superior de un edificio.

La consecución del espacio adecuado para instalaciones verticales, es generalmente más fácil, que la consecución de espacio para instalaciones horizontales; el punto crucial es el espacio entre la par-

te superior del techo y la inferior de las -  
trabes, sobre todo cuando el edificio requiere  
de aire acondicionado, en cuyo caso los -  
ductos necesitan un espacio de 30 cms. para  
los entronques laterales que generalmente se  
localizan bajo las trabes del entrepiso; es-  
te incremento de 30 cms. en cada planta se -  
traduce en un aumento de 4.5 M. para un edi-  
ficio de 15 niveles, lo que equivale aproxi-  
madamente a dos pisos más de construcción.  
Las instalaciones eléctrica, hidráulica y -  
aún la sanitaria, presentan menos problemas  
por tener las tuberías menor sección, razón  
por la que pueden fijarse con abrazaderas co-  
locadas durante la construcción, sin embargo  
toda obra debe contar con una instalación pa-  
ra alumbrado y otra para fuerza, lo cual re-  
quiere prever en muchos casos una subesta-  
ción eléctrica y frecuentemente una planta -  
de emergencia. No hay que olvidar que la vi-  
da de una instalación mecánica es limitada,  
por lo que se debe pensar que el acceso a -  
las zonas de instalaciones deben de ser lo -  
suficientemente amplias, para que dichas ins-

talaciones puedan ser sustituidas sin mayo-  
res alteraciones estructurales.

En los locales donde se suprime el plafón,  
debe pensarse en la altura necesaria de la  
cimbra para resolver el espacio necesario  
donde se alojarán las instalaciones.

Debe ponerse especial cuidado en las insta-  
laciones cercanas a las columnas, sobre to-  
do cuando son instalaciones pequeñas aloja-  
das en la losa, ya que en algunos entrepis-  
sos el doble armado de los capiteles deja  
muy pocas posibilidades para distribuir -  
las instalaciones.

Los fregaderos, lavabos, duchas e inodoros  
casi nunca se localizan en las áreas cen-  
trales del edificio, más bien en los alre-  
dores y todos ellos requieren alimenta-  
ción hidráulica, así como desagüe sanita-  
rio; por lo que exigen tomar precauciones  
para efectuar las perforaciones en el en-  
trepiso, reforzando las mismas con casqui-  
llos metálicos que deberán de colocarse -  
antes del colado de la losa y tener espe-  
cial cuidado en dichas perforaciones no -  
coincidan con las trabes del entrepiso.

A pesar de todas las precauciones que se tomen en la obra suele suceder que en el momento del colado queden mal ubicadas algunas perforaciones en el entrepiso, o que se presenten cambios de última hora; es aquí cuando se requiere de habilidad para hacer perforaciones en el entrepiso que no habrían sido previstas, estas nuevas perforaciones generalmente son difíciles y están sujetas a mucho más restricciones y sobre todo cuando se efectúan en elementos precolados, en los cuales pueden afectarse elementos importantes para el comportamiento estructural del entrepiso.

Cuando puedan presentarse estos casos conviene de antemano pensar en la posibilidad de un cambio de entrepiso, para las zonas donde se van a concentrar este tipo de instalaciones, a fin de disminuir el riesgo que estas perforaciones representan para entrepisos precolados.

Lo importante es que el Arquitecto establezca de antemano la relación estructura (entrepisos) instalaciones, y que la toma de

decisión no se haga cuando la construcción se encuentra muy avanzada, en la cual las instalaciones tengan que ajustarse a lo que está construido.

Por lo anterior resulta conveniente decidir de antemano que tipo de entrepiso debe usarse tomando en cuenta para esta decisión al estructurista, para brindarle la información que debe tomar en cuenta en el diseño estructural y para que todas las perforaciones y pasos de instalaciones queden indicadas en los planos estructurales.

Además de todo lo anterior resulta conveniente establecer previamente todos los ramales de las instalaciones del edificio, para evitar la interferencia de las líneas de recorrido ya que llega a suceder que cuando un contratista de aspersores necesita un paso de tubería a través de una trabe, resulta que éste ya ha sido ocupado por un plomo.

Si aparte de todo lo anterior se cuenta con una buena técnica de perforación como lo es el taladro de diamante para ejecutar las

perforaciones imprevistas, el Arquitecto se habrá ahorrado la mayor parte de los problemas que ocasionan las instalaciones en los edificios.

No hay que olvidar que todo edificio alto está expuesto a los daños ocasionados por descargas producidas por tormentas eléctricas, por lo que hay que prever también la instalación de pararrayos.

Por último un aspecto importante en los edificios altos son los equipos de transporte vertical como elevadores, montacargas y escaleras eléctricas que obligan a practicar aberturas necesarias en los entrepisos y además considerar las concentraciones de carga viva que generan las esperas en los vestíbulos, así como evitar que las vibraciones y ruidos que producen estos equipos se transmitan a la estructura.

**INSTALACIONES EN LOS ENTREPISOS DE CONCRETO ARMADO.-** Este tipo de entrepiso es ideal para las instalaciones sobre todo para aquellas que no son voluminosas, esta facilidad radica en gran parte debido a la versatili-

dad del procedimiento constructivo de este entrepiso, lo cual permite hacer cambios en el nivel de la losa para poder alojar sobre todo instalaciones hidráulicas y sanitarias; además de lo anterior permite el recorrido horizontal de ductos y tuberías mediante anclajes especiales de los mismos al entrepiso, y cuando la estructura es de concreto permite el paso horizontal de tuberías a través de elementos estructurales, debido a las características del eje neutro en las vigas de concreto armado.

Cuando se trata de instalaciones de mayor volumen como son los sistemas de aire acondicionado, ya sea que se llamen centrales o de paquete dado que son sistemas aproximadamente iguales, debe tenerse especial cuidado en la colocación de los equipos sobre el entrepiso debido al enorme peso de las mismas, y además debe vigilarse el libramiento necesario bajo los elementos estructurales para el recorrido horizontal de los ductos, ya que debido al tamaño de los mismos no es posible que atraviesen

las trabes de la estructura, razón por la cual tiene que incrementarse la altura del entrepiso, y si a esto agregáramos que la estructura de concreto armado requiere de trabes peraltadas por rigidez; tenemos que considerar que una instalación de aire acondicionado utilizando entrepisos de concreto armado, significa considerar un doble incremento en la altura del edificio.

INSTALACIONES EN ENTREPISO RETICULAR ALIGERADO.- Este entrepiso presenta problemas para alojar instalaciones debido a que las nervaduras son elementos estructurales que están a una distancia muy próxima una de la otra y además corren en ambos sentidos, por lo que resulta a todas luces más conveniente concentrar todas las instalaciones en una zona determinada para efectuar un cambio de losa; o bien correr todas las instalaciones por debajo de las nervaduras lo cual significa un incremento en la altura de los entrepisos sobre todo si las instalaciones están compuestas por diámetros mayores como pueden ser los ductos de aire acondi-

icionado esto significa además la necesidad de un plafón con lo cual se anula una de las ventajas de este entrepiso que consiste en que su estructura puede quedar aparente.

Debido a la gran capacidad de carga de este entrepiso no presenta ningún problema la colocación de equipos pesados sobre el mismo, recomendándose solamente tomar las previsiones necesarias para impedir que las vibraciones de los mismos no se transmitan a la estructura.

ROMSA.- Los ductos para el paso de las instalaciones verticales en este entrepiso, pueden ser hechos y reforzados en una dimensión máxima de 30 x 30 centímetros.

Cuando no requieran pavimento las instalaciones, las corrugaciones de la lámina pueden quedar aparentes, dándoles sólo algún acabado como tirol o pintura.

Las instalaciones pueden sujetarse por medio de ganchos y alambres, pero deberán preverse estas perforaciones, razón por la que es conveniente hacer una planeación

de las instalaciones con la participación de los diferentes contratistas, con el fin de señalar las restricciones que presenta este entrepiso, en cuanto al número y espaciamiento de los anclajes para sujetar los colgantes de los ductos y tuberías.

Debe tenerse un especial cuidado con la instalación del aire acondicionado; ya que debido al diámetro de los inyectores y extractores, éstos tienen que librar los elementos estructurales horizontales, lo cual debe preverse al calcular la altura a que deberá estar colocado el plafón.

Dadas las características especiales de este entrepiso sobre todo en cuanto a espesores de losa, resulta poco recomendable colocar sobre el mismo, equipos con un elevado peso o que el funcionamiento de los mismos produzca vibraciones.

INSTALACIONES EN ENTREPISOS TRIDILOSA.- Debido a que los componentes estructurales de este entrepiso están formados por elementos metálicos en forma espacial, es posible que los recorridos horizontales de las instala-

ciones tanto hidráulicas, como eléctricas y sanitarias puedan hacerse dentro de la losa, para instalaciones de mayor volumen como es el caso del aire acondicionado, éstas quedan sujetas alternativamente a dos que son: pasar por debajo de la estructura de la tridilosa o bien, introducirse dentro de la estructura cuando el peralte de la misma lo permita, y además librar el obstáculo de las barras diagonales o incluso en algunos casos suprimir las barras que indique el estructurista.

Cuando las instalaciones van por debajo de la tridilosa, es posible sujetarlas a la misma por medio de tirantes y abrazaderas, ya que debido a la forma de trabajo de este entrepiso no es factible hacer cambios en los niveles de la losa para alojar instalaciones, ya que esto equivale, a romper con la forma de trabajo de este entrepiso.

INSTALACIONES EN ENTREPISOS PRECOLADOS SIPO-REX.- Este entrepiso ofrece poca versatilidad para las instalaciones de diámetros mayores, sobre todo porque estas losas no deben

cortarse ni perforarse en obra, por lo que en caso de necesitarse perforaciones para el paso de instalaciones, éstas deben indicarse al fabricante para que se haga una producción con armado especial y además se riada, ya que por tener la losa un ancho limitado a 50 centímetros, es necesario que un paso de tubería a través del entrepiso sea tomado por dos elementos; o bien usar piezas de ajuste que son losas con una longitud menor a las demás de tal manera que esa reducción produzca un hueco en el entrepiso y de esta forma dejar el ducto para el paso de las instalaciones. En cualquiera de los dos casos es necesario sujetar a las losas afectadas con pernos y soleras de fierro.

Otro problema que presenta este entrepiso es que no permite la sujeción de tirantes para suspender la tubería horizontal de instalaciones, razón por la que éstas tienen que sujetarse de los largueros y vigas de la estructura portante.

INSTALACIONES EN ENTREPISOS"TT".- Debido a

las características estructurales de este entrepiso no es factible hacer cambios de losa para alojar las instalaciones, razón por la que éstas deben ajustarse a las condicionantes mecánicas de las vigas "TT". Dada la geometría de este entrepiso es posible la colocación de ductos horizontales dentro del peralte de la losa únicamente en el sentido de las trabes rigidizantes, es decir las trabes que van de columna a columna.

Cuando el recorrido de las instalaciones es en el sentido de las trabes portantes, se tiene que hacer una solución tipo peine que consiste en recibir en una tubería principal a todos los ramales secundarios que corran en el sentido de estas trabes, este recorrido troncal tiene que pasar por debajo de los nervios de las vigas "TT" para no dañar a estos elementos estructurales.

La perforación de la losa no presenta mayor problema siempre y cuando se haga sobre el patín, librando la parte superior de las vigas, recomendándose reforzar la perfora-

ción con abrazaderas de acero; estas perforaciones deben indicarse previamente al fabricante. También es posible utilizar la abertura para domos como ducto vertical, viene de fábrica con una anchura máxima de 90 centímetros por una longitud de 1.20 M., teniendo la precaución de colar un pretil utilizando el armado previsto en esa zona para reforzar el perímetro de la abertura.

### III - 4 TIEMPO COSTO

La edificación contemporánea se ve cada vez más presionada por la demanda e inflación; y son esos factores principalmente los que a su vez presionan a los arquitectos y constructores a emplear un enfoque diferente al tradicional para resolver esta problemática.

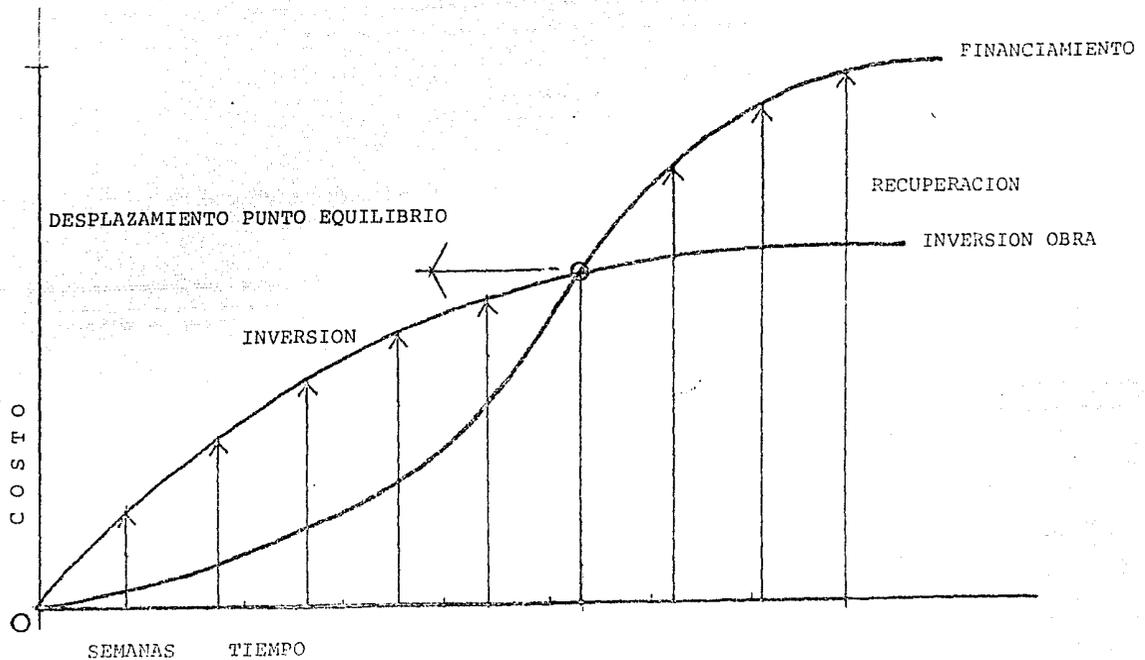
Uno de los varios efectos provocados por la inflación es la rapidez de ejecución de las obras para evitar deterioros económicos, ya que a menor tiempo de ejecución de la obra se obtiene una mayor economía en los recursos sobre todo en el económico, no sólo por la compra de materiales a un costo menor sino también por un ahorro en el pago de intereses y salarios por mano de obra.

Esto ha ocasionado que el tiempo asignado a las etapas de planeación y proyecto se reduzcan al mínimo, por lo que las etapas antes mencionadas tienen un arranque casi simultáneo con la iniciación de la obra, lo que se traduce en fallas y pérdidas económicas; pero aún así esta medida resulta

ventajosa, ya que el hecho de avanzar rápidamente en la obra se traduce en un beneficio económico mayor que las pérdidas ocasionadas.

De aquí surge la necesidad de adoptar una estrategia de acuerdo a estas condiciones, considerando que generalmente la reducción del tiempo va contra la calidad de la construcción, por lo que se requiere reforzar la línea de calidad y además buscar una normalización de los componentes constructivos entre los que destacan principalmente los entrepisos.

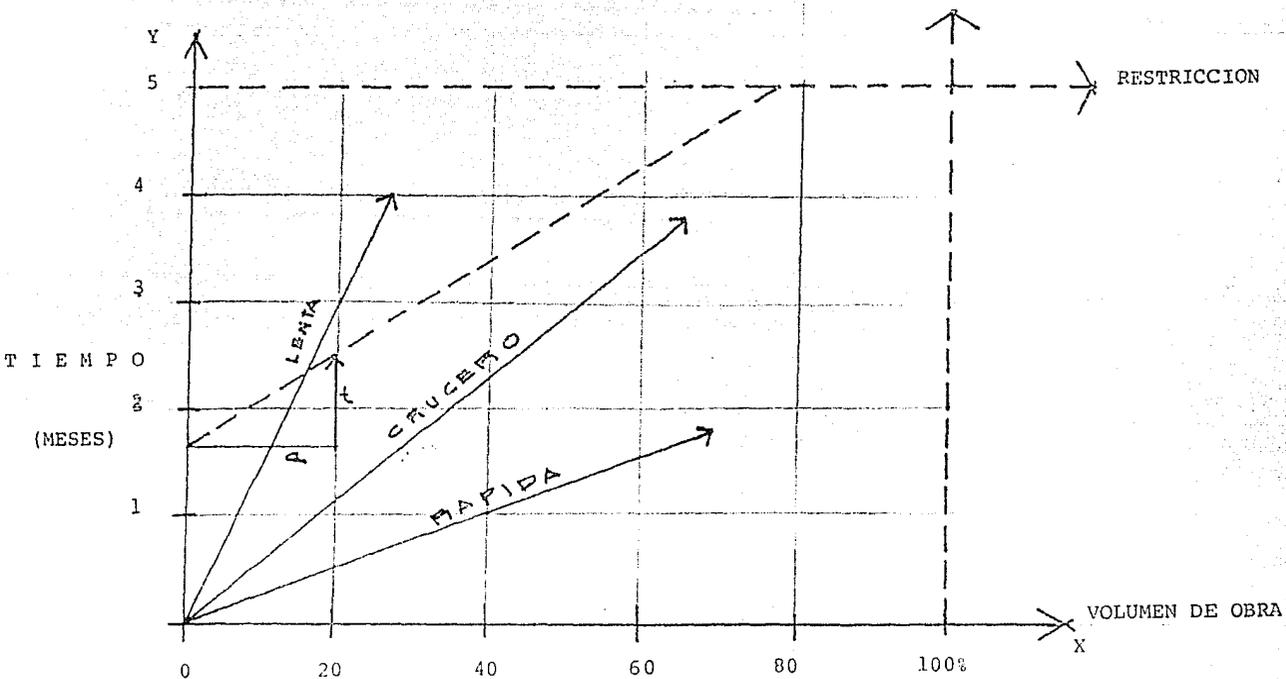
# FINANCIAMIENTO DEL EDIFICIO



OBJETIVO: DESPLAZAR EL PUNTO DE EQUILIBRIO PARA REDUCIR LA  
INVERSION DE LA OBRA.

RECOMENDACION: ACELERAR LOS TRABAJOS EN EL ARRANQUE DE OBRA.

METODO DE VECTORES



GRAFICA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE LA OBRA

MATRIZ COSTO TIEMPO

D. A. FÁSES DE ANÁLISIS U. A. ENTREPISOS	RAPIDEZ DEL PROCEDIMIENTO	FACILIDAD DEL PROCEDIMIENTO	COSTO DEL ENTREPISO	COSTO DE EJECUCION	EVALUA- CION
	4	2	2	2	
CONCRETO ARMADO	X 1 - 1	X 1 - 2	X 1 - 3	X 1 - 4	36
	Eval. 1x4 = 4	Eval. 6x2 = 12	Eval. 5x2 = 10	Eval. 5x2 = 10	
RETICULAR ALIGERADO	X 2 - 1	X 2 - 2	X 2 - 3	X 2 - 4	42
	Eval. 2x4 = 8	Eval. 5x2 = 10	Eval. 6x2 = 12	Eval. 6x2 = 12	
R O M S A	X 3 - 1	X 3 - 2	X 3 - 3	X 3 - 4	42
	Eval. 6x4 = 24	Eval. 3x2 = 6	Eval. 3x2 = 6	Eval. 3x2 = 6	
TRIDILOSA	X 4 - 1	X 4 - 2	X 4 - 3	X 4 - 4	18
	Eval. 3x4 = 12	Eval. 1x2 = 2	Eval. 1x2 = 2	Eval. 1x2 = 2	
SIPOREX	X 5 - 1	X 5 - 2	X 5 - 3	X 5 - 4	40
	Eval. 4x4 = 16	Eval. 4x2 = 8	Eval. 4x2 = 8	Eval. 4x2 = 8	
PRESFORZADOS	X 6 - 1	X 6 - 2	X 6 - 3	X 6 - 4	32
	Eval. 5x4 = 20	Eval. 2x2 = 4	Eval. 2x2 = 4	Eval. 2x2 = 4	

EXPLICACION DE LA TABLA.- La evaluación final de la matriz es la suma de los productos de las evaluaciones parciales; éstas se obtienen mediante la multiplicación de dos factores, el primer factor lo constituyen las diferentes unidades de análisis en relación con la dimensión analítica respectiva y por lo tanto sus valores difieren entre sí, el segundo factor es el valor estimado para cada una de las distintas fases de análisis y su valor es constante.

Para la elaboración de la matriz es necesaria la asesoría de especialistas que tengan experiencia en el campo de las diferentes fases de análisis; debiendo considerarse a esta matriz como uno de los varios instrumentos que pueden utilizarse para llegar a la toma de decisión.

## R E C O M E N D A C I O N E S .

Cuando se tiene que tomar la decisión para elegir el entrepiso que debe utilizarse en un edificio determinado, es necesario establecer con claridad y anticipadamente los requerimientos básicos que deben cumplirse, para lo cual se deben establecer las relaciones entre las diferentes variables que intervienen en el proceso de la elección, siguiendo una secuencia ordenada que facilite la revisión y evaluación de cada una de las variables; ya que es precisamente la interrelación de las mismas lo que determinará el resultado final.

Algunas veces la mejor elección del entrepiso se obtiene cuando se implica un curso de acción que no estaba considerado entre aquellos que se creían disponibles, pero que se reveló en forma subsiguiente, por lo que se recomienda considerar todas las variables posibles efectuando una investigación intensa en aquellas que parezcan más obvias, ya que algunas veces resultan falsas y este descubrimiento trae como consecuencia que se revelen cursos de acción -

que estaban ocultos; en virtud de que -  
es más fácil equivocarse en todo aque-  
llo que se acepta sin prueba, por lo -  
que se hace necesario aceptar únicamen-  
te como válidas aquellas variables en -  
que pueda efectuarse la comprobación o  
la verificación de la hipótesis propues-  
ta.

## C O N C L U S I O N E S.

La elección de entrepisos para edificios - altos es algo más que hacer una selección de catálogo ya que por el simple hecho de ser los componentes ortogonales a las columnas convierte al entrepiso en la gran - construcción horizontal de la gran edifica - ción vertical.

La función del entrepiso es múltiple razón por la cual es importante considerar los - factores técnicos económicos, plásticos, - psicológicos, acústicos, térmicos, de ins - talaciones y de seguridad a los usuarios - sobre todo cuando ésta depende del compor - tamiento que pueda tener el entrepiso cuan - do sea sometido a sollicitaciones extremas provocadas por sismo o incendio.

Es necesario que el arquitecto conozca los recursos de proyecto con que cuenta para - hacer frente a estas emergencias y también los análisis que se requirieren efectuar pa - ra fundamentar su toma de decisión y de es - ta manera participar activamente en la so - lución integral del edificio, evitando con esto que sean otros especialistas los que impongan criterios constructivos y cambios de proyecto.

B I B L I O G R A F I A

BOSCH GARCIA CARLOS	LA TECNICA DE LA INVESTIGACION DOCUMENTAL	EDITORIAL EDICOL
G. POLYA	COMO PLANTEAR Y RESOLVER PROBLEMAS	EDITORIAL TRILLAS
LOPEZ CANO JOSE LUIS	METODO E HIPOTESIS CIENTIFICO	EDITORIAL TRILLAS
KRAUZE ROSA	INTRODUCCION A LA INVESTIGACION FILOSOFICA	U. N. A. M.
ROJAS SORIANO RAUL	GUIA PARA REALIZAR INVESTIGACIONES SOCIALES	EDITORIAL TEXTOS UNAM
WALTER GROPIUS	ALCANCES DE LA ARQUITECTURA INTEGRAL	EDICIONES LA ISLA
ALVARO SANCHEZ	SISTEMAS ARQUITECTONICOS Y URBANOS	EDITORIAL TRILLAS
GEREZ GRIJALVA	EL ENFOQUE DE SISTEMAS	EDITORIAL LIMUSA
BARBARA ZETINA F.	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION	EDITORIAL HERRERO
ACKOFF SASIENI	FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES	EDITORIAL LIMUSA
ACKOFF-PATRICK RIUSTT	LA INVESTIGACION OPERATIVA EN LA EMPRESA	EDITORIAL SAGITARIO
D. D. F.	REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES	DIARIO OFICIAL
REVISTA OBRAS No. ESP.	EL ACERO ESTRUCTURAL EN LA CONSTRUCCION	EDITORIAL EXPANSION
(A. C. I. 318-63)	REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DEL CONCRETO REFORZADO	I.M.C.Y.C.
LUIS R. RUIZ	MATERIALES DE CONSTRUCCION	CASTA LUMEN
FEDERICO SANCHEZ F.	VOCES INDUSTRIALES	I.M.C.Y.C.
RODOLFO C. AVITIA G.	FABRICACION DEL CONCRETO	I.M.C.Y.C.
OSVALDO J. POZZI A.	MANUAL DEL CALCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO	INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINA
A. C. I. 302 1R-80	CONSTRUCCION DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO	I.M.C.Y.C.
GARCIA RAMOS DOMINGO	INICIACION AL URBANISMO	U. N. A. M.
HEINRICH SCHMITT	TRATADO DE CONSTRUCCION	G. GILI
CALDERON BERNARDO	DISEÑO DE ESTRUCTURAS ARQUITECTONICAS RESISTENTES A TEMBLOR	U. N. A. M.

FIRE PROTECTION PLANNING	SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN EDIFICIOS ALTOS	PORTLAND CEMENT ASSOCIATION
JAMES GERE Y NEAVER W.	ANALISIS DE ESTRUCTURAS RETICULARES	I.M.C.Y.C
ALFRED A. YEE	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE EDIFICIOS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO	I.M.C.Y.C.
RUSSELL L. ACKOFF	EL ARTE DE RESOLVER PROBLEMAS	EDITORIAL LIMUSA
HANS-HENN S.	EL ATLAS DE LA CONSTRUCCION	EDITORIAL AGUILAR
H. SCHMITT	TRATADO DE LA CONSTRUCCION	EDITORIAL AGUILAR
C. ESSELBORN	TRATADO GENERAL DE CONSTRUCCION	G. GILI
SAAD ANTONIO M.	TRATADO DE CONSTRUCCION	C.E.C.S.A.