



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ESTUDIO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL  
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE CAMARAS  
FRIGORIFICAS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**PEDRO EDUARDO AGUILAR CERVANTES**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. ROBERTO GOMEZ MARTINEZ**



**MEXICO, D. F.**

**OCTUBRE, 2004**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/066/03

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: AGUILAR CERVANTES  
PEDRO EDUARDO  
FECHA: 13 DE OCTUBRE DE 2004  
FIRMA:

Señor  
**PEDRO EDUARDO AGUILAR CERVANTES,**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **DR. ROBERTO GÓMEZ MARTÍNEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ESTUDIO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS"**

- INTRODUCCIÓN
- I. ESTUDIOS PREVIOS
- II. PROYECTO
- III. EVALUACIÓN DE TIEMPOS Y COSTOS
- IV. EJECUCIÓN DEL PROYECTO
- V. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL
- VI. TRINCHERAS DE VENTILACIÓN
- CONCLUSIONES
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 26 de agosto de 2003.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL,  
TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA**

**OFICIO FING/DCTG/SEAC/UTIT/066/04**

ASUNTO: Solicitud de Jurado para Examen Profesional.

**M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM  
Presente.**

El señor PEDRO EDUARDO AGUILAR CERVANTES, registrado en esta facultad con el número de cuenta 09206759-4, en la carrera de **INGENIERO CIVIL**, quien ha cubierto los requisitos académicos necesarios para realizar sus trámites de Examen Profesional, le solicita atentamente autorice el siguiente jurado:

ASIGNACIÓN	NOMBRE	R.F.C
PRESIDENTE:	ING. JOSÉ FRANCISCO TÉLLEZ GRANADOS	TEGF-440422
VOCAL:	DR. ROBERTO GÓMEZ MARTÍNEZ	GOMR-540629
SECRETARIO:	ING. ERNESTO RENÉ SÁNCHEZ MENDOZA	MESE-490307
1er. SUPLENTE:	M.I. JOSÉ ANTONIO KURI ABDALA	KUAA-450515
2do SUPLENTE:	M.I. REGINALDO HERNÁNDEZ ROMERO	HERR-660217

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, a 9 de septiembre del 2004.  
EL JEFE DE LA DIVISIÓN

DR. ALBERTO JAIME P.

AJP/MTH/crc

ENTERADO

SR. PEDRO EDUARDO AGUILAR CERVANTES

EP-4

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, por las bendiciones que siempre me ha brindado, la familia que me ha dado, la salud, y las ganas de ser cada día mejor ser humano.

A MIS PADRES, por todo su apoyo, cariño, amor y comprensión que hacen que la vida sea más sencilla. Porque son personas maravillosas que me han enseñado los valores de la vida.

A MIS HERMANOS, que siempre han sido un gran apoyo para mí y me han ayudado a salir adelante en los momentos difíciles.

A MI ABUELA, que siempre me ha querido, comprendido y por ser un gran ejemplo de fortaleza y perseverancia.

A MIS TIOS Y TIAS, por ser grandes personas, porque siempre están conmigo y por su ayuda incondicional.

A MIS AMIGOS, por compartir conmigo grandes momentos y porque cuento con ellos en todo momento.

A MIS PROFESORES, por todas sus enseñanzas y por su ejemplo a seguir.

# **Estudio y Procedimiento Constructivo del Reforzamiento Estructural de Cámaras Frigoríficas.**

## **Introducción**

### **I.- Estudios Previos**

- I.1 Levantamiento topográfico
- I.2 Estudio de mecánica de suelos
- I.3 Revisión de la resistencia del concreto de elementos estructurales
- I.4 Evaluación general del estado de las cámaras

### **II Proyecto**

- II.1 Alternativas de solución
- II.2 Elaboración del proyecto de reforzamiento

### **III.- Evaluación de Tiempos y Costos**

- III.1. Catalogo de conceptos
- III.2. Especificaciones generales
- III.3. Precios unitarios
- III.4. Calculo de tiempo de ejecución
- III.5. Presupuesto

### **IV.- Ejecución del Proyecto**

- IV.1 Propiedades de los materiales utilizados y control de calidad
  - IV.1.1 Concreto
  - IV.1.2 Acero
  - IV.1.3 Poliestireno

### **V Reforzamiento Estructural**

- V.1 Procedimiento constructivo
  - V.1.1 Elaboración e hincado de pilotes
  - V.1.2 Colocación de material térmico
  - V.1.3 Elaboración de la losa de rodamiento
  - V.1.4 Reforzamiento en columnas de concreto

### **VI Trincheras de Ventilación de Aire**

- VI.1 Procedimiento constructivo
  - VI.1.1 Excavación y estabilización de talud
  - VI.1.2 Colocación de sistema de aire caliente

### **Conclusiones generales**

### **Referencias Bibliográficas**

## **Introducción**

Las cámaras fueron construidas en el año de 1976 y ocupan una superficie aproximada de 3600 m<sup>2</sup>. Las cámaras son de un nivel, con alturas de entrepiso de aproximadamente 6.80 m, sus cubiertas son a dos aguas. El sistema de cubiertas es a base de láminas apoyadas sobre largueros y estos a su vez se apoyan en armaduras principales, las cuales se apoyan sobre columnas de concreto armado. Adicionalmente existe un plafón formado con material aislante especial, que se sostiene mediante armaduras secundarias apoyadas en la cuerda inferior de las armaduras principales.

Los muros de las cámaras son de tabique rojo recocido confinados mediante dadas y castillos, y tienen un recubrimiento a base de un material aislante de 20 cm. de espesor, excepto de los muros exteriores de las cámaras.

La cimentación de las cámaras está resuelta mediante una losa de concreto reforzado de 20 cm. de espesor apoyada perimetralmente sobre traveses de concreto, y éstas a su vez en pilotes de fricción de sección circular de 19, 24 y 25 m de longitud y de 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 y 0.50 m de diámetro.

El sistema de piso de las cámaras está formado por una losa de rodamiento de 15 cm. de espesor, y una capa de 20 cm. de espesor a base de un material aislante, apoyado sobre la losa de cimentación.

De acuerdo a la Zonificación Geotécnica del Valle de México que se indica en el artículo 175, capítulo sexto, del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, las cámaras se ubican en la Zona III, o de (Lago Virgen).

Estas cámaras han trabajado a temperaturas de congelamiento durante varios años y recientemente a temperaturas de refrigeración, lo que ocasionó que el suelo bajo ellas se congelara y posteriormente regresará a su temperatura inicial, con lo que se aceleraron los efectos de consolidación de los suelos, provocando efectos visibles en las estructuras como son desplomes y deformaciones, tanto de los marcos de la estructura como en los pisos de rodamiento.

Con el propósito de determinar las causas que ocasionaron los daños que presentan las cámaras frigoríficas, así como establecer el grado de seguridad estructural con que actualmente operan, se realizaron diversos estudios, para analizar y establecer, mediante la realización de un proyecto de reforzamiento, la solución más factible a este problema y que cumpla con los requisitos que establece el Reglamento de Construcción y normas vigentes para el Distrito Federal.

Para lograr este fin se llevaron a cabo los siguientes estudios:

- 1.- Levantamiento topográfico
- 2.- Estudio de mecánica de suelos
- 3.- Revisión de la resistencia del concreto de elementos estructurales

El levantamiento topográfico permitió conocer la configuración actual de las diversas cámaras, tanto en lo que respecta a los desplomes como a los niveles que estas presentan.

El estudio de Mecánica de Suelos, inició en campo con la perforación de un sondeo mixto, dos sondeos de cono eléctrico y siete pozos a cielo abierto, con lo que fue posible conocer las propiedades índice y mecánicas actuales del suelo y poder analizar los efectos del congelamiento y el posterior descongelamiento.

Así mismo la extracción y ensaye de núcleos de concreto de los diversos elementos estructurales, permitió conocer las características del concreto reforzado de que están formados, así como la posibilidad de estudiar el comportamiento de dichos concretos, bajo temperaturas de congelamiento y sus probables deformaciones.

Con los resultados de estos estudios previos, se analizaron las posibles soluciones, que cumplieran con los requerimientos de la problemática de las estructuras analizadas, así como la de la empresa almacenadora, y se eligió una de ellas, para su posterior aplicación mediante un procedimiento específico de construcción.

Para evitar el congelamiento del suelo, en las alternativas de solución, se consideró la construcción de trincheras de ventilación de aire caliente, a lo largo de toda la losa de cimentación.

Con los resultados de los trabajos de campo y laboratorio antes mencionados, se efectuó una revisión estructural integral de las cámaras, lo que permitió determinar sus condiciones actuales de trabajo y sus limitaciones para seguir operando bajo las mismas condiciones.

Con estos estudios previos se pudieron determinar las posibles causas que ocasionaron el deterioro que actualmente presentaban estas cámaras y establecer diferentes alternativas de solución para poder continuar en operación, llegándose inclusive a elaborar un proyecto de reforzamiento que cumpliera con las especificaciones del actual Reglamento de Construcciones para el D.F., y que satisfaga las necesidades particulares de la almacenadora, como son lograr la máxima capacidad de almacenaje, trabajando bajo condiciones específicas de congelamiento.

## **Capítulo I. Estudios Previos**

### **I.1. Levantamiento Topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico de cinco cámaras frigoríficas de la Almacенadora de alimentos. Al inicio de este levantamiento, se realiza un recorrido por el área a levantar; en este recorrido se define la manera en que se desarrollarán los trabajos y se planea la poligonal de apoyo a partir de la cual se hace el levantamiento de la zona en estudio.

#### **Trabajos de campo**

Los trabajos de campo, se realizaron con una brigada formada por un ingeniero topógrafo, dos cadeneros y un estadalero.

Todos los trabajos realizados durante esta etapa, se referenciaron adecuadamente. Para el apoyo de trabajos posteriores, se colocaron marcas con clavos de acero y pintura, claramente identificados.

Para la nivelación de las cámaras, se trazó una cuadrícula en los pasillos del interior de las mismas, empleando los mismos ejes de referencia que sirvieron de base para la construcción de las bodegas, con los cuales se niveló el piso de todas y cada una de las cámaras.

Adicionalmente, se midieron los desplomes de todas las columnas visibles, determinándose éstos en dos sentidos, lo que permitió determinar la torsión y la flexión que han sufrido estos elementos estructurales.

El levantamiento topográfico de la poligonal principal y las radiaciones se realizaron a partir de la medición de ángulos a la derecha tanto para las poligonales como para las radiaciones. Con lo anterior se identificó la infraestructura existente en el lugar, tales como pasillos, columnas, pozos de visita, registros, señales, instalaciones especiales, etc.

La poligonal de apoyo fue del tipo abierta y quedó definida por puntos, localizados en los pasillos y en el interior de las cámaras.

### **Equipo utilizado**

Los instrumentos utilizados en el levantamiento topográfico fueron los siguientes:

- a). – Teodolito marca Carl Zeiss Theo 010.
- b). – Nivel Automático Carl Zeiss Modelo N-1 050.
- c). – Equipo complementario (Tripié, cinta metálica, plomadas, balizas, prismas, etc.)

Con este equipo se procedió a trazar la poligonal de apoyo, sobre la que se realizaron las radiaciones a los puntos de interés, así como los límites de la construcción, ubicación de columnas, etc., obteniendo para cada lectura, los ángulos horizontales y las distancias, y con base en cálculos trigonométricos se determinaron las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , de cada uno de estos puntos; estas coordenadas sirvieron para dibujar toda la configuración de las cámaras de refrigeración.

### **Trabajos de gabinete**

Después de realizar los trabajos de campo, para continuar con el cálculo de la poligonal de apoyo se efectuó la revisión detallada de los registros de campo, estableciendo un vértice de origen para ubicar el resto de los vértices con base en sus ángulos horizontales y su correspondiente distancia. Se preparó un dibujo borrador, para revisar los posibles datos faltantes, se encontró que se contaba con los datos completos.

Con la información obtenida en campo se procedió a realizar en gabinete el cálculo de la poligonal principal y de las radiaciones, con las cuales se obtuvieron las coordenadas y las

elevaciones de los vértices levantados. Utilizando esta información se realizó el cálculo de distancias, rumbos y elevaciones.

Con base en la información de campo se procedió a calcular los desniveles con respecto a la estación desde la cual fue visada. A partir de esta información se obtuvieron también los niveles de las secciones transversales.

En una segunda etapa, se realizó la integración de la información utilizando el programa Civil-Cad, versión 5.1.2, calculando de esta manera las coordenadas de cada radiación.

## **I.2 Estudio de Mecánica de Suelos**

### **Geología Regional**

El sitio se ubica en la denominada provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, la cual comprende una amplia franja que cruza la República Mexicana de Este a Oeste, abarcando parte de los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Morelos, Michoacán, Jalisco, Colima y la totalidad del Estado de México, Tlaxcala y el Distrito Federal. La provincia está caracterizada por ser una altiplanicie situada a más de 2000 m sobre el nivel medio del mar, donde sobresalen cerros de varios cientos de metros de altura, de los cuales la mayoría representa aparatos volcánicos, con sus respectivas lavas, brechas y cenizas, cuya composición litológica va desde el Plioceno Tardío hasta el reciente. Entre los cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas que están formadas en gran parte por rellenos aluviales o lacustre, como es el caso del valle de la ciudad de México.

## **Geología Local**

La cuenca del valle de México, se formó después de una época de intensa actividad volcánica, en la cual aparecieron las sierras. El conjunto de montañas formó un vaso de almacenamiento natural en el que se depositaron rellenos Cuaternarios.

Entre la aparición de las sierras de Río Frío y las Cruces, que ocurrió en el Plioceno, y el cierre total de la cuenca durante el Cuaternario Superior ( que corresponde a la formación de la Sierra del Chichinautzin) existían dos grandes Valles que drenaban sus aguas, hacia el Río Amacuzac, hacia el Sur. Durante el desarrollo de estos valles se formaron acarreo aluviales que alcanzaron un espesor de hasta 1000 m. Después por la actividad volcánica, ocurrió el cierre de la cuenca, y continuó la formación de los depósitos aluviales antes mencionados.

Estos depósitos provienen de la sedimentación de cenizas volcánicas, producidas por las emisiones volcánicas de la Sierra Chichinautzin, las cuales fueron transportadas por el viento o por corrientes de agua hacia los lagos de la cuenca. Observando las formaciones en orden ascendente; se identifican las formaciones Tarango y Tacubaya, a continuación las formaciones Becerra, Barrilazo y Totolsingo. Esta clasificación es de origen Geológico y de ella se derivan las definiciones para la llamada Zona de Lago de la Ciudad de México cuya estratigrafía General es la siguiente:

- ❖ Costra Dura
- ❖ Formación Arcillosa Superior
- ❖ Primera Capa Dura
- ❖ Formación Arcillosa Inferior
- ❖ Depósitos Profundos

## **Zonificación Geotécnica**

De acuerdo a la zonificación geotécnica, el sitio en estudio se encuentra en la denominada Zona de Lago. La Zona de Lago se caracteriza por potentes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad, que subyacen a una costra superficial de espesor variable en cada sitio, dependiendo de su localización e historia de cargas. La zona de lago corresponde al sector oriente del lago, cuyos suelos prácticamente han mantenido sus propiedades mecánicas desde su formación; sin embargo el reciente desarrollo de esta zona de la ciudad está incrementando las sobrecargas en la superficie y el bombeo profundo. Por ello la zona de lago se ha dividido a su vez en tres subzonas, atendiendo a la importancia relativa de los factores independientes:

La zona denominada Zona de Lago Centro I, está asociada al sector no colonial de la ciudad, que se desarrolló a partir de principios de este siglo y ha estado sujeto a las sobrecargas generadas por construcciones pequeñas y medianas; las propiedades mecánicas del subsuelo de esta zona representan una condición intermedia entre el Lago Virgen y el Lago Centro II.

La Zona de Lago Centro II corresponde a la antigua traza de la ciudad, donde la historia de cargas aplicadas en la superficie ha sido muy variable; esta situación ha provocado que en esta subzona se encuentren condiciones variables.

Así mismo, el intenso bombeo para surtir de agua a la ciudad se ha reflejado en el aumento general de la resistencia de los estratos de arcilla por efecto de consolidación inducida.



## **Trabajos de Campo**

### **Pozos a cielo abierto**

Además de investigar el tipo de cimentación que tienen las cámaras de refrigeración y con el objeto de tener un conocimiento estratigráfico completo de los materiales superficiales que constituyen el subsuelo del lugar, se llevó a cabo la excavación manual de 6 pozos a cielo abierto (PCA`S) hasta una profundidad variable entre 2.40 y 3.10 m. Para definir el tipo de suelo, el color, la textura y la compacidad y con la finalidad de conocer las características representativas de los materiales en cuestión, se llevó a cabo la extracción de una muestra cúbica de cada uno de los pozos. Se realizó a su vez una clasificación visual y al tacto de los materiales encontrados en los diversos estratos. Las muestras cúbicas obtenidas se protegieron cuidadosamente con manta de cielo y sobre ésta se aplicaron capas de parafina para evitar pérdidas de humedad, a continuación se etiquetó e identificó debidamente cada muestra.

Todas las muestras obtenidas durante los trabajos de campo se llevaron al laboratorio para realizarles las pruebas correspondientes.

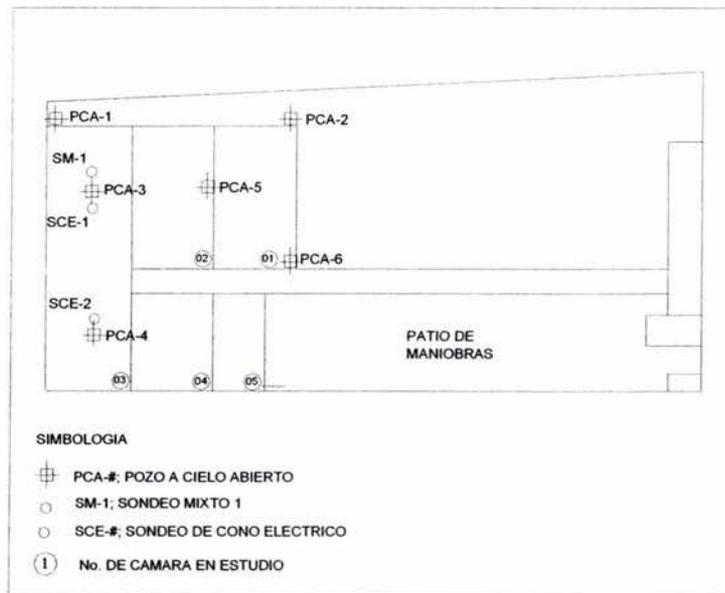
Es importante destacar que a todas las muestras de suelo se les determinó su temperatura, a fin de conocer si presentaba indicios de congelamiento o sólo refrigeración, así como para conocer sus variaciones entre sí.

El nivel de aguas freáticas (N.A.F.) en cada uno de los pozos a cielo abierto se localizó a las profundidades que se indican en la siguiente tabla.

Sondeo o pozo a cielo abierto	Profundidad (N.A.F.) (m)
PCA-1	2.40
PCA-2	2.40
PCA-3	2.45
PCA-4	2.40
PCA-5	3.10
PCA-6	2.40
SM-1	2.45

**Tabla No. 1. Profundidad del Nivel de aguas Freáticas (N.A.F.), localizado en los pozos a cielo abierto**

La ubicación de los pozos a cielo abierto y de los sondeos mixtos y de cono eléctrico se muestra en la figura No. 2



**Fig. No.2 Localización de PCA'S, SCE Y SM en interior de cámaras**

## **Sondeo Mixto**

Adicionalmente a la excavación de los pozos se realizó un sondeo mixto con recuperación de muestras alteradas con penetración estándar e inalteradas utilizando tubo shelby, denominado SM-1 hasta una profundidad de 32.20 m. De acuerdo con la especificación ASTM-D 1585-67, el método de penetración estándar, que permite recuperar muestras alteradas, consiste en hincar en el suelo un penetrómetro estándar de pared gruesa de 60 cm de largo, por medio de golpes aplicados con una masa de 64.5 kg de peso, que se deja caer desde una altura de 75 cm contándose el número de golpes (N) necesarios para penetrar en el suelo los 30 cm centrales del tubo muestreador.

El tubo de pared delgada (Shelby), empleado en este caso para obtener muestras de tipo inalteradas, consistió en un tubo de pared delgada de un metro de largo, 4" de diámetro y 3 mm de espesor, achaflanado en el extremo inferior; en la parte superior se conecta a un cabezal de balines.

El muestreo se realiza hincando a presión el tubo en el suelo a razón de 5 a 10 cm/s de acuerdo a la Norma ASTM-D1587-74. Una vez que el tubo Shelby se llena con el material muestreado se deja en reposo un par de minutos para permitir la adherencia del suelo material al tubo, posteriormente se saca del fondo del barreno a la superficie, se le retira el azolve y se cubren sus extremos con parafina para conservar en lo posible el contenido natural de agua de la muestra y evitar alteraciones que pudieran modificar sus propiedades índice y mecánicas.

## **Sondeos de Cono Eléctrico (SC-1 y SC-2)**

La exploración geotécnica se complementó mediante dos sondeos de cono eléctrico denominados SC-1 y SC-2 a 28.70 y 28.00 m de profundidad, respectivamente, obteniéndose valores de la resistencia a la penetración por punta a lo largo de cada estrato que se va encontrando; la interpretación de estos valores permitió definir con precisión los cambios de las condiciones estratigráficas del sitio y estimar en una primera

instancia la resistencia al corte de los suelos mediante correlaciones utilizadas en la práctica de la ingeniería de suelos, la cual se confirmó posteriormente con ensayos de laboratorio, realizadas a las pruebas obtenidas en el muestreo directo.

El equipo que se empleó consiste de una celda de carga con dos unidades sensibles, instrumentadas con deformímetros eléctricos (strain gages), de 2.5 t de capacidad de carga, resolución de 1 kg y 3.6 cm de diámetro exterior. La fuerza que se desarrolla en la punta cónica se mide en la celda a través de un mecanismo electrónico, la señal de salida del cono es transmitida con cables a la superficie donde la recibe un aparato receptor y la transforma en señal digital, cuyas lecturas se pueden observar en la consola de control a través de la pantalla de líquido.

El cono se hincó en el suelo (compresión hidráulica), mediante una columna de barras de acero EW de 3.6 cm de diámetro exterior, por cuyo interior se introduce el cable que lleva la señal a la superficie. La fuerza necesaria para el hincado se generó con un sistema hidráulico con velocidad de penetración controlada; esta acción se realizó con una perforadora JOY-B12, debidamente anclada al terreno natural.

La velocidad de hincado del cono en el subsuelo fue de 1 cm/s; es importante destacar que durante la prueba se mantuvo la velocidad en forma constante.

### **Trabajos de Laboratorio**

Los trabajos efectuados sobre las muestras obtenidas durante la campaña de exploración y muestreo, consistieron básicamente en lo siguiente:

#### **Determinación de propiedades índice**

Primeramente se procedió a realizar una clasificación macroscópica en forma visual y al tacto de cada una de las muestras, con las cuales se determinaron las características del suelo como son: el color, textura, resistencia de quebrantamiento, tanto en estado seco como en estado natural; así como el contenido natural de agua (%), densidad de sólidos y

determinación del porcentaje de finos. Con todos los datos anteriores se efectuó una clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos (SUCS).

### **Determinación de propiedades Mecánicas**

Se efectuaron pruebas de consolidación unidimensional aplicando incrementos de carga a una probeta de suelo confinada lateralmente. Este ensayo proporcionó las características de compresibilidad del suelo, necesarias para la estimación de los asentamientos que se seguirán presentando en cada estrato encontrado.

Así mismo en las muestras inalteradas seleccionadas, se determinaron las propiedades mecánicas a través del ensayo a la compresión triaxial no consolidado no drenado (UU); y de resistencia a la compresión simple.

Para los ensayos de compresión simple, al igual que en los ensayos de compresión triaxial, se labraron probetas cilíndricas de 8.0 cm de altura en promedio y 3.5 cm de diámetro, las cuales se sometieron a carga axial hasta llegar a la falla, obteniéndose durante el proceso la curva esfuerzo- deformación.

La compresión triaxial se realizó en tres probetas cilíndricas similares a las descritas anteriormente, siendo el esfuerzo confinante distinto para las pruebas del tipo UU. Con este ensayo se obtuvo en forma precisa la envolvente de falla de los círculos de Mohr y a través de ellos los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna, para cada estrato localizado.

### **Estratigrafía**

De acuerdo con la información recabada en la campaña de exploración y muestreo, y los resultados de los ensayos de laboratorio y el análisis de las condiciones geotécnicas, se definió la siguiente estratigrafía en el sitio:

De 0.00 a 0.50 m	Se encontró una estructura aislante formada por una losa de concreto reforzado de 0.15 m de espesor, una capa de poliestireno cubierto de papel aluminio de 0.15 m de espesor, y una losa de concreto con acero de refuerzo de 0.20 m de espesor.
De 0.50 a 1.80 m	Se detectó un relleno de tezontle empacado en arcilla limosa café claro amarillento. El porcentaje de finos varía de 5.70 a 72.06%, el de arenas de 94.30 a 16.18% y el de gravas de 0.00 a 11.76% con un contenido de agua que va de 8.51 a 85.78%; el número de golpes (N) se encuentra entre 1 y 8.
De 1.80 a 28.90 m	Arcilla limosa de consistencia muy blanda de colores gris verdoso y café rojizo, con un contenido de agua que varía de 94.59 a 462.67%, el porcentaje de finos se encuentra entre 13.83 y 99.85%, el de arena de 0.15 a 99.85%, y el de grava de 0.00%. El número de golpes (N) de la prueba de penetración estándar se encuentra entre 1 y 8.
De 28.90 a 32.20m	Arcilla limosa dura con arena fina de color gris verdoso con un contenido de agua que varía de 37.09 y 155.89%; el porcentaje de finos varía de 51.53 a 93.96%, el de arena de 6.04 a 42.53%, y el de grava de 0.00 a 5.94%; el número de golpes (N) es de 49 en promedio.

El nivel de aguas freáticas se encontró en la mayoría de los PCA`s a 2.40 m de profundidad.

### **Análisis Geotécnico**

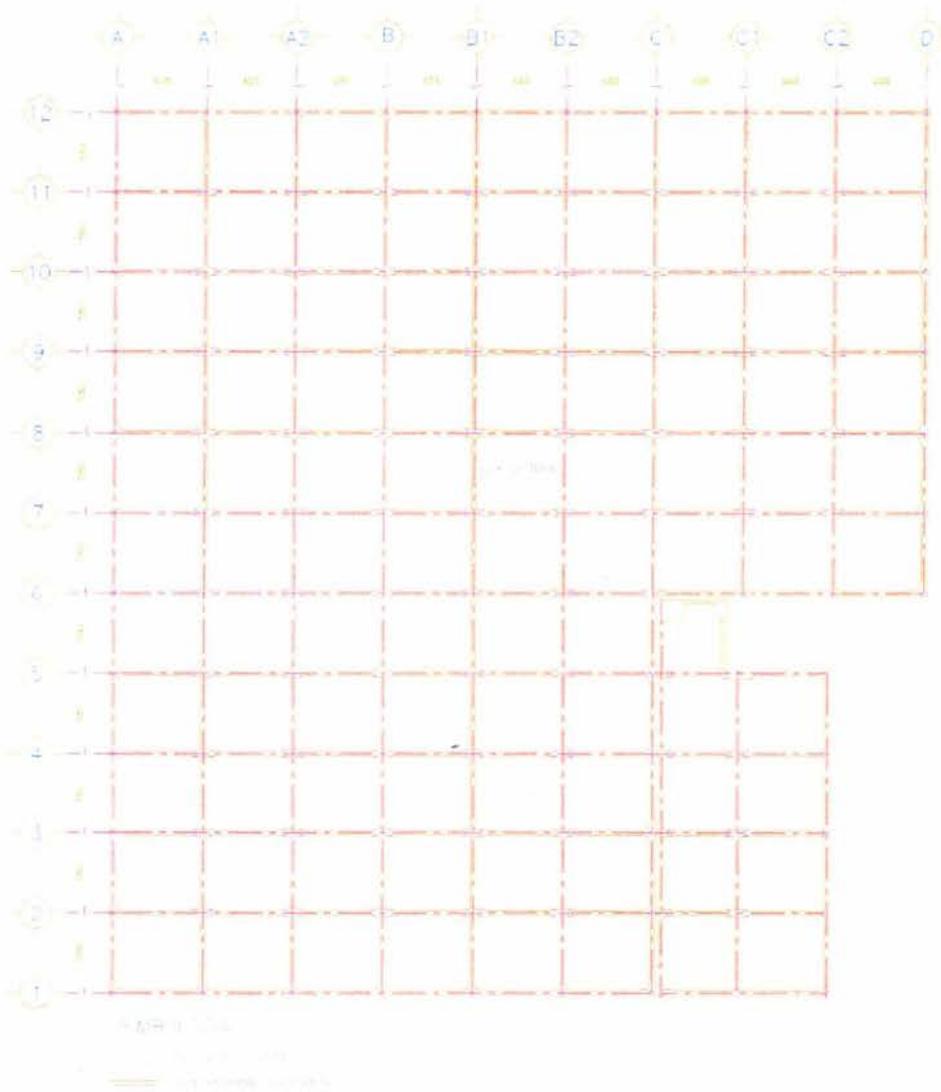
Las cámaras se encuentran ubicadas en la Zona III y tienen una cimentación mixta a base de pilotes de fricción de sección circular de diámetros variables entre 0.30 y 0.50 m, como se indica en la tabla No. 2, y una losa de concreto hidráulico doblemente armada de 20 cm de espesor.

Para el análisis geotécnico se consideró que la estructura se encuentra apoyada solamente en los pilotes de fricción, y despreciando la contribución de la losa por estar separada del suelo, por el efecto causado por el congelamiento y deshielo.

De acuerdo con el plano de cimentación de las cámaras, mostrado en la figura No. 3, se tiene la siguiente distribución de pilotes de fricción:

Tipo	No. de pilotes	Diámetro (m)	Longitud (m)
I	5	0.30	19
II	100	0.35	25
III	42	0.40	25
IV	24	0.45	25
V	22	0.50	24

**Tabla. No. 2. Pilotes de fricción existentes**



**FIG. No. 3 Distribución de Pilotes**

## Capacidad de Carga

Considerando la cimentación formada por pilotes, se efectuó la revisión de la capacidad de carga según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. El Reglamento establece que debe cumplirse la siguiente desigualdad:

$$\sum Q_{Fc} < R$$

Donde:

$\sum Q_{Fc}$  Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada, afectadas por un Factor de Carga  $F_c = 1.4$ ; en su caso se incluirá el efecto de fricción negativa que pudiera desarrollarse sobre el fuste o envolvente de pilotes afectada de un  $F_c = 1.1$ .

R Capacidad de carga del sistema constituido por los pilotes de fricción, afectados por un factor de resistencia  $F_r = 0.7$ .

La capacidad de carga del sistema suelo-pilote de fricción se considerará igual a la combinación de las capacidades de carga de punta de los pilotes individuales más el menor de los siguientes valores:

- Suma de las capacidades de adherencia de los pilotes individuales.
- 
- Capacidad de adherencia de una pila de geometría igual a la envolvente del conjunto de pilotes.
- Suma de las capacidades de adherencia de los diversos subgrupos en que pueda subdividirse la cimentación.

La capacidad de carga por adherencia lateral de un pilote de fricción individual bajo esfuerzos de compresión se calculará como:

$$Q_f = f p l F_R$$

Donde:

$Q_f$  Capacidad de carga por adherencia lateral.

f Fricción medida en el fuste en condiciones no drenadas, obtenida de sondeos de cono eléctrico correlacionados con pruebas triaxiales.

P Perímetro de pilotes.

$l$  Longitud efectiva (se restó 2.00 m a cada tipo de pilote por efecto de congelamiento y descongelamiento, "fricción negativa").

$F_R$  Factor de resistencia igual a 0.7

La revisión de la capacidad de carga de los pilotes existentes, así como la comparación con las cargas impuestas por la sobre carga ( $W$ ) de las diversas cámaras, las cargas de la estructura, losa de rodamiento, losa de cimentación, contratrabes y pilotes de fricción. Se concluyó que en el único caso que no requiere una recimentación es para una sobrecarga de  $1 \text{ t/m}^2$ , mientras que para  $1.5$  a  $3.0 \text{ t/m}^2$ , de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal es necesario colocar pilotes adicionales. En particular para la sobrecarga de  $3.00 \text{ t/m}^2$  se requerirá adicionar alrededor de 70 pilotes.

### Asentamientos

El asentamiento a largo plazo ( $\delta$ ) en condiciones estáticas se evalúa como la suma de las deformaciones en cada uno de los estratos afectados por el grupo de pilotes. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\delta = \sum m_{vi} \Delta\sigma_i h_i$$

donde:

$\delta$  Asentamiento a largo plazo.

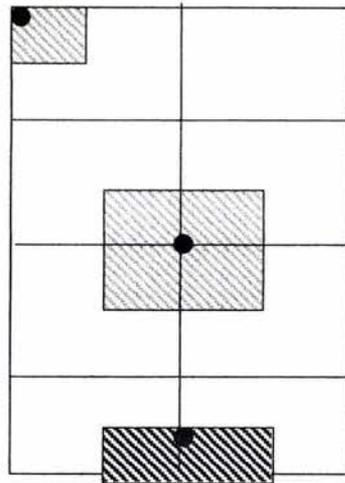
$m_{vi}$  Coeficiente de variación volumétrica, representativo del estrato  $i$ , obtenido de ensayos de consolidación unidimensional, igual a  $0.0055 \text{ m}^2/\text{ton}$ , en promedio.

$\Delta\sigma_i$  Incremento de esfuerzos medio en el estrato  $i$ .

$h_i$  Espesor total del estrato  $i$

De acuerdo en la teoría del Dr. Karl Terzaghi, la distribución  $\Delta\sigma_i$  con la profundidad depende de los esfuerzos transmitidos por el conjunto formado por las trabes de cimentación, los pilotes, y las condiciones de hundimiento regional.

Los asentamientos se calcularon por áreas tributarias a los nodos, de acuerdo con el siguiente esquema:



Esquema de áreas tributarias a los nodos

en el cual se localizan los nodos de la zona tres de Frigoríficos que se tendrán en cuenta para el análisis de asentamientos.

### **I.3. Revisión de la resistencia del concreto en elementos estructurales**

#### **Trabajos de campo**

La revisión de la resistencia de concreto hidráulico se efectuó mediante la extracción de corazones en diversos elementos estructurales. Para la obtención de los corazones se utilizó una máquina extractora con motor eléctrico, con barril giratorio y broca de 3", la ubicación de los corazones extraídos se presenta en la siguiente tabla No. 3.

Corazón No.	Elemento
1	Losa de piso cámara 1
2	Losa de piso cámara 1
3	Losa de piso cámara 1
4	Losa de piso cámara 2
5	Losa de piso cámara 4
6	Losa de piso cámara 4
7	Columna pasillo de carga
8	Losa de cimentación cámara 4
9	Losa de cimentación cámara 4
10	Losa de piso cámara 4
11	Trabe de bovedilla cámara 4
12	Columna cámara 4
13	Columna cámara 3
14	Losa de piso cámara 3
15	Losa de piso cámara 3
16	Columna cámara 5
17	Losa de piso cámara 5
18	Losa de piso cámara 5
19	Losa de piso cámara 5

**Tabla No. 3. Ubicación de la obtención de corazones de concreto**



**Fig. 4. Detalle de la extracción de un corazón de concreto en la losa de rodamiento**

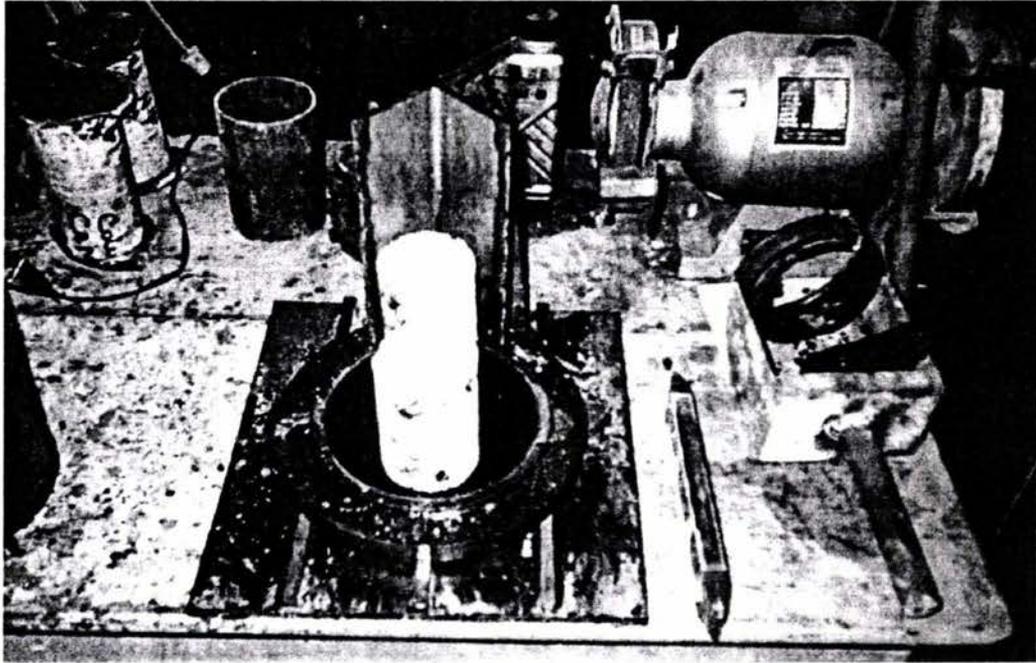


**Fig. No. 5. Extracción de un corazón en una columna de andén**

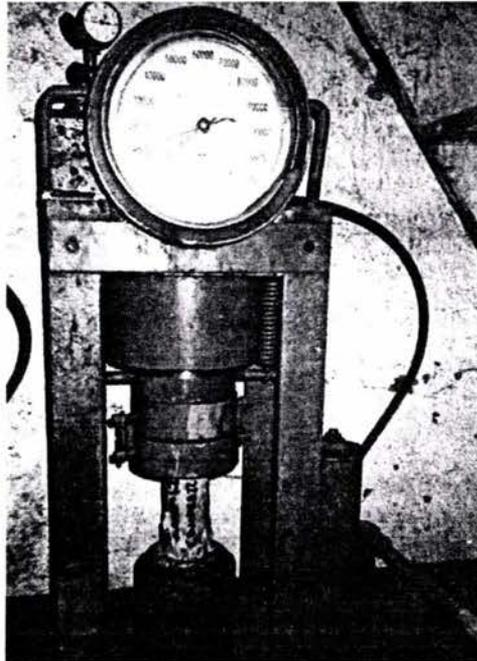
### **Trabajos de laboratorio**

Los trabajos efectuados a las muestras de concreto obtenidas en la campaña de exploración y muestreo consistieron en lo siguiente:

Las muestras se cortaron y cabecearon con azufre, para asegurar que la aplicación de la carga fuera distribuida uniformemente en la superficie del corazón. En los ensayos de compresión simple se ensayaron probetas cilíndricas, sometidas a carga axial hasta llegar a la falla.



**Fig. No. 6. Equipo de corte y cabeceo de la muestra**



**Fig. No. 7. Equipo utilizado para la prueba de resistencia a carga axial**

## Resultados de la resistencia de corazones de concreto

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se presentan en la tabla No.4

Muestra	Ubicación	Resistencia en kg/cm <sup>2</sup>
1	Losa de piso cámara 1	169
4	Losa de piso cámara 2	234
8	Losa de cimentación cámara 4	256
9	Losa de cimentación cámara 4	242
10	Losa de piso cámara 4	214
11	Trabe de apoyo bovedilla cámara 4	174
12	Columna cámara 4	279
12	Columna cámara 4	185
15	Losa de pisos cámara 3	217
16	Columna cámara 5	209
17	Losa de piso cámara 5	275
18	Losa de piso cámara 5	306
19	Losa de piso cámara 5	280

**Tabla No. 4. Resultados obtenidos en los corazones extraídos**

Las muestras de concreto ensayadas deben de cumplir con una relación de 2:1 (altura : diámetro), en las muestras que no cumplieron con dicha relación, los resultados fueron afectados por un factor de corrección que está en función de su relación de esbeltez real.

Como se muestra en la Tabla No. 5

Relación de esbeltez (h/d)	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

**Tabla No. 5. Factor de corrección por esbeltez**

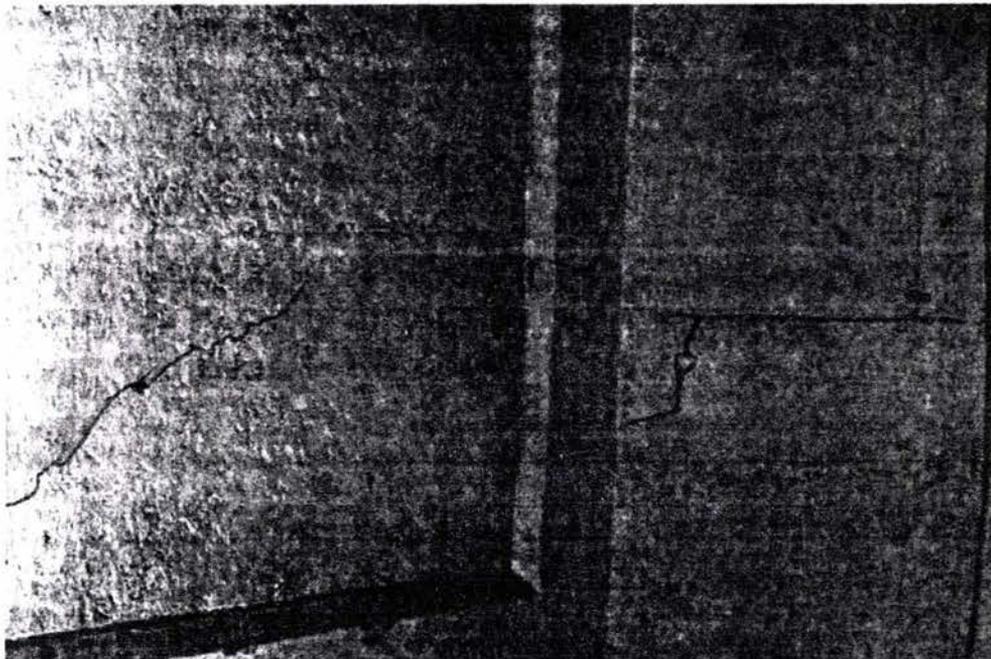
Los resultados promedios obtenidos de las resistencias del concreto, cumplen con la indicada en el proyecto original, que es de 200 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **I.4. Evaluación general del estado de las cámaras**

##### **Inspección visual del edificio**

Como parte de la revisión estructural, se realizó una inspección visual de los elementos estructurales de las cámaras (únicamente se inspeccionan aquellos elementos que no estaban ocultos por muros o acabados).

Durante la inspección se detectaron daños en elementos no estructurales, tales como grietas en muros de fachada, en los acabados de muros interiores, en el aplanado del muro aislante de las cámaras frías, y desprendimientos del material aislante de los muros de las cámaras.



**Fig. No. 8. Detalle de las fisuras existentes en el interior de las cámaras**



**Fig. No.9. Agrietamiento de la banqueta en el exterior de las cámaras, debido a emergimiento de la estructura**

Así mismo, se observaron daños en la parte inferior de varias columnas localizadas en el pasillo interior de las cámaras. Los daños en las columnas se presume fueron generados por golpes de los montacargas que circulan constantemente por el pasillo. También se detectaron movimientos diferenciales entre los pisos y la cimentación y entre las losas del mezanine.

En elementos estructurales no se observaron daños de ningún tipo, que pudieran alterar la resistencia o estabilidad de la estructura. Sin embargo se detectó que el acero en varios perfiles de las armaduras principales está oxidado, lo cual podría reducir la resistencia original, al disminuir sus espesores. Finalmente varios castillos de refuerzo de los muros están fracturados debido al movimiento que dichos muros han presentado durante su vida útil.

En general, se concluye que el mantenimiento de las cubiertas no ha sido constante, ya que se observaron algunos desprendimientos de láminas, tornillos sin el adecuado torque y varios plafones sueltos.



**Fig. No. 10. Detalle de los daños observados en una de las columnas**

### **Análisis Estructural.**

El análisis estructural de las cámaras, se realizó, de acuerdo al Reglamento de construcciones del D.F., edición 1997, y a sus Normas Técnicas Complementarias correspondientes.

### **Estimación de cargas.**

La determinación de las cargas muertas de la estructura se llevó a cabo considerando los pesos volumétricos de los diversos materiales y las dimensiones de los elementos estructurales que la forman. Las cargas vivas unitarias para los diferentes niveles, se determinaron tomando en cuenta los valores de las cargas vivas especificadas en el artículo 199 del RCDF-97. Estos valores están en función del uso o destino de la estructura.

## **Análisis por cargas gravitacionales**

Para llevar a cabo este análisis se consideró la geometría y las cargas verticales que actúan sobre cada armadura, columna, trabe y pilote. La determinación de los elementos mecánicos debidos a estas cargas, se realizó mediante un programa de análisis por computadora, que considera un comportamiento lineal de las estructuras.

## **Análisis sísmico**

En el análisis sísmico, se utilizó el análisis dinámico modal espectral de acuerdo con el artículo 207 del RCDF-97. Los datos considerados para el análisis sísmico se indican a continuación.

Zona III (zona de lago)

Clasificación según su uso: grupo B

Coefficiente sísmico:  $C=0.40$

Factor de comportamiento sísmico:  $Q = 2$

## **Evaluación estructural**

Se revisaron en forma aleatoria algunos elementos estructurales existentes. La revisión se realizó de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, NTC-Concreto, y de Estructuras Metálicas, NTC-Metálicas, del RCDF-97.

Las propiedades de los materiales usados para la revisión fue:

Concreto : Peso volumétrico no mayor de  $2200 \text{ kg/m}^3$  y  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Acero de refuerzo: límite de fluencia,  $f_y$  de  $4200 \text{ kg/cm}^2$

Acero estructural A36:  $f_y$  de  $2530 \text{ kg/cm}^2$

La revisión estructural de las columnas se realizó considerando un programa de interacción que toma en cuenta el efecto biaxial a los que estarán sujetos estos elementos. Se encontró que las columnas tienen la resistencia necesaria y suficiente para soportar las cargas a las que estarán sometidas durante su vida útil.

Por lo que respecta a la revisión de las trabes de cimentación, también tienen la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos flexionantes que les trasmite una carga de piso de  $3.0 \text{ ton/m}^2$ , sin embargo por fuerza cortante, varias trabes están ligeramente escasas, es decir, los estribos no tienen la separación requerida en la zona de unión de las trabes con los pilotes.

La losa de cimentación está escasa (concreto o acero) por cortante para una carga uniforme de  $3.0 \text{ ton/m}^2$ , pero por flexión es correcta.

Para la revisión se contó con los planos estructurales de las cámaras. La resistencia de concreto y los armados de las columnas, trabes y losas, se tomaron de los datos indicados en los planos correspondientes. Por otra parte, los resultados indicaron que la losa aligerada del mezanine tiene la capacidad necesaria para soportar una carga uniforme de  $0.8 \text{ ton/m}^2$ .

Los diversos elementos que conforman las armaduras cumplen con los requerimientos de resistencia que se indican en las NTC-metálicas, para las diferentes acciones a las que estarán sujetas durante su vida esperada. Sin embargo, es necesario darles mantenimiento en forma adecuada y periódica.

Con base en los resultados de la revisión estructural se llega a las siguientes conclusiones:

Los daños que se presentan en los muros interiores de las cámaras son únicamente en la capa del recubrimiento del material aislante.

El desprendimiento del recubrimiento del material aislante en las diversas uniones entre los diferentes cuerpos, se debe a la presencia de hundimientos diferenciales que las construcciones han sufrido desde su construcción.

El hundimiento de las cámaras con respecto al hundimiento regional de la zona ha sido en general menor, y no uniforme, y debido al sistema de cimentación utilizado, ya que los pilotes están soportando toda la carga y cada uno de ellos reciben cargas diferentes, lo que provoca hundimientos diferenciales.

Por todo lo anterior, se concluye que los daños existentes no ponen en riesgo la estabilidad de la superestructura.

Los daños fueron generados por un comportamiento deficiente de la cimentación, debido a que el congelamiento del suelo alteró la capacidad de carga de los pilotes de fricción.

Las losas de cimentación de las cámaras tienen capacidad estructural para soportar una carga máxima de almacenamiento de  $2.5 \text{ ton/m}^2$ . Sin embargo, de acuerdo con los resultados del estudio de mecánica de suelos, los pilotes actualmente tienen capacidad únicamente para una carga de almacenamiento de  $1.0 \text{ ton/m}^2$ , por lo que para lograr una carga de almacenamiento de  $3.0 \text{ ton/m}^2$ , es necesario reforzar la actual cimentación, mediante la colocación de 70 pilotes adicionales trabajando por fricción, así como reforzar la losa de cimentación con el fin de cumplir con el Reglamento de Construcciones del D.F. 1997.

Asimismo es recomendable proteger la zona inferior de las columnas de concreto de los pasillos de maniobras, mediante la colocación de ángulos de acero.

Por su parte la losa aligerada del mezanine es adecuada para soportar una carga uniforme de 0.8 ton/m<sup>2</sup>.

Los diversos elementos que conforman las armaduras cumplen con los requerimientos de resistencia que se indican en las NTC-metálicas, para las diferentes acciones a las que estarán sujetas durante su vida útil, sin embargo, es necesario darles mantenimiento en forma adecuada y periódica.

## **Capítulo II. Proyecto**

### **II.1. Propuestas de Solución**

Como resultado de los diversos estudios realizados, se realizan tres propuestas de solución para la operación de la almacenadora que deberán ser evaluados, y que a continuación se describen.

**Primera opción:** Dejar la estructura tal como está y realizar trabajos de mantenimiento menor, lo que implica limitar la capacidad de carga de almacenaje a un máximo de 1.0 ton/m<sup>2</sup>., Se recomienda además un acomodo adecuado de cargas de almacenaje, con el propósito de igualar los asentamientos. Las temperaturas de almacenaje serán siempre a refrigeración.

El mantenimiento menor consiste en resanar los daños visibles tanto en muros como columnas (protección a base de ángulos); construir un muro adicional de colindancia entre las cámaras 1 y 2; liberar la estructura de techo de las columnas, rompiendo el empotre que existe y dejándola sólo apoyada. También se recomienda dar mantenimiento a la estructura soporte del techo con "sand blast" y cambiando los elementos más dañados y varias de las láminas del techo.

En esta alternativa no se necesita realizar trabajos de nivelación de los pisos de rodamiento.

Para esta opción se estima un costo para los trabajos entre 1.0 y 1.2 millones de pesos, y un tiempo de ejecución de tres meses, sin operación en las cámaras.

**Segunda Opción:** Se realizan trabajos de nivelación de los pisos de rodamiento, ligando ambas losas (cimentación y rodamiento), lo que permitirá un mejor comportamiento estructural y geotécnico de la estructura. Asimismo se debe limitar la capacidad de almacenaje a 1.0 ton/m<sup>2</sup>, y se recomienda un acomodo de cargas de almacenaje, con el propósito de igualar asentamientos.

Las temperaturas de almacenaje podrán ser de refrigeración o de congelación, introduciendo un sistema de calefacción para evitar el congelamiento de los suelos.

Se recomienda realizar un mantenimiento menor similar al de la primera opción.

Para esta segunda opción se estima un costo para los trabajos entre 1.5 y 2.0 millones de pesos, y un tiempo de ejecución de cuatro meses, sin operación en las cámaras.

**Tercera Opción:** Proyecto de reforzamiento integral de la estructura, que incluye el hincado de 70 pilotes adicionales, liga en las losas de rodamiento y de cimentación y refuerzo de las contratraves de liga, lo que permitirá trabajar con cargas de operación de hasta 3.0 ton/m<sup>2</sup>, cumpliendo con todos los requerimientos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Esta opción permitirá trabajar a temperaturas bajo cero, instalándose casi cualquier sistema de calefacción, mismo que será necesario colocar durante la ejecución de los trabajos.

Esta propuesta implica el retirar muros, tanto perimetrales como divisorios entre las cámaras, para realizar el hincado de los pilotes, por lo que deberán realizarse trabajos de adecuación en aplanados y material aislante.

También se recomienda realizar un mantenimiento menor similar al de la primera opción.

Para esta tercera opción se estima un costo para los trabajos entre 10 y 10.5 millones de pesos, y un tiempo de ejecución de seis meses, sin operación en las cámaras.

OPCION	COSTO	TIEMPO DE EJECUCIÓN
1	1.0 a 1.2 millones de pesos	3 meses
2	1.5 a 2.0 millones de pesos	4 meses
3	10 a 10.5 millones de pesos	6 meses

**Tabla No.6 Comparativa de propuestas**

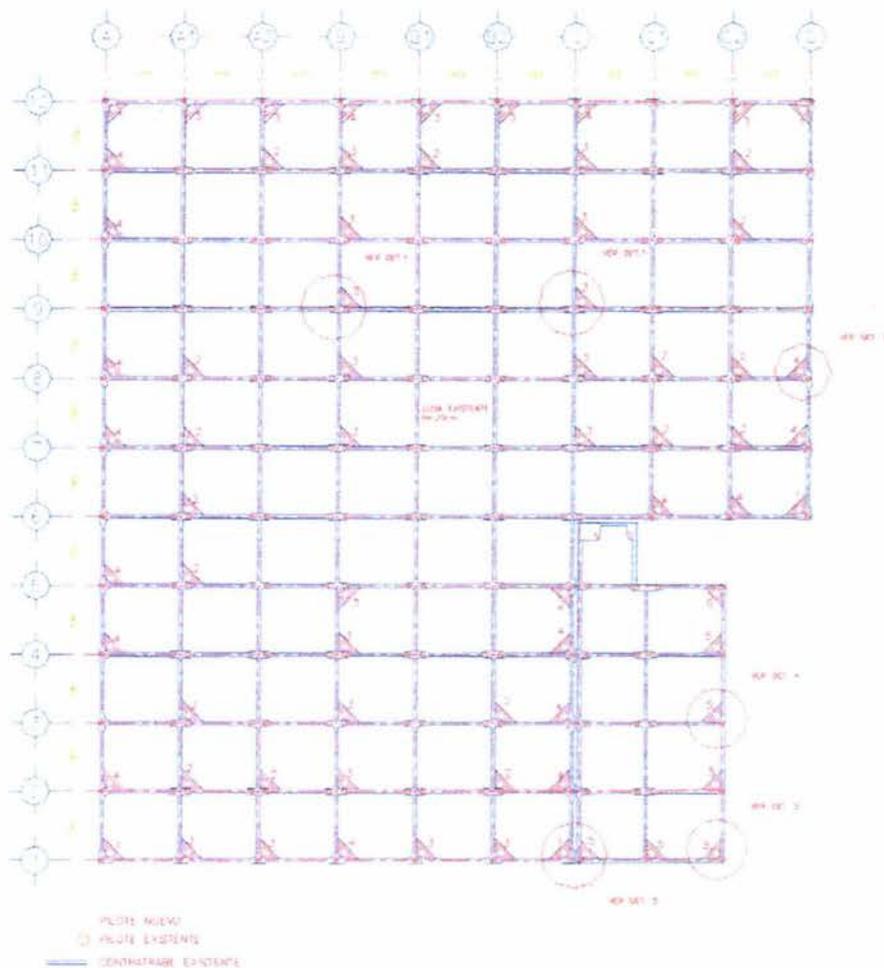
## **II.2. Elaboración del proyecto de reforzamiento.**

Después del análisis de las opciones de solución, en las que se tomó en cuenta principalmente las necesidades tanto de capacidad de almacenaje, como de operación de la empresa, se decidió por realizar el proyecto de reforzamiento integral de las cámaras (Tercera Opción) de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- 1.- Demolición de la losa de rodamiento existente
- 2.- Levantamiento y eliminación del material térmico existente
- 3.- Demolición de muros divisorios entre cámaras, para el acceso de equipo y maquinaria
- 4.- Fabricación de pilotes
- 4.- Perforación para hincado de 70 pilotes
- 5.- Excavación de trincheras para el sistema de aire caliente

- 6.- Colocación de dados de cimentación para liga entre pilotes y losa de cimentación
- 7.- Colocación traveses de liga entre la losa de cimentación y la de rodamiento
- 8.- Colocación de material térmico entre la losa de cimentación y la de rodamiento
- 9.- Construcción de la losa de rodamiento
- 10.- Reforzamiento de columnas por medio de ángulos de acero
- 11.- Aplicar "sand blast" a la armadura de techumbre
- 12.- Reconstrucción de los muros que se demolieron para acceso de maquinaria y equipo
- 13.- Resane y pintura de muros y plafones de cámaras
- 14.- Colocación de sistema de inyección de aire caliente

El proyecto consiste en el hincado de 70 pilotes (figura No. 11), de diferente sección y longitudes que se hincarán en tramos de 3 metros.



**Fig. No. 11 Distribución de pilotes**

TIPO	SECCIÓN (cm)	LONGITUD (cm)	ARMADO	ESTRIBOS	r (cm)
1	30x30	1500	8#5	#3@20	5
2	30x30	2300	8#5	#3@20	5
3	30x30	2600	8#5	#3@20	5
4	35x35	2500	8#5	#3@20	5
5	40x40	2400	8#6	#4@20	7

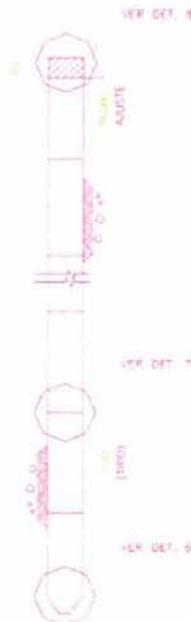
**Tabla No. 7. Tipos de pilotes**

### Notas de pilotes

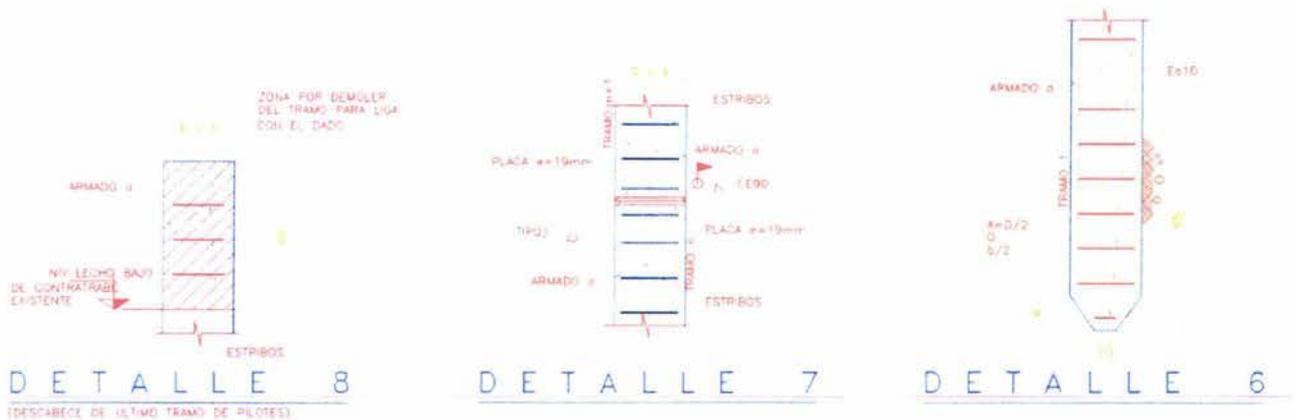
Los pilotes se hincarán en tramos de 3m de longitud, excepto el último que será el ajuste para dar la longitud total del pilote.

Todos los tramos de los pilotes, excepto en el primer tramo y el de ajuste tendrán en sus dos extremos una placa de acero A=36, de 19 mm de espesor con dimensiones en planta iguales a la sección transversal del pilote.

Las placas del extremo, se fijarán al pilote mediante cuatro varillas del armado, soldadas a la placa, como se muestra en la figura No. 13.



**Fig. No. 12 Pilote tipo**



**Fig. No. 13 Detalle de armado de pilotes**

### Notas Generales

#### 1.- Especificación de materiales

- a) Concreto con  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$
- b) Acero de refuerzo con  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

2.- El recubrimiento libre de toda la barra no será menor de 2 cm, ni menor que su diámetro, excepto donde se indique lo contrario., el de paquetes de barras no será menor de 2.0 cm, ni menor que 1.5 veces el diámetro de la barra del paquete.

3.- No se traslapará ni se soldará más del 50% del refuerzo en una misma sección.

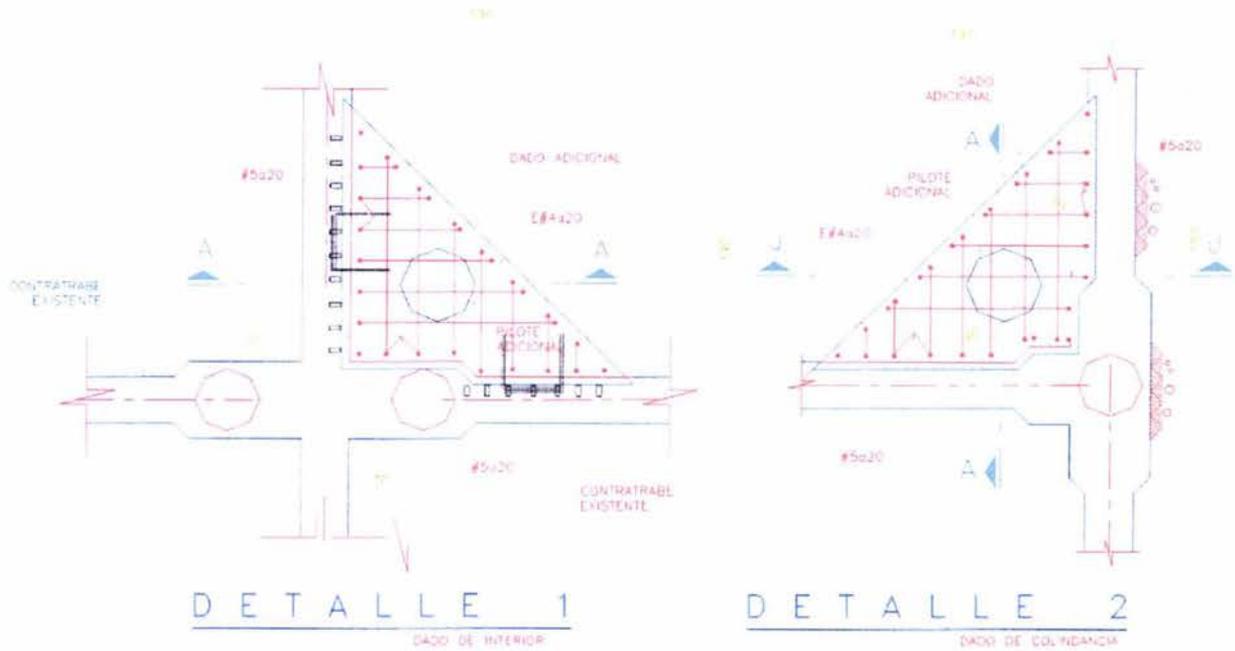
4.- Excepto en donde se indique otra dimensión, todo el refuerzo corrido y los bastones extremos se anclarán una longitud de 40 diámetros como mínimo.

5.- Los dobleces de las varillas se harán en frío sobre un perno de diámetro mínimo igual a 8 veces el de la varilla.

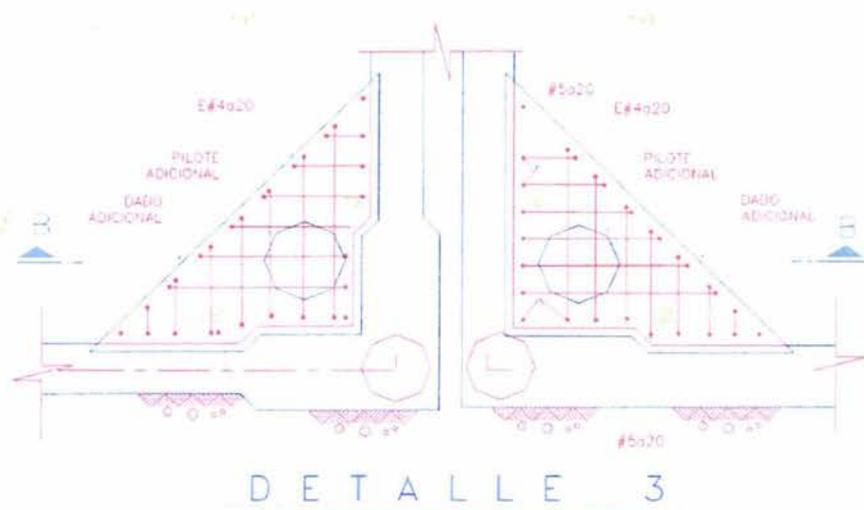
6.- En todos los dobleces para anclaje o cambio de dirección en varillas deberá colocarse un pasador adicional de diámetro igual o mayor al de la varilla

7.- La separación de estribos en traveses empezara a contar a partir del paño del apoyo colocándose el primero a la mitad de la separación especificada.

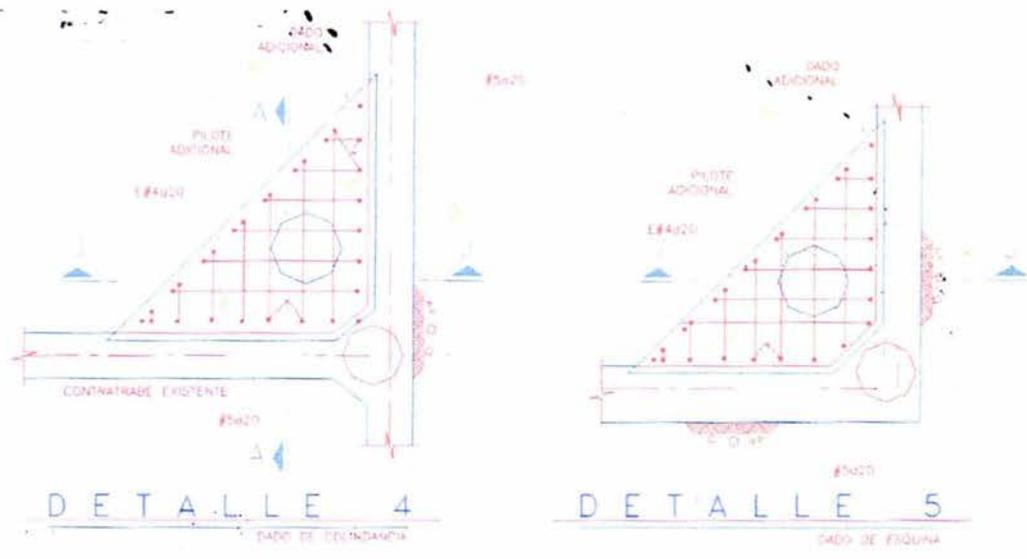
En las figuras 13, 14 y 15 se muestra los detalles de los dados para la liga entre el pilote y losa de cimentación.



**Fig. No. 13. Sección y armado de los dados interiores (detalle 1) y colindancia (detalle 2)**

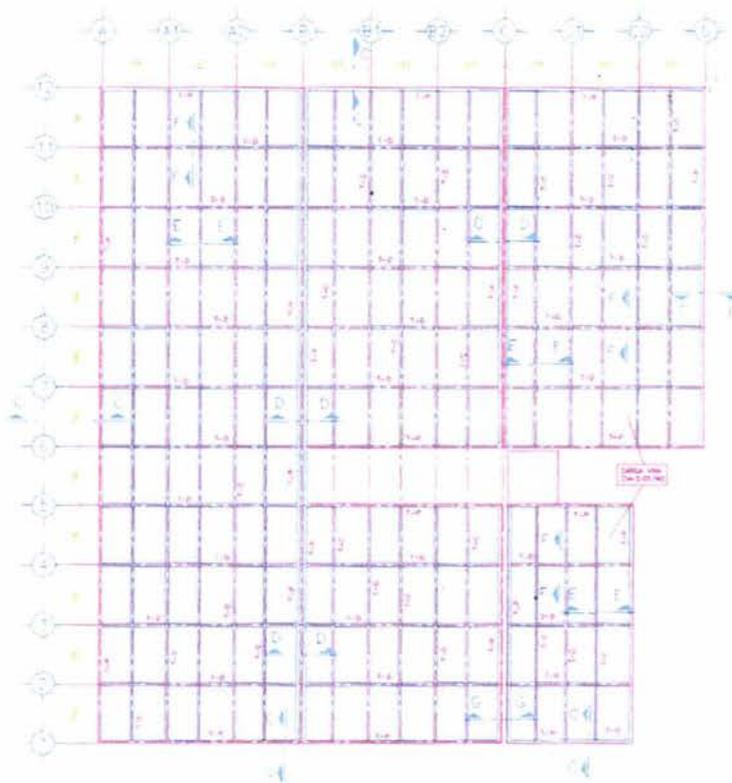


**Fig. No. 14. Sección y armado de dados entre cámaras**



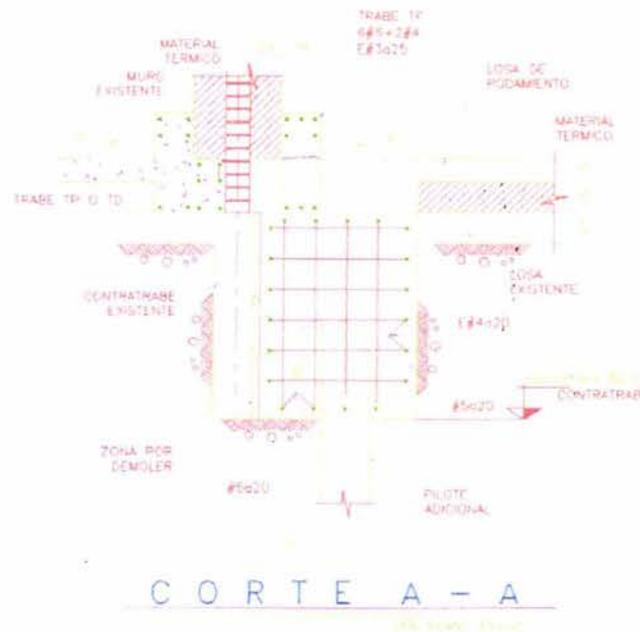
**Fig. No. 15. Sección y armado de dado en colindancia y esquina**

Para ligar la estructura de la losa de cimentación con la losa de rodamiento se diseñaron traveses en ambas direcciones de las cámaras.

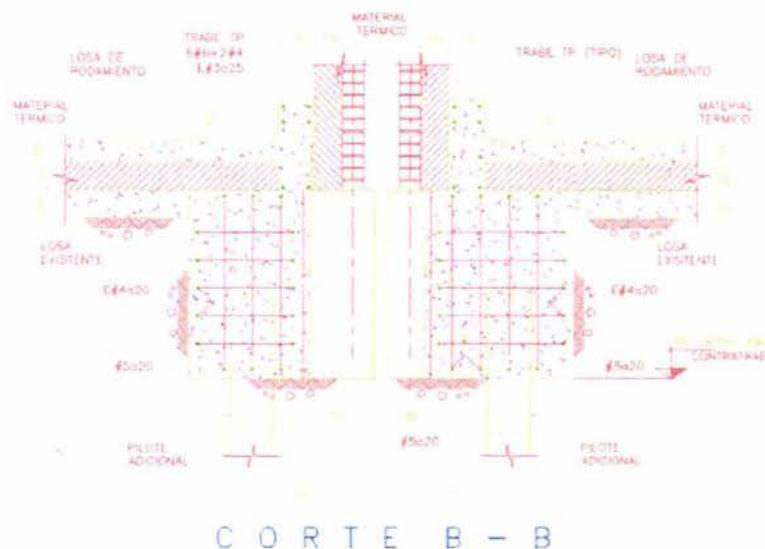


**Fig. No. 16 Planta de la colocación de traveses en ambas direcciones de las cámaras**

La estructura de rodamiento (Losa de cimentación, material térmico y losa de rodamiento), así como las secciones transversales de las traveses diseñadas se muestran en la siguiente figura.



**Fig. No. 17. Corte A-A de la cimentación, así como la estructura de rodamiento**



**Fig. No. 18 Corte B-B de la cimentación, así como la estructura de rodamiento**



## Capítulo III. Evaluación de tiempos y costos

### III.1. Catálogo de conceptos.

A continuación se presenta las actividades a realizar para llevar a cabo el reforzamiento de las cámaras Frigoríficas.

Clave	Descripción	Unidad
<b>1.1</b>	<b>Demoliciones</b>	
1.1.1	Demolición con equipo mecánico de concreto en losa de rodamiento de 15 cm., espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m, equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T. (Por unidad de obra terminada)	M <sup>3</sup>
1.1.2	Demolición con equipo mecánico de concreto en losa de cimentación de 20 cm., de espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m, equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.1.3	Demolición con equipo mecánico de muros de tabique de 15 cm., de espesor para paso de maquinaria entre cámaras; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m., equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.1.4	Retiro de material térmico aislante de 10 cm., de espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m., equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.1.5	Acarreo en camión de material producto de las demoliciones hasta tiradero aprobado por las autoridades, volumen medido en banco; Incluye: Fletes ida y vuelta de maquinaria y equipo, combustibles, desperdicios, mano de obra para operación y mantenimiento, herramienta y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.1.6	Escarificación de 5 mm., en losa de cimentación en zona de colocación de trabes; Incluye: mano de obra, herramienta. P.U.O.T.	ML
<b>1.2</b>	<b>Cimentación</b>	
1.2.1	Excavación manual en cepas de material tipo B, a la profundidad requerida por el proyecto, volumen medido en banco, considerando carga a camión; Incluye: Afine para desplantar plantilla, fletes hasta obra ida y vuelta, acarreos interior obra, combustibles, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.2.2	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , de sección de 30x30 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. <u>3@20</u> cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML

<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1.2.3	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , de sección de 35x35 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. $3@20$ cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML
1.2.4	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , de sección de 40x40 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. $3@20$ cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML
1.2.5	Plantilla de concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ , R.N. y T.M.A.=38 mm y 5 cm., de espesor, acabado nivelado y regleado; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedor hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, equipo y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.2.6	Descabece de pilotes de concreto con equipo manual; Incluye: herramienta, mano de obra y acarreo locales. P.U.O.T.	ML
1.2.7	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , diámetro variable desde No. 3 (3/8") hasta No. 6 (3/4"), en cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo en el interior de la obra, desperdicios, escuadras, traslapes, ganchos, alambre recocado para amarres, silletas, calzas de concreto, mano de obra para habilitado y armado, equipo, dobladoras y cortadoras mecánicas. P.U.O.T.	KG
1.2.8	Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , diámetro variable desde No. 8 (1") hasta No. 12 (1 1/2"), en cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo en interior de la obra, desperdicios, escuadras, traslapes, ganchos, alambre recocado para amarres, silletas, calzas de concreto, mano de obra para habilitado y armado, equipo, dobladoras y cortadoras mecánicas. P.U.O.T.	KG
1.2.9	Cimbra acabado común en elementos de concreto de cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, trazo, cortes, desperdicios, cimbrado y descimbrado, materiales para consumo, equipo, herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.2.10	Cimbra acabado aparente en elementos de concreto de cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, trazo, cortes, desperdicios, cimbrado y descimbrado, materiales para consumo, equipo, herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>

<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1.2.11	Concreto premezclado $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , R.N. y T.M.A. 19 mm., clase 1 bombeable en cimentación; Incluye: Materiales, equipo de bombeo, desperdicios, vaciado, vibrado, curado con membrana, toma de muestras para prueba y entrega de reporte por cada 30 m <sup>3</sup> , mano de obra, herramienta menor, equipo y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
<b>1.3 Colocación de estructura de rodamiento</b>		
1.3.1	Colocación de impermeabilizante, para recibir poliestireno; Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.3.2	Colocación de poliestireno de alta densidad; Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.3.3	Losa de rodamiento de espesor de 15 cm., de concreto premezclado $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , clase 1, acabado pulido con equipo especial, allanadora, regla vibratoria, equipo topográfico de precisión y equipo de rayo laser, aplicación de endurecedor, sellador y membrana de curado marca prentasil a dos manos para lograr brillo y sellado en forma acelerada, según modulación de proyecto; Incluye: Junta de colado machihembrada con cimbra metálica y pasajuntas de varilla lisa No. 4 (1/2") @ 70 cm., junta de expansión contra elementos de concreto (trabes y columnas) con celotex E=1.27 cm., y 14.5 cm de alto y sellador prentaflex 75, desperdicios, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, preparación de la superficie, equipo, herramienta menor, mano de obra, colado, tendido, vibrado, curado y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.3.4	Junta de contracción en concreto de 15 cm., de espesor, realizando corte con disco diamante después de 60 horas del colado, sección 5/16"x1/2", rellenando la ranura con pentraflex 75; Incluye: suministro de materiales, fletes, acarreo interior obra, trazo, cortes, desperdicios, fijación, equipo, herramienta, mano de obra y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	ML
<b>1.4 Estructura</b>		
1.4.1	Protección de columnas existentes, mediante ángulos y placas de acero; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	PZA
1.4.2	Refuerzos en armaduras existentes mediante placas de acero; incluye: sandblasteo, materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	PZA

<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
<b>1.5</b>	<b>Trincheras de ventilación de aire</b>	
1.5.1	Excavación en cepas con medios manuales en material tipo B, a la profundidad requerida por el proyecto, volumen medido en banco, considerando carga a camión; Incluye: afine para desplantar plantilla, maquinaria y equipo, retiro de caídos y lodos, limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.5.2	Acarreo en camión de material producto de la excavación hasta tiradero aprobado por las autoridades, volumen medido en banco; Incluye: fletes ida y vuelta de maquinaria y equipo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>
1.5.3	Plantilla de concreto f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> , R.N. y T.M.A.=38 mm., y 5 cm de espesor, acabado nivelado y regleado; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedor hasta obra, acarreo interior obra. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.5.4	Estabilización de talud en trincheras por medio de colocación de malla 6x6-10/10 y repellado con mortero cemento-arena 1:5; Incluye: materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.5.5	Colocación de motores y rejillas; Incluye: mano de obra, herramienta y equipo. P.O.U.T.	PZA
<b>1.6</b>	<b>Acabados</b>	
1.6.1	Resane con material en plafond y muros; Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.6.2	Suministro y colocación de pintura en plafond y muros; Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo- P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.6.3	Suministro y colocación de pintura en rodapié; Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>
1.6.4	Limpieza general de las cámaras; Incluye: materiales, mano de obra. herramienta P.U.O.T.	CAMARA

## **III.2. Especificaciones Generales de Construcción**

### **III.2.1. Demoliciones**

#### **Definición**

Se entiende por trabajos de demolición, aquellas actividades de desmontar, deshacer o desmantelar cualquier tipo de construcción o estructura, que así lo indique el proyecto, coordinación y/o la supervisión.

Todos los materiales provenientes de las demoliciones y/o desmantelamientos serán propiedad de la empresa salvo que se haya acordado expresamente lo contrario.

Unidad de medida        m<sup>2</sup>

#### **Condiciones de proyecto.**

1. Cumplir con los reglamentos locales aplicables para las demoliciones de estructuras y control del polvo.
2. Obtener permisos y licencias requeridas por las autoridades. Pagando los cargos correspondientes, incluyendo los cargos por tiradero de escombros.
3. Notificar a las dependencias de los servicios correspondientes antes de empezar los trabajos y cumplir con sus requerimientos necesarios.
4. No obstruir o cerrar calles, banquetas o hidrantes sin la autorización de la autoridad correspondiente.
5. Proceder de acuerdo a la reglamentación ambiental vigente cuando se encuentren materiales contaminados o peligrosos.

#### **Ejecución**

1. Suministrar, instalar, y mantener barricadas temporales y dispositivos de seguridad en los lugares indicados.
2. Proteger áreas verdes, accesorios, tuberías y estructuras que no serán demolidas. La reparación de los daños causados por las operaciones de demolición serán sin costo alguno para el cliente.
3. Prevenir movimientos o asentamientos de estructuras colindantes, suministrando refuerzos y apuntalamientos requeridos.
4. Marcar la localización de servicios. Proteger y mantener seguros y en condiciones de operación los servicios que permanecen en el lugar. Programar la interrupción de los servicios existentes en uso, sólo cuando se cuente con la autorización por escrito de las autoridades correspondientes. Proporcionar los servicios en forma temporal durante las interrupciones bajo la aceptación de las autoridades encargadas.

#### **Requisitos para las Demoliciones**

1. Programar las demoliciones para minimizar la interferencia con estructuras colindantes o pavimentos.

2. Detener las operaciones de demolición inmediatamente, si las estructuras colindantes se encuentran en peligro. Notificar a la Supervisión y no reanudar los trabajos hasta que se indique.
3. Programar las operaciones de demolición, para minimizar la interferencia a los accesos públicos y privados. Mantener accesos y salidas todo el tiempo.
4. Obtener autorización por escrito de los propietarios adyacentes, cuando se requiera que el equipo de demolición limite el acceso a sus propiedades.
5. Mantener húmedo el lugar para evitar que se levante polvo. Proporcionar mangueras y conexiones para este propósito.
6. Cumplir con los requisitos de las autoridades para la protección del medio ambiente.
7. Limpiar estructuras y terrenos colindantes, dejándolos libres de escombros resultante de las demoliciones. Dejar las áreas colindantes en las condiciones en que se encontraban antes de iniciar la construcción.

### **Destino de Materiales Producto de Demoliciones**

1. Retirar del lugar los desechos y escombros producto de las operaciones de demolición.
2. No quemar ningún material o restos de basura en el lugar ni en sus alrededores, sin la autorización de las autoridades. Si se autoriza la incineración de materiales, esta debe realizarse de una manera aceptada por la Supervisión. El Contratista deberá de estar pendiente de los materiales que se estén quemando hasta que se extingan completamente.
3. El acarreo de los materiales resultantes de la demolición debe efectuarse en vehículos apropiados y tirados fuera del lugar en sitios permitidos por las autoridades.

### **III.2.2. Concretos**

#### **Definición**

El concreto es una mezcla de cemento ( portland, puzolánica o de escorias ), agregados inertes (grava y arena ) y agua, que endurece después de cierto tiempo de mezclado.

Los elementos activos ( cemento y agua ) son los que reaccionan químicamente hasta alcanzar un estado sólido. Los elementos inertes ( grava y arena ) ocupan gran parte de volumen de la mezcla final, lo cual logra disminuir su costo y los efectos de contracción y aumento de temperatura, consecuencia de la reacción química de los elementos activos.

El proporcionamiento y agregados quedan sujetos a la exigencia del proyecto, siempre que cuente con la aprobación expresa de la Supervisión y que el producto que obtenga cumpla estrictamente con las presentes especificaciones. La aprobación de la Supervisión en cuanto a materiales y proporcionamiento no exime al contratista de responsabilidad respecto al cumplimiento de las especificaciones.

**Unidad de medida**      **m<sup>3</sup>**

## **Condiciones de proyecto**

Para concreto de climas fríos:

1. El Contratante deberá cumplir con lo siguiente para lograr que el concreto cuente con la temperatura mínima en el momento de la entrega en la obra.
  - 1.1. Temperatura ambiente 30-45°F: Temperatura mínima del concreto 60° F.
  - 1.2. Temperatura ambiente 0-30° F: Temperatura mínima del concreto 65° F.
  - 1.3. Temperatura ambiente menor de 0 Temperatura mínima del concreto 70° F.
  - 1.4. La temperatura máxima del concreto nunca será mayor a la temperatura mínima requerida por más de 10° F.
2. Combinar agua calentada arriba de los 100° F con los agregados antes de mezclar el cemento. No se deberá mezclar el cemento a el agua o los agregados si se tienen temperaturas mayores a los 100° F.
3. Cuando la temperatura ambiente sea menor de 40° F durante el proceso de vaciado o curado, se deberá mantener al concreto a una temperatura mínima de 55° F por lo menos 3 días.
  - 3.1. El Contratista deberá hacer los preparativos necesarios para mantener la temperatura requerida sin que vayan a haber daños por calor excesivo.
  - 3.2. No se deberán usar calentones de combustión durante las primeras 48 horas sin que se tengan las precauciones necesarias para prevenir la exposición del concreto con los gases de escape con dióxido de carbono y monóxido de carbono.
4. Se proveerán los medios adecuados para cubrir el concreto con plástico. Es responsabilidad del Contratista evitar la rápida deshidratación del concreto debida a un calentamiento excesivo, y evitar un destemplamiento debido a los cambios furtivos de caliente a frío.
5. No se deberán usar materiales congelados que contengan hielo o nieve. No se deberá vaciar concreto donde la subrasante este congelada. El Contratista deberá asegurarse que la cimbra, el refuerzo y toda superficie adyacente al concreto este libre de hielo o nieve, tampoco estos materiales deberán estar a menos de 32° F.
6. No se deberá usar cloruro de calcio, sal u otro tipo de material conteniendo agentes anticongelantes o aceleradores químicos, a menos que sean aprobados por el diseño de la mezcla.
7. Se podrán usar aditivos para controlar el colado cuando se requieran y sean previamente aprobados por el laboratorio.

Para concreto en climas calientes:

1. La temperatura del concreto no deberá exceder de 90° F. El contratista deberá mantener un termómetro preciso en la obra para revisar la temperatura del concreto. El concreto será rechazado antes de vaciarlo si se encuentra a temperatura mayor a la ya especificada.

## **Materiales**

### **a). Cimbra**

1. El diseño de la cimbra se hará bajo la aprobación de la Supervisión.
2. Accesorios:
  - 2.1. Cimbra metálica.
  - 2.2. Agente para descimbrar. Aceite o diesel sin color que no manche al concreto.

**b).Refuerzo**

1. Acero de refuerzo: ASTM A615; varilla corrugada  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  o como se indique en el proyecto.

**c).Materiales accesorios al refuerzo**

1. Alambre recocido: calibre mínimo de 16.  
2. Silletas, soportes, calzados del tamaño y forma para resistir el refuerzo durante el habilitado y el vaciado.

**d).Materiales para el concreto**

1. Cemento: ASTM C150, normal-tipo I. Las cenizas puzolámicas no son permitidas como sustituto de concreto. Se deberá confirmar si tipo I o tipo II con la Supervisión.

2. Agregados finos y gruesos: ASTM C33. El tamaño máximo del agregado grueso según ACI 301, pero no mayor de 1 1/2". El Contratista deberá cumplir con la graduación siguiente para el agregado fino:

Malla	Porcentaje que pasa
3/8"	100
#4	95 - 100
#8	80 - 90
#16	50 - 75
#30	30 - 50
#50	10 - 20
#100	2 - 5

3. Agua: Agua limpia, no nociva al concreto.

**e). Aditivos químicos**

1. Incrusión de aire : Según la Norma ASTM C260.

2. Aditivos químicos ASTM C494; tipo A reductor de agua.

2.1. Aditivos conteniendo tiocianatos, cloruro de calcio o mas de 0.1% de iones de cloruro no serán permitidos. Los aditivos no contendrán más corrosivos que los que contiene el gua potable municipal.

3. Se deberá obtener la aprobación por escrito de la Supervisión antes de usar cualquier aditivo.

**f). Materiales para curar el concreto**

1. Curado por medio de agua potable.

1.1. Cubiertas que retienen la humedad: cobertores de algodón o similar. Según la norma de AASTHO M182, ASTM C171 o AASHTO M73.

**g). Mezclas del concreto**

1. El Contratista deberá suministrar el concreto con las siguientes características:

1.1. Para el concreto expuesto a las heladas :

a. Resistencia a la compresión axial según se indique en el proyecto y/o la

### Supervisión.

- b. Contenido de aire : 5% \_1%.
  - c. Revenimiento no mayor de 12 cms.
  - d. Relación agua-cemento 0.5 máximo.
  - e. Contenido mínimo de cemento 280 kgs / m3.
- 1.2. Para concreto no expuesto a heladas :
- a. Resistencia a la compresión axial según se indique en el proyecto y/o la Supervisión.
  - b. Contenido de aire: No se deberán agregar agentes intrusores. El contenido de aire debido al mezclado no deberán exceder a 4%.
  - c. Revenimiento: no mayor de 10 cms.
  - d. Relación agua-cemento : 0.5 máximo.
  - e. Contenido mínimo de cemento : 280 kgs / m3.

### Ejecución

#### a). Inspección

1. La Supervisión inspeccionará que las anclas, las silletas, las placas, el refuerzo y demás materiales que serán ahogados en el concreto estén en su lugar, apropiado, asegurados y que no provoquen dificultades durante el vaciado.

#### b). Habilitación del refuerzo

1.1. Se deberá habilitar con precisión y asegurar el refuerzo con alambre recocado, sostenerlo en su lugar por medio de silletas y/o los medios adecuados durante el colado.

1.2. Se deberá sostener las varillas en las vigas o losas en su lugar exacto durante el vaciado. Usar espaciadores, silletas u otros soportes con las siguientes tolerancias:

##### a. Varillas en losas y vigas :

- 1) Miembros de 20 cms. o menos           1/4".
- 2) Miembros de 20 a 60 cms.:           1/2".
- 3) Miembros de más de 60 cms.       1".

b. En el sentido longitudinal del miembro 2".

c. Recubrimiento: según proyecto.

d. Espaciamiento mínimo entre varillas : 1/4".

2. Refuerzo soldado (AWS D1.4) : No se soldará refuerzo en taller o campo a menos que se apruebe por escrito por la Supervisión.

### Colado del concreto

1. El Contratista deberá notificar al laboratorio 24 horas como mínimo antes de comenzar las operaciones de colado de concreto.

2. El Contratista deberá asegurarse que el refuerzo, las partes ahogadas y las juntas no sean afectadas durante el vaciado.

3. Se deberá colar el concreto en capas razonablemente uniformes, aproximadamente horizontales de 30 a 45 cms. de espesor, cuidando evitar las juntas verticales o en planos inclinados. Se colocará el concreto continuamente entre las previamente determinadas

juntas constructivas mostradas en los planos. El apilado de concreto en moldes para lograr una separación o pérdida de los agregados no será permitido.

4. No se deberá colocar concreto que este parcialmente fraguado o endurecido. Se deberá retirar el concreto duro o parcialmente endurecido que se haya acumulado en la cimbra o refuerzo. No se deberá colocar concreto que haya sido previamente vaciado que se haya endurecido lo suficiente para causar fisuras o planos de falla en el miembro.

5. El Contratista deberá depositar el concreto lo mas cercano a su destino final para evitar su manejo. Cuidará que el concreto no tenga una caída libre mas de 90 cms. donde no se pueda evitar esta situación, se usarán tolvas o bandas transportadoras.

6. No se vaciará concreto donde exista agua estancada. Si el lugar donde se depositará el concreto no está debidamente seco, se colará con la tolva cerca del fondo del lugar del depósito.

7. No se colocará el concreto cuando esté muy plástico, revisar el revenimiento especificado.

8. El Contratista deberá consolidar las losas con vibrador.

9. Vibrado. Tan pronto como el concreto este en su lugar, deberá ser agitado con vibradores mecánicos para evitar oquedades o vacíos en el concreto. El Contratista deberá usar vibradores con una frecuencia mínima de 9000 rev/min. Se deberá evitar el sobre-vibrado. Introducirá y sacará el vibrador a cada 40 cms. aproximadamente. En cada inserción, deberá vibrar de 5 a 15 cms. suficiente para consolidar el concreto y evitar la segregación. Se deberá mantener siempre un vibrador en la obra como reserva durante las operaciones de colado. Se deberá cuidar de no insertar el vibrador en las capas inferiores del concreto que ya han empezado a fraguar.

## **Descimbrado**

1. No se deberá descimbrar hasta que el concreto ha obtenido suficiente rigidez. Los tensores o pernos pueden ser aflojados 24 horas después del vaciado. Se podrán retirar los amarres, excepto los suficientes para mantener la cimbra en su lugar.

1.1. Temperatura ambiente : mayor de 60° F: 3 días.

1.2. Temperatura ambiente : 50° F a 60° F : 5 días.

1.3. Temperatura ambiente : 40° F a 50° F : 7 días.

1.4. Temperatura ambiente : menos de 40° F : hasta que el concreto alcance el 75% de la resistencia a los 28 días.

2. El cumplimiento de los períodos anteriores no libera al contratista de la responsabilidad por la seguridad de la estructura durante la construcción.

3. El Contratista deberá retirar la cimbra de madera debajo de pisos, rampas, escalones, y lugares similares, mediante aberturas temporarias si es necesario) de manera no se quede ningún material y se corrompa o se infeste de termitas.

## **Acabado**

1. Cédula de acabados :

1.1. Firmes interiores : Pulido por medio de maquinaria.

1.2. Superficies exteriores no expuestas : Sin acabado.

1.3. Superficies exteriores expuestas : rugoso, o con el agregado expuesto.

1.4. Banquetas : Barrido ligero.

- 1.5. Rampas estriadas.
- 1.6. Piso exterior área de jardinería : Barrido ligero.
2. Trabajo inicial :
  - 2.1. El Contratista deberá retirar las irregularidades de la superficie con aplanadora mecánica, antes de que humedad aparezca en la superficie del concreto.
  - 2.2. No se hará ningún tipo de trabajo en el concreto mientras exista humedad en la superficie o hasta que sea el tiempo para aplanar con llana.
3. Aplanado mecánico :
  - 3.1. Se deberá comenzar a aplanar cuando la película de humedad por fraguado ha desaparecido de la superficie y el concreto se ha endurecido lo suficiente para que permita el caminar sin dejar marcas mayores de 1/4" de profundidad. Se usará llana eléctrica de magnesio o aluminio.
  - 3.2. El Contratista deberá dar el acabado antes de tiempo deja finos en exceso y provoca que la losa tenga una suave superficie que se deslavará.
4. Aplanado con llana :
  - 4.1. El Contratista deberá retrasar el aplanado con llana el mayor tiempo que sea posible para evitar el exceso de líneas y agua sobre la superficie.
  - 4.2. Se deberá usar llana eléctrica lo más que sea posible; usar la llana de mano sólo en lugares inaccesibles.
  - 4.3. El Contratista deberá coordinarse con las instrucciones de aplicación del tratamiento del piso especificado por el fabricante.
  - 4.4. No se deberá humedecer la superficie para este trabajo.
5. Juntas cortadas con sierra:
  - 5.1. El corte deberá ser en el momento preciso. Se cortarán la juntas 12 horas después de dar el acabado. Se cortará tan pronto como se endurezca lo suficiente para evitar que los agregados sean movidos por la sierra. El Contratista deberá terminar el aserrado antes que las deformaciones por contracción produzcan fisuras. Se deberá usar sierras de 3/16" y se deberá cortar 3 cms. de profundidad en la losa.

### **Curado**

1. Curados químicos (ACI 308): El Contratista deberá aplicar conforme a las instrucciones del fabricante una mano de curado. Se deberá obtener del fabricante la garantía por escrito que el compuesto no deteriorará al concreto o a los aditivos del acabado final. Esta garantía será entregada a la Supervisión cuando se vaya a aplicar el compuesto.

### **Concreto defectuoso**

1. Se deberá modificar o retirar el concreto que no cumpla con la resistencia, los niveles, el trazo, pendientes o detalles requeridos.
2. Se deberá reparar o reemplazar el concreto que no se haya colado apropiadamente o del tipo no especificado.
3. No se deberá dañar la apariencia o la resistencia de la estructura durante los procedimientos de retiro o reemplazo.

#### **h). Control de calidad en campo**

1. El Contratista deberá suministrar y cubrir los gastos de lo siguiente:

- 1.1. Carta de calidad de los materiales propuestos y establecimiento de los diseños de las mezclas según el ACI 318.
- 1.2. Servicios de laboratorio de pruebas que el contratista necesite o requiera para sus propósitos.
2. Evaluación y aprobación :
  - 2.1. El nivel de resistencia del concreto se considerará satisfactorio si el promedio del juego de tres pruebas consecutivas igualan o superan la resistencia especificada y ninguna prueba individual (promedio de dos cilindros) resulta debajo de la resistencia especificada por mas de 35 kg/cm<sup>2</sup>.
  - 2.2. No se recibirá ninguna obra de concreto que no cumpla con los requisitos del ACI 301, capítulo 18.
  - 2.3. Cuando la resistencia promedio de los cilindros esta dentro de los límites mínimos de la resistencia especificada, la Contratante se reserva el derecho de requerir al contratista que mejore las condiciones de curado para asegurar la resistencia requerida. Si la resistencia promedio de los cilindros es mucho menor de los límites mínimos de resistencia especificada, el contratista procederá según el ASTM C42. Si la Contratante considera que la resistencia del concreto es inadecuada, el reemplazo, las pruebas de carga o la remediación que la Contratante ordene será suministrada por el contratista sin costo adicional para la Contratante. Si se hacen pruebas de resistencia en corazones y los resultados muestran que la resistencia de la estructura cumple con lo que especifica, el costo de esta prueba se cubrirá por la Contratante.

### **Protección**

1. El Contratista deberá proteger adecuadamente las estructuras de concreto.
2. Inmediatamente después del vaciado, se deberá proteger el concreto de deshidratación prematura, temperaturas excesivamente calientes o frías o daños mecánicos.

### **III.2.3. Instalación de relleno para junta de control con disco**

- a ). No comenzar la instalación hasta que el firme se haya curado un mínimo de 60 días: curación de 90 a 120 días es preferible.
- b ).Preparación para la dilatación:
  1. Utilizar una herramienta angosta para quitar el escombro embebido dentro de la junta, asegurándose que la rebaba del disco esté suelta y remover el componente sellador y curativo de los muros a los lados de la junta.
  2. Limpiar todo escombro suelto por medios de soplete o aspiradora. Si la basura está húmeda, permitir que la junta se seque por 24 horas mínimo o hasta que el material esté seco.
  3. Colocar una capa (entre 3 y 6 mm.) ligera de arena en la base de la junta para prevenir que el material Sonolastic SL-1 de Sonneborn escurra a través de las cuarteaduras o separaciones causadas por contracción en el fondo. Para las condiciones especiales, hacer las siguientes excepciones:
    - a. Para las juntas de construcción, colocar el colchón de arena dentro de 5 cms de la parte superior del firme.
    - b. Para las juntas ranuradas, colocar el colchón de arena a la vuelta en la junta para que el área de la junta esté verticalmente lleno.

c ). Mezcla de Relleno: Mezclar el relleno para la junta para cumplir con las instrucciones impresas del fabricante.

d ). Instalación del Relleno (Ver especificaciones del proveedor):

1. Enjuagar la pistola con solventes y cargarla con Sonolastic SL-1 de Sonneborn.
2. Hacer un pase inicial, rellenando la junta hasta dentro de 13 mm. de la parte superior; permitir asentarse.
3. Dentro de aproximadamente 15 minutos, hacer el segundo pase, rellenar la junta hasta el paño de la superficie o con una pequeña cumbre.
4. Enjuagar la pistola con solventes después de cada pasada para prevenir que se cure la punta de la pistola.

h ). Juntas de Control: Con maquina de disco.

1. Los cortes serán programados con el fraguado del concreto. Las juntas de control se llevaran a cabo dentro de las 12 horas después de terminar. Comenzar el corte en cuanto el concreto haya endurecido suficientemente para impedir que los agregados sean desalojados. Realizar el corte antes de que los esfuerzos de contracción lleguen al grado de producir cuarteaduras. Usar cuchilla de 5 mm de espesor, cortando 30 mm en la losa.
2. Sistema de Recorte Suave "Soff Cut": A opción del Contratista, el método "Soff-Cut", por Soff-Cut Internacional de Riverside, California, EUA (714) 359-7774 puede ser utilizado. El Contratista deberá tener experiencia en la utilización de este método antes de esta obra. Realizar los cortes dentro de 2 horas después del acabado final en cada sitio de corte. Usar cuchilla de 5 mm de espesor, cortando un mínimo de 16 mm a un máximo de 25 mm en la losa. Si el corte ocurre antes del curado, usar el compuesto de curado que se seca rápidamente para permitir el corte al momento debido.

### **III.2.4. Material aislante**

#### **Condiciones del proyecto.**

1. Aislamiento Laminado, Forro Colchón de fibra de vidrio 9 cm.(3-1/2 pulgadas) (R-11) Oculto entre los Pánles sin forro Exteriores para muro y Páneles interiores de forro.
2. Aislamiento para el firme de Poliestireno extruido, Tipo VI Como lo indican los planos congelador

#### **Ejecución**

#### **Preparación**

a ). Tablilla rígida de Aislamiento:

1. Verificar que el substrato y materiales adyacentes, así como las tablillas de Aislamiento, estén secas y preparadas para recibir la Aislamiento y el adhesivo.
2. Verificar que las tablillas de Aislamiento no estén quebradas ni dañadas.

#### **Instalación aislamiento laminado bajo Losa de rodamiento**

a ). Instalar el Aislamiento laminado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, sin dejar vacíos.

b ). Recortar el Aislamiento en forma prolija para que quepa en los espacios. Utilizar todo aislamiento laminado libre de daños. Fijar el Aislamiento en forma ajustada en los espacios y ajustada al lado externo de servicios mecánicos y eléctricos que están dentro del plano del Aislamiento.

c ).Instalar una capa de tablilla de aislamiento en las áreas bajo la losa de rodamiento de concreto en las ubicaciones de las congeladoras como lo indican y detallan los planos.

### **III.2.5. Zampeados**

#### **Definición**

Los zampeados son recubrimientos de superficies con mampostería, concreto hidráulico o suelo-cemento, contruidos sobre superficies de terreno horizontales o inclinadas, como protección contra la erosión y en casos como recubrimiento de acabado.

#### **Condiciones del proyecto.**

1.- El procedimiento constructivo para la estabilización de taludes será definido por el proyecto y/o Supervisión, el cual dependerá de la inclinación y del material constituido el cual puede ser inestable para la inclinación.

#### **Ejecución**

1. La superficie del terreno que se vaya a zampear deberá estar exenta de troncos, raíces, hierbas y demás cuerpos extraños que estorben o perjudique al trabajo.
2. La superficie del terreno por zampear deberá seguir las líneas y niveles de proyecto. A dicha superficie deberá proporcionársele, en caso que así lo indique la Supervisión, el tratamiento necesario para estabilizarla.

### **III.2.6. Selladores para juntas**

#### **Materiales para sellar**

a ). Selladores de poliuretano:

1. Sellador de poliuretano No. 1: ASTM C920, Tipo M, Grado NS, Clase 25

a. Vulkem 227 de Mameco International, Inc.

b. Dynatrol II de Pecora Corporation.

c. Sonolastic NP-2 de Sonneborn Building Products.

d. Sonolastic NP-1 de Sonneborn Building Products.

2. Sellador de poliuretano No. 2: ASTM C920, Tipo S, Grado P, Clase 25.

a. Vulkem 245 de Mameco International, Inc.

b. Urexpán NR-201, de Pecora Corporation.

c. Sonolastic SL1 de Sonneborn Building Products.

b ). Selladores de silicona:

1. Sellador de silicona No. 1: ASTM C920, Tipo S, Grado NS, Clase 25.

2. Sellador de silicona No. 2: ASTM C920, Tipo S, Grado NS, Clase 25, resistente al moho.

- a. Sanitario 1702 de General Electric Silicone Products Division
- b. 786 de Dow Corning Corporation

### **Accesorios**

- a ). Pintura base: del tipo que no tiña, recomendada por el fabricante del sellador para ser compatible con la instalación.
- b ). Limpiador de Uniones: No corrosivo y que no tiña, recomendado por el fabricante del sellador; compatible con los materiales que formen la unión.
- c ). Relleno de la unión: Barra de espuma de polietileno, sobredimensionada de 30% a 50%.
- d ). Rompe-ligas: Use cinta sensitiva a la presión que sea recomendada por el fabricante del sellador para ser compatible con la instalación.
- e ). Sello de compresión: Cinta de esponja para sellador precompresada de la marca "Will-Seal 150" (Sellará) fabricado por la compañía Illbruck de Estados Unidos.

### **Pruebas o control de calidad**

#### **Requisitos ambientales**

- a ). En espacios de construcciones sin ventilación no use selladores que contienen solventes para fraguar.
- b ). Mantenga la temperatura y la humedad recomendada por el fabricante del sellador durante y después de la instalación.

### **Ejecución**

#### **Condiciones de aplicación**

- a ). Asegurar que las superficies y las aperturas en las uniones estén preparadas para recibir el trabajo y que las medidas tomadas en campo sean las mismas descritas en los planos y recomendadas por el fabricante.
- b ). Dar inicio a una instalación significa que el instalador acepta las condiciones existentes.

#### **Preparación**

- a ). Limpiar y poner las pinturas bases en las uniones de acuerdo a las instrucciones de los fabricantes.
- b ). Retirar material suelto y partículas ajenas que pudieran disminuir la adherencia del sellador.
- c ). Asegúrese que el respaldo de las uniones y las cintas de liberación sean compatibles con el sellador.
- d ). Proteger los elementos alrededor del trabajo de esta sección para que no se dañen o se desfiguren.

### **Instalación**

- a ). Instalar el sellador de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- b ). Medir las dimensiones de las uniones y tomar cantidades de materiales que logren las proporciones requeridas de ancho y profundidad.
- c ). Instalar el respaldo de la unión para lograr un tamaño de cuello no mayor a 1/3 del ancho de la unión.
- d ). Instalar un rompe-ligas en partes donde no se use respaldo de unión.
- e ). Aplicar el sellador dentro de los rangos de temperatura recomendados. Consultar con el fabricante en los casos que el sellador no puede ser instalado dentro de los rangos de temperatura recomendados.
- f ). Instalar el sellador sin que se formen burbujas de aire y sin la inclusión de materiales ajenos ni arrugas o depresiones.
- g ). Usar herramientas para dar terminación cóncava a las uniones.

### **III.2.7. Acabados**

#### **Pintura**

##### **Entrega, almacenamiento y manejo**

- a ). Entregar materiales de pintura en recipientes originales sellados y con etiquetas, portando nombre de fabricante, tipo de pintura, marca, designación de color, e instrucciones para mezcla y/o reducción.
- b ). Suministrar instalaciones adecuadas para almacenamiento. Almacenar materiales de pintura a una temperatura ambiental mínima de 7°C (45°F) en área bien ventilada.
- c ). Tomar medidas de precaución para impedir peligros de incendio y combustión espontánea.

#### **Inspección**

- a ). El Pintor deberá inspeccionar las áreas y condiciones bajo las cuales se aplicará la pintura y notificara al contratista por escrito de condiciones que deterioren la terminación debida y oportuna del trabajo. No se deberá iniciar o reanudar el trabajo hasta que las condiciones adversas hayan sido corregidas.
- b ). Comenzar el trabajo significa aprobación de las condiciones existentes, y el Contratista será responsable, a su propio costo, de corregir todo trabajo defectuoso.

#### **Aplicaciones**

- a ). Aplicar cada capa a consistencia adecuada. Proteger otras superficies de pintura y daños. Reparar daños resultantes de una protección inadecuada.
- b ). Cada capa de pintura debe ser un poco más oscura que la capa anterior, en el caso contrario deberá ser aprobado por el Gerente de Construcción del Propietario.
- c ). No aplicar acabados en superficies que no están suficientemente secas.
- d ). La Lista de Pinturas a continuación prevee una aplicación mínima de dos capas. El propósito de estas especificaciones es suministrar cobertura 100% protectoras para todas las superficies descubiertas y programadas para pintura.
  - 1. Una tercera capa podrá ser requerida por el Gerente de Construcción del Propietario para dar cobertura completa y apariencia uniforme.

### **III.3. Precios Unitarios**

Un precio unitario esta integrado por un costo directo de la obra, indirectos, financiamiento y un cargo por utilidad.

Del total del precio unitario, un porcentaje importante lo absorbe el costo directo el cual esta integrado por la suma de los costos de los insumos de dicho proceso constructivo, esto es: Mano de obra, Materiales y Maquinaria.

#### **III.3.1. Mano de obra**

La mano de obra es el costo que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que intervienen directamente en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al primer mando, entendiéndose como tal hasta la categoría de cabo o jefe de una cuadrilla de trabajadores.

No se consideran dentro de este costo, las percepciones del personal técnico, administrativo, de control y supervisión que corresponden a los costos indirectos.

La determinación de costo de mano de obra por unidad de obra terminada corresponde dos aspectos:

1.- El salario real del personal que interviene directamente en la ejecución de cada concepto de trabajo por jornada de ocho horas, salvo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control y supervisión que corresponden a los costos indirectos. Incluye todas las prestaciones derivadas de la Ley Federal del Trabajo, La Ley del Seguro Social, Ley del Instituto del Fondo Nacional de La vivienda para los trabajadores o de los contratos Colectivos del trabajo en vigor.

2.- El rendimiento o cantidad de trabajo que desarrolla el personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo por jornada de ocho horas. Para realizar la evaluación del rendimiento, se deberá en todo momento el tipo de trabajo a desarrollar y las condiciones ambientales, topográficas y en general aquellas que predominen en la zona o región donde se ejecuten.

El salario real por otra parte, es igual al salario base o percepción diaria que recibe el trabajador, más un incremento debido a las prestaciones contenidas en la Ley Federal del Trabajo, a las cuotas que el patrón paga al Instituto Mexicano del Seguro Social e Infonavit ; esto es

$$S_R = S_B + \Delta S_B$$

Factorizando:

$$S_R = S_B (1 + \Delta)$$

Llamando al factor  $1+\Delta$  = Factor de salario real = FSR, podemos escribir finalmente:

$$S_R = S_B \times \text{FSR}$$

El salario base debe de ser tomado a partir de un mercadeo en la plaza donde se ejecutará la obra. Asimismo, deben observarse los salarios mínimos y mínimos profesionales que edita la Comisión Nacional de Salarios Mínimos únicamente como referencia, ya que en la práctica estos salarios están muy por debajo de los salarios de mercado.

El artículo 160 del Reglamento establece que se deberá entender el Factor de Salario Real FSR como la relación de los días realmente pagados en un período anual, de enero a diciembre, divididos entre los días efectivamente laborados durante el mismo período.

Para su determinación, únicamente se deberán considerar aquellos días que estén dentro del período anual referido y que, de acuerdo a la Ley Federal del Trabajo y los Contratos Colectivos, resulten pagos obligatorios, aunque no sean laborables.

El Factor de Salario Real , deberá incluir las prestaciones derivadas de la Ley Federal del Trabajo, de la Ley del Seguro Social, de la Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores o de los Contratos Colectivos de Trabajo en Vigor.

### **III.3.2. Materiales**

El costo directo de los materiales es el correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir o producir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto de trabajo, que cumpla con las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción.

Asimismo, se puntualiza que los materiales que se usen podrán ser permanentes o temporales, los primeros son los que se incorporan y forman parte de la obra; los segundos son los que se utilizan en forma auxiliar y no pasan a formar parte integrante de la obra. En este caso se deberá considerar el costo en proporción a su uso.

Para poder determinar el costo directo por concepto de materiales, es necesario contar con dos elementos: uno es el costo del material puesto en la obra , a pie del frente de trabajo, incluyendo todo lo necesario para tal efecto, y el otro es el consumo o cantidad de material a ser utilizado en la unidad de obra que se está analizando.

Dada la gran diversidad de tipos y calidades de materiales, así como marcas disponibles, con relación al costo del material puesto en obra, es muy importante revisar con cuidado las especificaciones del material en el proyecto que se está costearo, así como los accesorios o materiales adicionales requeridos para su adecuada utilización.

Una vez definido con precisión el material, se recomienda llevar a cabo un mercadeo cuando menos con tres proveedores, decidiendo no solamente con base en el precio de adquisición, sino en las condiciones de pago, descuentos en su caso, seriedad del proveedor en cuanto a plazos de entrega y cualquier otra condición que pudiera significar un beneficio para la empresa.

### **III.3.3. Maquinaria**

El costo directo por maquinaria o equipo de construcción es el que se deriva del uso correcto de las máquinas o equipos adecuados y necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo a lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares y conforme al programa de ejecución convenido.

El costeo de este insumo, se hace con base a la determinación del costo por hora efectiva trabajada o costo horario, combinado con el rendimiento que se espera de dicha máquina trabajando en el concepto de obra al cual es asignada.

#### **Costo horario**

La estructuración del Costo Horario, está hecha de la siguiente manera:

#### **CARGOS FIJOS**

##### **Depreciación**

El costo de depreciación es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria o equipo de construcción como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica. Se considera una depreciación lineal, es decir, que la maquinaria o equipo de construcción se deprecia en una misma cantidad por unidad de tiempo.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$D = Vm - Vr / Ve$$

Donde:

- D Representa el costo horario por depreciación de la maquinaria o equipo de construcción.
- Vm Representa el valor de la máquina o equipo considerado como nuevo a la fecha de presentación y apertura de la propuesta técnica, descontando el precio de las llantas y de los equipamientos, accesorios o piezas especiales en su caso.
- Vr Representa el valor de rescate de la máquina o equipo que el contratista considere

recuperar por su venta, al término de su vida económica.

- Ve Representa la vida económica de la máquina o equipo estimada por el contratista y expresada en horas efectivas de trabajo, es decir, el tiempo que puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma eficiente.

### **Inversión**

El costo por inversión, es el costo equivalente a los intereses del capital invertido en la maquinaria o equipo de construcción, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$I_m = (V_m + V_r)i / 2He_a$$

Donde:

- $I_m$  Representa el costo horario de la inversión de la maquinaria o equipo de construcción, considerado como nuevo.
- $V_m$  Representa el valor de la máquina o equipo considerado como nuevo a la fecha de presentación y apertura de la propuesta técnica, descontando el precio de las llantas y de los equipamientos, accesorios o piezas especiales en su caso.
- $V_r$  Representa el valor de rescate de la máquina o equipo que el contratista considere recuperar por su venta, al término de su vida económica.
- $He_a$  Representa el número de horas efectivas que la maquinaria o el equipo trabaja durante el año.
- $i$  Representa la tasa de interés anual expresada en fracción decimal

### **Seguros**

El costo por seguros, es el que cubre los riesgos a que está sujeta la maquinaria o equipo de construcción por siniestros que sufra. Este costo forma parte del costo horario, ya sea que la maquinaria o equipo se asegure por una compañía aseguradora, o que la empresa constructora decida hacer frente con sus propios recursos a los posibles riesgos como consecuencia de su uso.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$S_m = (V_m + V_r) s / 2H_{ea}$$

Donde:

- $S_m$  Representa el costo por seguros de la maquinaria o equipo de construcción.
- $V_m$  Representa el valor de la máquina o equipo considerado como nuevo a la fecha de presentación y apertura de la propuesta técnica, descontando el precio de las llantas y de los equipamientos, accesorios o piezas especiales en su caso.
- $V_r$  Representa el valor de rescate de la máquina o equipo que el contratista considere recuperar por su venta, al término de su vida económica.
- $H_{ea}$  Representa el número de horas efectivas que la maquinaria o el equipo trabaja durante el año.
- $s$  Representa la prima anual promedio de seguros, fijada como porcentaje del valor de la maquinaria o equipo, y expresada en fracción decimal.

## **Mantenimiento**

El costo por mantenimiento mayor o menor, es el originado por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria o equipo de construcción en buenas condiciones durante toda su vida económica.

Se entenderá como:

1.- Costo por mantenimiento mayor, a las erogaciones correspondientes a las reparaciones de la maquinaria o equipo de construcción en talleres especializados, o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especializado y que requieran retirar la máquina o equipo de los frentes de trabajo. Este costo incluye la mano de obra, repuestos y renovaciones de partes de la maquinaria o equipo de construcción, así como otros materiales que sean necesarios.

2.- Costo por mantenimiento menor, a las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras, así como los cambios de líquidos para mandos hidráulicos, aceite de transmisión, filtros, grasas y estopas. Incluye el personal y equipo auxiliar que realiza estas reparaciones de mantenimiento, los repuestos y otros materiales que sean necesarios.

El costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$M_n = K_o * D$$

Donde:

- Mn Representa el costo horario por mantenimiento mayor y menor de la maquinaria o equipo de construcción.
- Ko Es un coeficiente que considera tanto el mantenimiento mayor como el menor. Este coeficiente varía según el tipo de maquina o equipo y las características del trabajo, y se fija con base en la experiencia estadística.
- D Representa la depreciación de la máquina o equipo.

### **CARGOS POR CONSUMO**

Los cargos por consumo, son los que se derivan de todas las erogaciones por el uso de combustibles, otras fuentes de energía y, en su caso, lubricantes y llantas.

#### **Combustible**

El costo por combustibles, es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina y diesel para el funcionamiento de los motores de combustión interna de la maquinaria o equipo de construcción.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$Co = Gh * Pc$$

Donde:

- Co Representa el costo horario del combustible necesario por hora efectiva de trabajo
- Gh Representa la cantidad de combustible utilizado por hora efectiva de trabajo. Este coeficiente se obtiene en función de la potencia nominal del motor, de un factor de operación de la máquina o equipo y de un coeficiente determinado por la experiencia, el cual varía de acuerdo con el combustible que se use.
- Pc Representa el precio del combustible puesto en la máquina o equipo.

#### **Otras fuentes de energía**

El costo por otras fuentes de energía, es el derivado por los consumos de energía eléctrica o de otros energéticos distintos a los señalados en el punto anterior. La determinación de este costo requerirá en cada caso de un estudio especial.

## **Lubricantes**

El costo por lubricantes, es el derivado por el consumo y los cambios periódicos de aceites lubricantes de los motores.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$Lb = (Ah + Ga) Pa$$

Donde:

- Lb Representa el costo horario por consumo de lubricantes.
- Ah Representa la cantidad de aceites lubricantes consumidos por hora efectiva de trabajo, de acuerdo a las condiciones medias de operación.
- Ga Representa el consumo entre cambios sucesivos de lubricantes en las máquinas o equipos, esta determinada por la capacidad del recipiente dentro de la máquina o equipo y los tiempos entre cambios sucesivos de aceites.
- Pa Representa el costo de los aceites lubricantes puestos en las máquinas o equipos.

## **Llantas**

El costo por llantas, es el correspondiente al consumo por desgaste de las llantas durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

Este costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$N = Pn / Vn$$

Donde:

- N Representa el costo horario por el consumo de las llantas de la máquina o equipo, como consecuencia de su uso.
- Pn Representa el valor de las llantas, consideradas como nuevas, de acuerdo con las características indicadas por el fabricante de la máquina.
- Vn Representa las horas de vida económica de las llantas, tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determinará de acuerdo con tablas de estimaciones de la vida de los neumáticos, desarrolladas con base en las experiencias estadísticas de los fabricantes, considerando entre otros, los factores siguientes: presiones de inflado, velocidad máxima de trabajo, condiciones relativas del camino que transite, tales como pendientes, curvas, superficie de rodamiento, posición de la máquina, cargas de soporte, clima en

que se operen y mantenimiento.

### **Piezas especiales**

El costo por piezas especiales, es el correspondiente al consumo por desgaste de las piezas especiales durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

El costo se obtiene con la siguiente expresión:

$$Ae = Pa / Va$$

Donde:

- Ae Representa el costo horario por las piezas especiales
- Pa Representa el valor de las piezas especiales, considerado como nuevas.
- Va Representa las horas de vida económica de las piezas especiales, tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas.

### **CARGOS POR OPERACIÓN**

#### **Salarios de operación**

El costo por salarios de operación, es el que resulta por concepto de pago de o los salarios del personal encargado de la operación de la maquinaria o equipo de construcción, por hora efectiva de trabajo.

Este costo se obtendrá mediante la expresión:

$$Po = Sr / Ht$$

Donde:

- Po Representa el costo horario por la operación de la maquinaria o equipo de construcción.
- Sr Correspondiente al salario real
- Ht Representa las horas efectivas de trabajo de la maquinaria o equipo de construcción dentro del turno.

La suma de los cargos anteriores, corresponde al Costo Hora Máquina o Costo Horario del equipo de construcción.

### **Rendimientos**

Los rendimientos desarrollados por las máquinas, deben ser tomados de la experiencia o estadística propia de cada empresa; sin embargo a falta de ella, también se puede recurrir a la literatura existente, a los programas de precios unitarios para computadora.

En el caso de que se tengan varias máquinas trabajando en conjunto en un concepto de obra determinado. En este caso debe considerarse en rendimiento de la máquina o grupos de máquinas que tengan el rendimiento menor, pues los equipos restantes, aunque pudieran tener una capacidad de producción mayor, deberán supeditarse al equipo con menor rendimiento.

Conocido el costo horario y el rendimiento, el costo directo por concepto de maquinaria queda expresado como:

$$\text{MAQUINARIA} = \text{COSTO HORARIO} \times 1/\text{RENDIMIENTO DEL EQUIPO}$$

### **III.3.4. Costo Indirecto**

El costo indirecto corresponde a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales como en la obra, y comprende entre otros; los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, construcción de instalaciones generales necesarias para realizar conceptos de trabajo, el transporte de maquinaria o equipo de construcción, imprevistos y en su caso, prestaciones laborales y sociales correspondientes al personal directivo y administrativo.

Para su determinación, se deberá considerar que el costo correspondiente a las oficinas centrales del contratista, comprenderá únicamente los gastos necesarios para dar apoyo técnico y administrativo a la superintendencia del contratista, encargada directamente de los trabajos. En el caso de los costos indirectos de oficinas de campo se deberá considerar todos los conceptos que de él se deriven.

Los costos indirectos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Dicho porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo esta suma entre el costo directo total de la obra.

Una base sólida para hacerlo es considerar el costo de operación esperado en un año calendario o ejercicio fiscal este costo será dividido entre el volumen de obra que la empresa espera ejecutar en el mismo periodo a costo directo.

Esto nos lleva a determinar un porcentaje uniforme por concepto de administración central, mismo que se aplicará al costo directo de todas y cada una de las obras que la compañía ejecute en el periodo determinado.

El importe de las diferentes partidas que integran el costo de operación por concepto de administración central, debe ser prorrateado, para cada obra en particular, con base en el costo directo que se tenga.

En resumen este porcentaje puede calcularse como sigue:

$$\% \text{ Admón Central} = \frac{\text{Costo de operación anual}}{\text{Suma a costo directo de las obras por ejecutar en el año}} \times 100$$

### **Fianzas**

Parte del costo de operación anual de una constructora, lo representan las fianzas o garantías que debe extenderse a sus clientes. Este costo también puede ser cargado al costo total de cada obra en particular.

El costo de las fianzas representa aproximadamente un 1% del costo directo del presupuesto.

Los recursos técnicos y de organización necesarios para construir una obra, dan origen al costo de administración de obra.

Dependiendo del tipo de obra y su complejidad, será necesario diseñar una organización para controlarla técnica y administrativamente. Lo anterior aunado al tiempo de ejecución de los trabajos, nos permite calcular el importe del costo por este rubro, el cual, al dividirlo sobre el costo directo de la obra, nos da el porcentaje por concepto de administración de obra; esto es:

$$\% \text{ Admón de Obra} = \frac{\text{Costo de administración de obra}}{\text{Costo directo de la obra en cuestión}} \times 100$$

### **III.3.5. Financiamiento**

El costo de financiamiento se produce cuando el contratista debe aportar de sus propios recursos económicos para ejecutar la obra.

Hay diferentes maneras de calcular el costo de financiamiento: desde sencillas fórmulas, hasta flujos de caja sumamente detallados. Es precisamente a través de un flujo de caja que se obtienen los mejores resultados, pues por medio de él se pueden representar los

ingresos reales, ya teniendo en consideración las deducciones contractuales, y los egresos previstos durante el desarrollo de los trabajos. La diferencia acumulada entre ingresos y egresos nos proporciona la necesidad de financiamiento con lo cual se puede calcular su costo tomando para ello alguno de los indicadores económicos que diariamente salen publicados en los periódicos.

El costo por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos y corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios y contratados, que realice la contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorizados por periodos.

El costo por financiamiento permanecerá constante durante la ejecución de los trabajos, y únicamente se ajustará en los siguientes casos:

- 1.- Cuando varíe la tasa de interés.
- 2.- Cuando no se entreguen los anticipos durante el primer trimestre de cada ejercicio subsecuente al del inicio de los trabajos.

Para el análisis, cálculo e integración del porcentaje del costo por financiamiento se deberá considerar lo siguiente:

- 1.- Que la calendarización de egresos esté acorde con el programa de ejecución de los trabajos.
- 2.- Que el porcentaje del costo por financiamiento se obtenga de la diferencia que resulte entre los ingresos y egresos, afectado por la tasa de interés propuesta por el contratista, y dividida entre el costo directo más los costos indirectos.
- 3.- Que se integre por los siguientes ingresos:
  - a.- Los anticipos que se otorgarán al contratista durante el ejercicio del contrato.
  - b.- El importe de las estimaciones a presentar, considerando los plazos de formulación, aprobación, trámite y pago; deduciendo la amortización de los anticipos concedidos.
- 4.- Que se integre por los siguientes egresos:
  - a.- Los gastos que impliquen los costos directos e indirectos.
  - b.- Los anticipos para la compra de maquinaria o equipo e instrumentos de instalación permanente en caso que se requieran.
  - c.- En general, cualquier otro gasto requerido según el programa de ejecución.

Una vez calculado el costo de financiamiento, este debe expresarse como un porcentaje sobre el costo directo más el costo indirecto, esto es:

$$\% \text{ FINANCIAMIENTO} = \frac{\text{COSTO DE FINANCIAMIENTO}}{\text{COSTO DIRECTO} + \text{COSTO INDIRECTO}} \times 100$$

### **III.3.6. Utilidad**

El cargo por utilidad es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo, será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.

Este cargo, deberá considerar las deducciones correspondientes al impuesto sobre la renta y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas.

### **Integración del precio unitario**

Calculado el costo directo, el costo indirecto, el financiamiento y determinada utilidad. la integración de los precios unitarios se hace considerando los porcentajes calculados de la siguiente manera:

$COSTO\ INDIRECTO = \% \text{ COSTO DIRECTO}$

$FINANCIAMIENTO = \% \text{ COSTO DIRECTO} + \text{COSTO INDIRECTO}$

$UTILIDAD = \% \text{ COSTO DIRECTO} + \text{COSTO INDIRECTO} + \text{FINANCIAMIENTO}$

### **Precios básicos**

Hay algunos conceptos de trabajo que aparecen repetidamente en diferentes conceptos de obra, tal es el caso de los morteros, concretos, cimbras y otros. en estos casos, es conveniente estructurar un precio básico a costo directo en el cual se integren los insumos necesarios que lo componen y, posteriormente utilizar este precio básico en la integración de los precios unitarios compuestos de los conceptos que sea necesario.

### **Precios compuestos**

Corresponden a los precios unitarios donde aparecen la totalidad de los insumos, más los porcentajes calculados de indirectos, financiamiento, utilidad y, en su caso, cargos adicionales; en ellos, pueden aparecer uno o más precios básicos formando parte del mismo.

El formato de la integración de un precio unitario se muestra a continuación:

### ANÁLISIS DE PRECIOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
-------	-------------	--------	----------	-----------	-------

**Unidad: M2**  
CIMBRA EN CIMENTACIÓN

**Materiales**

MATR16	TRIPLAY 16 mm	M2	0.200000	\$130.00	\$26.00
MAPOL	POLIN	PZA	0.150000	\$45.00	\$6.75
MABAR	BARROTE	PZA	0.100000	\$30.00	\$3.00
MACLA	CLAVO	KG	0.125000	\$10.00	\$1.25
MADES	DESMOLDANTE	LITRO	1.000000	\$5.00	\$5.00
MAALA	ALAMBRE RECOCIDO	KG	0.050000	\$10.00	\$0.50
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$42.50</b>

**Mano de obra**

MOCA	CARPINTERO	JOR	0.100000	\$383.84	\$38.37
MAIC	AYDTE. CARPINTERO	JOR	0.100000	\$228.90	\$22.89
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$61.26</b>

**Equipo y herramienta**

%MO	HERRAMIENTA amienta	%	0.030000	\$61.26	\$1.84
<b>Total de Equipo y Herr</b>					<b>\$1.84</b>

<b>Costo</b>	<b>Directo</b>	<b>\$105.60</b>
<b>Indirectos</b>	<b>(15.00%)</b>	<b>\$15.84</b>
	<b>Subtotal</b>	<b>\$121.44</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>(1.00%)</b>	<b>\$1.21</b>
	<b>Subtotal</b>	<b>\$122.65</b>
<b>Utilidad</b>	<b>(10.00%)</b>	<b>\$12.27</b>
<b>Precio</b>	<b>Unitario</b>	<b>\$134.92</b>

**(CIENTO TREINTA Y CUATRO  
PESOS 92/100 M.N.)**

### III.4. Cálculo de tiempo de ejecución

Con el propósito de conocer el tiempo de ejecución y los recursos asignados para lograr la terminación de los conceptos en los tiempos propuestos, se requiere realizar los siguientes programas cuando menos:

- 1.- Programa de ejecución
- 2.- Programa de utilización de personal de campo
- 3.- Programa de utilización de maquinaria y equipo
- 4.- Programa de materiales
- 5.- programa de utilización de personal técnico y administrativo

Para lograr éxito en la elaboración de los programas, se debe tomar en consideración los rendimientos establecidos para el cálculo de los precios unitarios, tanto en el renglón mano de obra como para los equipos propuestos. dichos rendimientos, asociados a los volúmenes de obra por ejecutar, nos definen la cantidad de personal o número de unidades de equipo necesarias para ejecutar el concepto en el tiempo deseado.

Dentro de las metodologías para la elaboración de los programas de obra, todas las cuales conllevan al objetivo de contar con la representación gráfica del proceso constructivo, se tienen esencialmente:

- 1.- Sistema de representación por flechas
- 2.- Sistema de representación por nodos
- 3.- Sistema de representación por barras (diagramas de Gantt)

### III.5. Presupuesto

Habiéndose calculado la totalidad de los volúmenes de obra y precios unitarios se lleva a cabo la integración del presupuesto.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<b>1.1</b>	<b>Demoliciones</b>				
1.1.1	Demolición con equipo mecánico de concreto en losa de rodamiento de cm., de espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m, equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	440.00	\$218.72	\$96,236.80
1.1.2	Demolición con equipo mecánico de concreto en losa de cimentación de 20 cm., de espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m, equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	586.00	\$218.72	\$128,169.92
1.1.3	Demolición con equipo mecánico de muros de tabique de 15 cm., de espesor para paso de maquinaria entre cámaras; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m., equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	32.00	\$168.67	\$5,397.44

<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Total</b>
1.1.4	Retiro de material térmico aislante de 10 cm., de espesor; Incluye: Acarreos locales hasta una distancia de 150 m., equipo, herramienta, mano de obra. P.U.O.T.	M³	320.00	\$46.15	\$14,768.00
1.1.5	Acarreo en camión de material producto de las demoliciones hasta tiradero aprobado por las autoridades, volumen medido en banco; Incluye: Fletes ida y vuelta de maquinaria y equipo, combustibles, desperdicios, mano de obra para operación y mantenimiento, herramienta y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M³	1,378.00	\$119.44	\$164,588.86
1.1.6	Escarificación de 5 mm., en losa de cimentación en zona de colocación de trabes; Incluye: mano de obra, herramienta. P.U.O.T.	ML	1,323.00	\$10.55	\$13,957.65
<b>1.2</b>	<b>Cimentación</b>				
1.2.1	Excavación manual en cepas de material tipo B, a la profundidad requerida por el proyecto, volumen medido en banco, considerando carga a camión; Incluye: Afine para desplantar plantilla, fletes hasta obra ida y vuelta, acarreo en interior obra, combustibles, mano de obra. P.U.O.T.	M³	195.00	\$193.84	\$37,798.80
1.2.2	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , de sección de 30x30 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. 3@20 cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML	1,013.00	\$462.82	\$468,836.60
1.2.3	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , de sección de 35x35 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. 3@20 cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML	470.00	\$517.50	\$243,225.00
1.2.4	Fabricación e hincado de pilotes de concreto con un $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , de sección de 40x40 cm., armados con 8 varillas del No. 5 y estribos del No. 3@20 cm., en tramos de 3 m; Incluye: Perforación previa, acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , placas de unión de acero A36, colado con bomba, cimbra y descimbra, curado, soldadura de filete, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	ML	198.00	\$588.35	\$116,493.30
1.2.5	Plantilla de concreto $f'c=100$ kg/cm <sup>2</sup> , R.N. y T.M.A.=38 mm y 5 cm., de espesor, acabado nivelado y regleado; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedor hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, equipo y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M²	126.35	\$156.55	\$19,780.09
1.2.6	Descabece de pilotes de concreto con equipo manual; Incluye: herramienta, mano de obra y acarreo locales. P.U.O.T.	ML	50.00	\$119.26	\$5,963.00
1.2.7	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , diámetro variable desde No. 3 (3/8") hasta No. 6 (3/4"), en cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo en el interior de la obra, desperdicios, escuadras, traslapes, ganchos, alambre recocado para amarres, silletas, calzas de concreto, mano de obra para habilitado y armado, equipo, dobladoras y cortadoras mecánicas. P.U.O.T.	KG	39,500	\$11.05	\$436,475.00

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
1.2.8	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> , diámetro variable desde No. 8 (1") hasta No. 12 (1 1/2"), en cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo en interior de la obra, desperdicios, escuadras, traslapes, ganchos, alambre recocado para amarres, silletas, calzas de concreto, mano de obra para habilitado y armado, equipo, dobladoras y cortadoras mecánicas. P.U.O.T.	KG	45,700	\$11.05	\$504,985.00
1.2.9	Cimbra acabado común en elementos de concreto de cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, trazo, cortes, desperdicios, cimbrado y descimbrado, materiales para consumo, equipo, herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	965.00	\$134.92	\$131,336.50
1.2.10	Cimbra acabado aparente en elementos de concreto de cimentación; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, mano de obra, trazo, cortes, desperdicios, cimbrado y descimbrado, materiales para consumo, equipo, herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	1,265.00	\$143.47	\$181,489.50
1.2.11	Concreto premezclado $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , R.N. y T.M.A. 19 mm., clase 1 bombeable en cimentación; Incluye: Materiales, equipo de bombeo, desperdicios, vaciado, vibrado, curado con membrana, toma de muestras para prueba y entrega de reporte por cada 30 m <sup>3</sup> , mano de obra, herramienta menor, equipo y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	740.00	\$2,586.81	\$1,914,239.40
<b>1.3</b>	<b>Colocación de estructura de rodamiento</b>				
1.3.1	Colocación de impermeabilizante en base de estructura de rodamiento; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	3,880.00	\$293.24	\$1,137,771.20
1.3.2	Colocación de poliestireno de alta densidad de 15 cm, de espesor; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	3,600.00	\$384.50	\$1,384,200.00
1.3.3	Losa de rodamiento de espesor de 15 cm., de concreto premezclado $f'c=250$ kg/cm <sup>2</sup> , clase 1, acabado pulido con equipo especial, allanadora, regla vibratoria, equipo topográfico de precisión y equipo de rayo laser, aplicación de endurecedor, sellador y membrana de curado marca prentasil a dos manos para lograr brulado y sellado en forma acelerada, según modulación de proyecto; Incluye: Junta de colado machihembrada con cimbra metálica y pasajuntas de varilla lisa No. 4 (1/2") @ 70 cm., junta de expansión contra elementos de concreto (trabes y columnas) con celotex E=1.27 cm., y 14.5 cm de alto y sellador prentaflex 75, desperdicios, fletes desde proveedores hasta obra, acarreo interior obra, preparación de la superficie, equipo, herramienta menor, mano de obra, colado, tendido, vibrado, curado y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	3,600.00	\$726.66	\$2,615,976.00
1.3.4	Junta de contracción en concreto de 15 cm., de espesor, realizando corte con disco diamante después de 60 horas del colado, sección 5/16"x1/2", rellenando la ranura con pentraflex 75; Incluye: suministro de materiales, fletes, acarreo interior obra, trazo, cortes, desperdicios, fijación, equipo, herramienta, mano de obra y limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	ML	1,365.00	\$78.93	\$107,739.45

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<b>1.4 Estructura</b>					
1.4.1	Protección de columnas existentes, mediante ángulos y placas de acero; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	PZA	45.00	\$865.00	\$38,935.00
1.4.2	Refuerzos en armaduras existentes mediante placas de acero; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	PZA	38.00	\$745.50	\$28,329.00
<b>1.5 Trincheras de ventilación de aire</b>					
1.5.1	Excavación en cepas con medios manuales en material tipo B, a la profundidad requerida por el proyecto, volumen medido en banco, considerando carga a camión; Incluye: afine para desplantar plantilla, maquinaria y equipo, retiro de caídos y lodos, limpieza del área de trabajo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	254.00	\$195.00	\$49,530.00
1.5.2	Acarreo en camión de material producto de la excavación hasta tiradero aprobado por las autoridades, volumen medido en banco; Incluye: fletes ida y vuelta de maquinaria y equipo. P.U.O.T.	M <sup>3</sup>	65.00	\$119.44	\$7,763.60
1.5.3	Plantilla de concreto f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> , R.N. y T.M.A.=38 mm., y 5 cm de espesor, acabado nivelado y regleado; Incluye: suministro de materiales, fletes desde proveedor hasta obra, acarreo interior obra. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	110.00	\$156.55	\$17,220.50
1.5.4	Estabilización de talud en trincheras por medio de colocación de malla 6x6-10/10 y repellado con mortero cemento-arena 1:5; Incluye: materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	175.00	\$265.00	\$46,375.00
1.5.5	Colocación de motores y rejillas; incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	PZA	7.00	\$15,560.00	\$108,920.00
<b>1.6 Acabados</b>					
1.6.1	Resane con material en plafond y muros incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	254.00	\$126.00	\$32,004.00
1.6.2	Suministro y colocación de pintura en plafond y muros incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	250.00	\$78.40	\$19,600.00
1.6.3	Suministro y colocación de pintura en rodapie incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	M <sup>2</sup>	360.00	\$80.25	\$28,890.00
1.6.4	Limpieza general incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo. P.U.O.T.	CAMARA	5.00	\$760.50	\$3,802.50
<b>Total del Presupuesto</b>					<b>\$10'110,796.70</b>

(DIEZ MILLONES CIENTO DIEZ MIL SETECIENTOS NOVENTA Y SEIS PESOS 70/100 M.N.)

## **Capítulo IV. Ejecución del proyecto.**

### **IV.1. Propiedades y control de calidad de los materiales utilizados**

Las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los materiales utilizados en la obra hacen que el proyecto se desarrolle de una manera adecuada, con la resistencia mecánica requerida y además, que sea durable ante las condiciones de exposición a las que será sometido.

En el caso del concreto se considera la clasificación de los diferentes tipos de cementos conforme a la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE 1999 (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación) y a las normas ASTM C 150 y C 595, y su aplicación se especifica con base en su composición química, la importancia que tiene el agua de mezclado en la fabricación del concreto y las características físicas y químicas que debe reunir como agua de mezclado y de curado, la clasificación de los agregados de acuerdo a su origen geológico y sus características físicas, mecánicas y químicas, así como la importancia e influencia que éstas tienen en el desarrollo de las propiedades del concreto fresco y endurecido.

Asimismo, es también importante los tipos de aditivos para concreto, cuales son sus propiedades y el efecto que provocan para modificar las características del concreto en estado fresco y endurecido, las principales características de un buen diseño de mezclas para lograr el concreto deseado.

#### **IV.1.1 Concreto Premezclado**

El concreto es de los pocos materiales o productos que no son almacenables, por lo tanto no es posible producirlo y almacenarlo. Para el caso de los agregados, estos se analizan antes de usarlos en la fabricación del concreto, tratándose del cemento, generalmente se cuenta con más de un silo de almacenamiento, lo cual da la oportunidad de obtener la información necesaria antes de su utilización; igualmente en los aditivos, estos se investigan como muestras tomadas de la planta del productor para su análisis y posteriormente, mediante el uso alternado de tanques de almacenamiento, se tiene la oportunidad de verificar sus propiedades antes de su consumo.

La dosificación del concreto premezclado se hace invariablemente por peso en plantas profesionales, el operador de la dosificadora recibe del laboratorista de planta las dosificaciones finales con las que tiene que trabajar y los porcentajes oficiales tomando en cuenta la humedad de los materiales y garantizando así la adecuada proporción grava arena que brinda un concreto más homogéneo, cohesivo en estado plástico y mas durable en estado endurecido, lo cual no podría asegurarse mediante la dosificación por volumen. El equipo de pesaje es revisado y calibrado periódicamente, quedando siempre en constancia de la revisión así como de las cantidades utilizadas en cada entrega, tanto como para revisar que se usen las cantidades indicadas como para el control de los inventarios.

El aspecto más importante en la producción industrial del concreto premezclado es sin duda el elemento humano, en este aspecto las empresas del concreto premezclado están muy conscientes y ponen especial atención en la capacitación y experiencia del personal.

Los departamentos de control de calidad de cada empresa premezcladora, además de efectuar estudios meticulosos sobre las materias primas, realizan todos los estudios necesarios para obtener el diseño óptimo de la mezcla, determinando curvas de regresión que corresponden al comportamiento de materiales específicos con diferentes condiciones de consumo del cemento o plasticidad, como es el caso de los concretos bombeables. Así mismo, estos departamentos están siempre atentos a las necesidades de los constructores, diseñando concretos con características especiales que pueden ser por algún tipo de agregados o por alguna característica particular del concreto que se pretenda especificar, tales como concretos ligeros, o pesados con agregados de mármol.

El control de calidad sobre el producto terminado se realiza mediante muestreos en planta o en obra, determinando primero el revenimiento, la manejabilidad, la cohesión y el rendimiento, así como la elaboración de especímenes para determinar la resistencia a compresión o flexión, según el caso. Con estas pruebas que se registran en libros, se procede a determinar su comportamiento estadístico para determinar su uniformidad y el apego con las normas establecidas para el concreto premezclado; cabe señalar que debido al cúmulo de información, es posible predecir con un alto nivel de confianza la resistencia final a la edad de proyecto partiendo del resultado de especímenes aprobados a edades tempranas.

Entre las principales ventajas que se tienen con la utilización del concreto premezclado, podemos mencionar las siguientes:

- 1.- No se requiere de espacio de almacenamiento para agregados y cemento en la obra.
- 2.- Eliminación de mermas por desperdicios o fugas de materiales
- 3.- Reducción del personal y con ello el de conflictos laborales.
- 4.- Reducción de accidentes por utilizar personal eventual sin experiencia.
- 5.- Menor control administrativo por el volumen de compras de agregados o cemento.
- 6.- Mayor limpieza en la obra, evitando multas por invadir frecuentemente la vía pública con materiales.
- 7.- Asesoramiento sobre cualquier aspecto relacionado con el uso o características del concreto.
- 8.- Programación de los volúmenes de entrega conforme a las necesidades de la obra.
- 9.- La máxima experiencia y tecnología vertida en el producto y puesta al alcance del usuario.

10.- Conocimiento real del costo del concreto

11.- Se evita caer en manos de intermediarios que comercian con los materiales

12.- Mayores velocidades de colados y consecuentemente un avance en la terminación de la obra.

13.- Reducción en probabilidad de colados suspendidos ya que el productor normalmente cuenta con más de una planta.

Los principales problemas que se pueden presentar en el concreto por una dosificación inadecuada, altos o bajos consumos de cemento mal mezclado, exceso de agua, agregados variables y de calidad indeterminada, cemento parcialmente fraguado, inadecuada relación grava arena, etc., derivados de prácticas inadecuadas en la fabricación del concreto en la obra, son los siguientes:

1.- Reducción de la durabilidad del concreto

2.- Agrietamientos

3.- Variaciones en la resistencia

4.- Segregación

5.- Falta de continuidad en el elemento estructural

6.- Contracciones importantes

7.- Aumento en la permeabilidad

8.- Aumento en el sangrado

9.- Riesgo en la estabilidad de la estructura

10.- Reducción en la capacidad de adherencia con el acero

11.- Reducción o variaciones en el módulo de elasticidad

Aparentemente el producir concreto resulta de una mezcla simple de concreto, agregados y agua; sin embargo la calidad y durabilidad de un concreto perfectamente dosificado, basado en los estudios de las propiedades de todos y cada uno de los componentes, dista mucho de otro preparado en el conocimiento de sus ingredientes y dosificado por volúmenes con ajustes de agua que alteran el consumo de cemento y la relación agua cemento.

Existe una gran cantidad de normas que son aplicables al concreto premezclado y a sus ingredientes y que son seguidas por la industria profesional.

Regresando al punto original de partida, si se requiere comparar el concreto premezclado y el hecho en obra solamente desde el punto de vista de costo de materiales, no sería del todo justo, pues existen muchos otros elementos que no se toman en cuenta y que de incluirlos, el concreto hecho en obra resultaría definitivamente más oneroso

Una planta de concreto premezclado normalmente tiene mayor capacidad que las plantas más grandes, factibles de instalarse en una obra determinada, por lo tanto, estas plantas tienen capacidad para satisfacer las demandas pocas frecuentes de grandes colados.

Cuando el volumen de concreto a utilizar es pequeño, los problemas para instalar una planta, diseñar las mezclas, seleccionar, ensayar y solicitar las materias primas, constituirán costos extras que son muy altos, en comparación con el valor del total del concreto; sin embargo, aún en estos casos también el concreto premezclado se vuelve más económico que el concreto elaborado en la obra.

Si se utilizan concretos que tengan aditivos, adiciones o agregados especiales, se necesita que su control sea más cuidadoso y se debe considerar que su costo, no debe de tener preferencia sobre los factores técnicos que indican su empleo. Los cementos y agregados especiales en concretos, requieren de un tratamiento de logística particular, pero el proveedor de concreto premezclado normalmente tiene mayor experiencia en el uso y tratamiento de estos materiales, por lo que el constructor se puede apoyar en las ventajas de esta supervisión, aún cuando esté fuera de la obra.

Cuando se comparan los costos del concreto premezclado y del concreto hecho en obra, se tiene que tomar en cuenta el costo para dar un margen de resistencia extra requerido por el incremento en la desviación estándar, durante la elaboración del concreto en la obra hasta que se obtengan suficientes resultados para permitir que se pueda monitorear estadísticas y aplicar los resultados en dicha obra.

También cuando se hace la comparación de costos, es importante considerar en la contabilidad, el costo del transporte del concreto desde el sitio de su elaboración hasta el sitio de su colocación.

### Tipo de planta

Hay dos formas principales de mezclar el concreto: una, llamada de mezclado central, que tiene una mezcladora fija en la planta y los vehículos de entrega, funcionan como agitadores que solamente premezclan el concreto en la obra antes de la descarga. En la otra forma, llamada de mezclado en tránsito, se cargan todos los materiales directamente al camión revolvedora. Cuando se tienen distancias o tiempos de entrega grandes, algunas plantas cargan los agregados y el cemento al camión revolvedora y el agua se adiciona en el sitio de la obra.

## Concreto bombeado

El concreto bombeado es una de las técnicas de mayor uso en la actualidad, ya que, en comparación con los métodos tradicionales, ofrece mejores resultados de eficiencia y economía.

Las bombas de concreto y los brazos telescópicos modernos ofrecen varias oportunidades para lograr mejores resultados en cuanto a eficiencia y economía.

### Características Mecánicas.

El sistema de bombeo del concreto consiste en una bomba montada de alguna forma en un transportador, además de las tuberías rígidas y las mangueras flexibles. Las bombas para concreto están compuestas por una tolva de recepción en la cual se vacía el concreto, una cámara de bombeo y una tubería de entrega. Los diversos sistemas de bombeo utilizan diferentes métodos para el manejo y el control del flujo a través de cada sección. En el diseño de cada bomba se trata de reducir el número de partes susceptibles al desgaste por el concreto en movimiento.

### **Operación de las bombas.**

La bomba seleccionada debe tener capacidad para bombear la cantidad requerida de concreto sobre la distancia necesaria dentro del tiempo disponible. Siempre que sea posible debe escogerse la vía más directa entre la bomba y el punto de descarga. Los dobleces deben de mantenerse al mínimo; los ángulos agudos de radios menores causan menos resistencia que los dobleces articulados. La reducción en el diámetro de la tubería, los codos, las mangueras flexibles, producen fricción y resistencia adicional, además de que reducen el alcance máximo.

Las juntas de la tubería deben de ser a prueba de filtraciones de lechada y permitir, no obstante, desalineamientos ligeros. Antes de iniciar el bombeo se coloca una muestra de lechada en la tolva de premezclado y se bombea a través de la línea para acondicionar la tubería antes de iniciar el bombeo del concreto, esto es para proporcionar el medio inicial de lubricación. Cuando haya que agregar más tubería, es mejor hacerlo por secciones llenándolas lentamente a una velocidad de bombeo baja, hasta que las nuevas secciones estén lubricadas apropiadamente.

El bombeo se comienza lentamente hasta que se haya expelido toda la lechada de la línea y comience a fluir el concreto y entonces pueda aplicarse la velocidad total de bombeo. Usualmente las lechadas se descargan fuera de las cimbras, para evitar una sobreconcentración de éstas.

Las entregas del concreto deben espaciarse de manera que aseguren un colado continuo. Toda suspensión debida a alteraciones en la línea, así como otras demoras, deben determinarse de antemano y notificarse al proveedor; es necesario actuar de inmediato para superar demoras imprevistas. Las colas al principio y al final de la descarga de las ollas de concreto premezclado, pueden causar problemas; por esta razón, y para evitar una baja en el rendimiento, se debe procurar que siempre que sea posible dos ollas descarguen simultáneamente en la bomba. Así un camión se retira y es reemplazado antes de que el segundo camión termine de descargar. Deben planearse con anticipación áreas de acceso y de maniobras; además en estos sitios la limpieza debe hacerse a fondo y con bastante frecuencia.

Cuando ocurre un desperfecto o una interrupción, el proveedor del concreto tendrá ya un cierto número de ollas, ya sea en la obra o en el trayecto hacia ésta. Toda planta es susceptible de sufrir un desperfecto imprevisto, pero el operario de la bomba debe de buscar minimizar los efectos, proporcionando un buen mantenimiento y las correctas reparaciones de rutina. No obstante en el caso de interrupciones por cualquier causa, es esencial el contacto inmediato del proveedor con la obra.

Las técnicas de colado deben de tomar en cuenta las buenas prácticas de bombeo y las tuberías deben irse retrayendo progresivamente hacia la bomba. Es necesario lavar las tuberías que se retiren de la línea durante el bombeo en el curso del día. Se requiere un suministro de agua para la limpieza de las tuberías y el equipo, así como para reponer la dotación de la bomba. Después de que ha terminado el colado, la línea debe limpiarse con agua a presión y una boquilla adecuada.

### **Suministro del concreto.**

Es de esperarse que el proveedor del concreto suministre en el momento convenido, una mezcla que se ajuste a las especificaciones particulares y que sea adecuada para ser bombeada. Los cuatro especialistas a quien concierne de una u otra manera la calidad del concreto son: el supervisor del proyecto, el contratista, el operador de la bomba para concreto y el proveedor del concreto.

1.- El supervisor del proyecto controla el trabajo y los procedimientos empleados y pueden determinar los estándares de producción, por ejemplo la resistencia del concreto, el contenido de cemento, la relación máxima de agua/cemento, el tipo de cemento, el tamaño del agregado empleado, el acabado requerido para la superficie del concreto final.

2.- El contratista cuela el concreto y proporciona parte de las especificaciones de la mezcla, la cual requerirá de cierto grado de trabajabilidad y de características especiales en el acabado de la superficie con el fin de asegurar la obtención de una colado y una compactación adecuados, él es quien decide las secuencias del manejo del colado, el tamaño máximo del agregado y el volumen colado en una sola operación.

3.- Con su equipo, El operador de la bomba traslada el concreto desde la olla hasta la cimbra. La trabajabilidad y el contenido de cemento, la graduación, forma y textura, así como las proporciones de agregado empleadas y la velocidad de las entregas, deben ajustarse a las características y capacidades del sistema de bombeo empleado.

4.- El proveedor del concreto debe de cumplir con los requisitos especificados por las otras tres partes y suministrar el concreto con la frecuencia y tiempo convenido.

### **Agregados.**

Los agregados deben conservar su consistencia por medio de la combinación de los materiales finos y gruesos para proporcionar una graduación uniforme y continua, y una cantidad reducida de vacíos. Las graduaciones de arena deben ser siempre paralelas a las líneas límites de zona.

Dependiendo del contenido de cemento, se ha encontrado necesario que al menos del 15 al 30 de la arena pase por la malla de 200 mm. Se ha asegurado que una pequeña cantidad de sedimento ayuda al bombeo y que un lavado eficiente de la arena que elimine dicho material, puede ser incluso perjudicial.

Las graduaciones del agregado grueso deben ser continuas y hay que evitar que no exista material entre 20 y 10 mm, y entre 10 y 5 mm. Esto puede ocurrir en el caso de que el material sea de un solo tamaño en lugar de graduado, cuando ocurre segregación durante el manejo o cuando los agregados son ampliados en capas por el proveedor correspondiente.

### **Trabajabilidad**

El revenimiento debe controlarse para que se quede dentro del margen permisible, pues normalmente se excede en 50 mm. Las compañías de concreto premezclado trabajan con especificaciones que permiten tolerancias de  $\pm 20$  a  $\pm 30$  mm para niveles usuales de revenimiento, cuando se especifica un revenimiento de 50 mm, entonces el 50% del pedido puede tener un revenimiento de entre 20 y 50 mm y no ser bombeable; por lo tanto, lo más sensato es fijarse una meta de por ejemplo 80 mm y esperar que los valores del revenimiento de las muestras tomadas al azar, estén entre 50 y 110 mm. Para mezclas muy ricas, puede ser necesaria una trabajabilidad que sea aún más elevada.

### **Mezclado**

Se requiere un mezclado apropiado. Cuando se utiliza dosificación en seco, la mezcladora en el camión debe tener aspas eficientes y la olla debe rotar un número suficiente de veces para que el concreto se mezcle adecuadamente. Cuando se surten obras cercanas a la planta, debe tenerse cuidado de asegurar que se da el tiempo suficiente para lograrlo. El tiempo de mezclado requerido depende del método empleado al cargar la mezcladora el camión y de su eficiencia. Una tubería se puede obstruir hasta con  $0.05 \text{ m}^3$  (menos del contenido de una carretilla del contratista) de concreto que se encuentre mal mezclado.

Las razones por las que un concreto puede no ser bombeable, son:

- El concreto puede sangrar profusamente. Esto es posible con bajos contenidos de cemento, o con agregados pobres o mal graduados. Generalmente la solución consiste en mejorar la graduación o incrementar el contenido de partículas finas, introduciendo, ya sea mas cemento, una arena más fina, una puzolana, o un agente que haga más espesa la mezcla. La adición de agua usualmente no es de ayuda para una mezcla graduada en forma incorrecta.
- Los efectos de la fricción pueden ser excesivos. Esto ocurre con líneas de tubería largas, contenidos elevados de cemento o valores bajos de revenimiento. Generalmente la solución es reducir el contenido de partículas finas, introducir un agente humectante o, posiblemente, incrementar el revenimiento. Debe revisarse el diseño de la mezcla para verificar que sea posible realizar esto.

Ya sea debido a las fallas en el concreto o ineficiencia de la planta, habrá ocasiones en que una mezcla en particular no pueda ser bombeada. A no ser que esto pueda remediarse sencilla y rápidamente (volviendo a mezclar el concreto, agregando una cantidad controlada de agua para aumentar el revenimiento, digamos de 30 a 60 mm, o mediante ajustes mecánicos en la bomba o en la tubería) no debe perderse demasiado tiempo tratando de bombear la mezcla determinada. Las demoras se acumulan menos y otras mezclas que eran bombeables al llegar a la obra, pueden perder propiedad mientras se espera su aceptación. Se formará muy pronto una línea de conductores muy impacientes.

Las demoras al inicio de las operaciones de colado pueden reducirse asegurando que, cuando llegue el primer pedido, el acero de refuerzo y las cimbras estén listas y aprobadas, que los vibradores estén listos y aprobados y en buen estado, que la bomba esté armada, que las tuberías estén fijas y que la lechada se haya preparado. A este respecto, es importante saber como se va a suministrar la lechada. ¿debe el contratista el cemento para suministrar el cemento para preparar la lechada, o es el proveedor del concreto quien debe proporcionar la lechada? Esta incógnitas tienen que quedar resueltas en la etapa de planeación.

Los materiales finos tienen un gran numero de pequeños vacíos que representan resistencia al paso del líquido. Los materiales gruesos tienen menos vacíos pero de mayor tamaño, que presentan poca o ninguna resistencia a este flujo. Debe evitarse una cantidad excesiva de finos puesto que estas fracciones son responsables en gran parte , de los efectos de fricción (breas de superficie relativamente grandes). Por lo contrario las cantidades demasiado bajas de finos promueven la aparición de fugas bajas.

El objetivo final en la dosificación de mezclas para bombeo, es emplear una mezcla de agregados finos y gruesos que produzca tamaños mínimos de vacíos en un área muy reducida.

#### Aditivos

Cambiar la relación o el tipo de los componentes de una mezcla estándar, no siempre es la mejor solución para mejorar la bombeabilidad, a veces aumenta el costo o se deterioran las propiedades físicas del producto terminado. Un recurso más acertado comprendería el

uso de aditivos para que el bombeo se logre sin necesidad de agregados especiales o el aumento del contenido de cemento.

Algunos agentes que tienen capacidad para mejorar la bombeabilidad, son:

- Aditivos reductores de agua
- Aditivos inclusores de aire
- Guías de bombeo para incrementar la densidad del agua
- Aditivos minerales finalmente divididos

Por lo general, un aditivo que ayuda a la trabajabilidad, usualmente mejora la bombeabilidad sin cambiar el diseño de mezclas.

No obstante, la elección óptima del tipo de aditivo y las ventajas logradas dependen mucho del contenido de cemento, del grado, de uniformidad del agregado y del tamaño de la línea de bombeo.

Los aditivos reductores de agua pueden mejorar la bombeabilidad simplemente reduciendo la viscosidad efectiva de todo el sistema de mezcla sin incrementar la segregación o el sangrado. Esto es muy útil en mezclas con elevado contenido de cemento, en donde las elevadas condiciones de fricción pueden llegar a prevalecer.

Los aditivos inclusores de aire se han empleado ampliamente para reducir la segregación y el sangrado en mezclas más pobres de concreto. Los aditivos inclusores de aire pueden ser útiles en el bombeo de mezclas de bajo contenido de cemento que contengan agregados asperos. El incremento en la cohesión de la mezcla resultante ocasiona que se reduzcan al mínimo las obstrucciones en la tubería ya que también disminuye el efecto de las fugas por presión.

Sin embargo el empleo de aditivos inclusores de aire, especialmente cuando el contenido es elevado, presenta un problema adicional en cuanto a que el concreto en sí se vuelve susceptible de comprimirse por lo que un porcentaje del recorrido del pistón se pierde en la compresión de aire incluido.

Los aditivos minerales finalmente divididos, como las puzolanas y la ceniza volante, se emplean frecuentemente en el extranjero. Por ello las partículas individuales tienden a ser casi esféricas y los materiales tienen cualidades de finura iguales o mayores que las del cemento Portland. A veces pueden emplearse para evitar o reducir fugas por presión, sin incrementar tanto la fricción en las tuberías como sucedería con la inclusión de cemento extra. Además, pueden usarse para corregir deficiencias de graduación del agregado utilizado.

Se asegura que, para el bombeo de mezclas con un elevado contenido, los agentes reductores de agua son los más efectivos para disminuir los problemas de bombeo. Para mezclas de un menor contenido de cemento los aditivos que tengan la propiedad de lograr mezclas más espesas posiblemente sean los más efectivos, aunque se ha encontrado que los agentes inclusores de aire son de gran utilidad en estas circunstancias.

## Planeación para el bombeo

Es preferible dar al operador de la bomba todas las oportunidades posibles para discutir el trabajo planeado con el contratista, algún tiempo antes de que tenga lugar el colado. Esto es de particular importancia en el caso de colados potencialmente problemáticos, para los cuales es esencial colar firme y continuamente. Después de estas reuniones, lo usual es que el contratista haga los arreglos finales con el proveedor del concreto y, cuando fuere necesario, aclare con el supervisor del proyecto cualquier punto relacionado con el colado o especificaciones, ya que estos aspectos afectan la operación de sus subcontratistas.

Son muchos los puntos que deben decidirse o discutirse cuando el contratista planea el colado del concreto con el operador de la bomba. Estos comprenden:

1. Requisitos de especificación para el concreto
  - Resistencia a la compresión a los 28 días
  - El tamaño máximo del agregado
  - Los márgenes de revenimiento permisible al momento de la entrega
  - El contenido de aire del concreto
  - La velocidad del colado

Dichos factores pueden influir considerablemente sobre la facilidad del bombeo y los costos asociados con el empleo del equipo. Cuando la mezcla especificada pueda tener efectos perjudiciales sobre el comportamiento de la bomba y/o sobre la capacidad del equipo para manejar el concreto, entonces se debe de conseguir la aprobación correspondiente para ajustar la descripción de la mezcla, de manera que pueda ser bombeada satisfactoriamente. Por lo general, los ajustes se relacionan ya sea con la dosificación de la mezcla, o con un margen de revenimiento más práctico. Cualquiera que sea el caso, normalmente se requiere la aprobación del supervisor del proyecto. Las discusiones pertinentes sobre el diseño de la mezcla o ajustes de revenimiento incluyen necesariamente el diálogo apropiado con el proveedor del concreto. El contratista puede ser responsable de los costos adicionales que se requieran, tales como los del incremento en el contenido de cemento o los de algún aditivo que se decida añadir.

Puede necesitarse más cemento en situaciones en las que el contenido de éste, en una mezcla que satisfaga las especificaciones, no sea suficiente para permitir un bombeo correcto; alternatively, la necesidad de añadir más cemento podría deberse al requisito de mantener una determinada relación agua/cemento en tanto que se aumenta el revenimiento.

Por supuesto que el cemento y el agua adicionales pueden no ser indispensables cuando las deficiencias al bombear se superan mediante el empleo de un aditivo apropiado para el caso.

El contratista debe estar completamente familiarizado con las especificaciones, así como con todas las normas relevantes aplicables al suministro del concreto, ya que todas

afectan sus programas de colado. Será entonces cuando pueda determinar el curso de acción apropiado, en caso de que se presenten varias opciones.

Cuando se requieran aprobaciones de cualquier clase, es importante obtenerlas desde el día anterior al del colado.

## 2. Detalles físicos del colado

- Cantidad de concreto que va a colarse
- Hora en que se iniciará el bombeo y tiempo estimado en que se terminará
- Posición fija de la bomba y su distancia hasta el lugar de colado
- Secuencia del colado
- Área de maniobras para los camiones
- Posición en que estarán los camiones durante la espera y durante la descarga

Muchos de estos puntos deben de ser definidos de antemano por el contratista. El operador de la bomba puede sugerir algunas modificaciones que, en su opinión, serían de ayuda para el buen funcionamiento de la bomba y del colado del concreto.

Para asegurarse de que la bomba esté lo mas cerca posible de la obra, que todas las áreas de colado estén dentro del alcance adecuado, que se emplee una combinación mínima de codos, coples y tuberías; que no haya obstrucciones, y que sea posible efectuar las maniobras de los camiones. También querrá decidir si para el colado, se emplea una pluma o tuberías y mangueras, así como el diámetro de éstas últimas, es esencial determinar todos estos detalles al planear el colado. Las decisiones finales deben tomarse con anterioridad al día del colado.

## 3. Servicios y ayudas que debe presentar el contratista.

El operador de la bomba solicitará del contratista:

- Que le permita el acceso a la obra algún tiempo (a veces hasta una hora) antes el inicio del colado para poder instalar todo su equipo
- Que proporcione un camino de entrada satisfactorio hasta la obra
- La seguridad de que el sitio donde se estacionará el camión sea terreno firme y nivelado
- El suministro de soportes apropiados para las secciones de la tubería
- Escaleras disponibles u otros medios apropiados para tener acceso a la obra
- La iluminación necesaria
- El abastecimiento de agua para el lavado del equipo
- La designación de un área para el lavado de la bomba y de los camiones
- Ventilación adecuada en trabajos interiores
- La garantía de una fácil evacuación de la obra al término del trabajo

Habitualmente también se acepta que el contratista sea el responsable de suministrar la lechada necesaria para lubricar las líneas, y de proporcionar la mano de obra para el colado del concreto, el manejo de las mangueras, así como para ayudar a dismantelar tuberías y mangueras. Sin embargo, es mejor llegar a un entendimiento claro sobre estos puntos antes del inicio del colado; de lo contrario pueden sugerir demoras innecesarias y perjudiciales.

Al contratista que desea asegurar una operación continua de bombeo se le aconseja además:

- Proporcionar un control en la obra para registrar la llegada y salida de las ollas de concreto, particularmente cuando se trata de una obra importante o de un colado de cierta magnitud.
- Hacer los trámites pertinentes para la recepción de los pedidos de concreto y de las remisiones.
- Asegurar que el operador de la bomba cuente con la ayuda experimentada del operador de una pluma en la obra, así como para el manejo de la manguera de descarga y de los cambios en la línea.

Un supervisor experimentado también debe asegurar que se realicen todos los acuerdos necesarios antes de iniciar las entregas de concreto. Esto se aplica no solo en caso de cambios en las dosificaciones de la mezcla de concreto, sino también en los procedimientos de inspección que deben seguirse durante el colado del concreto.

Algunos ingenieros pueden no darse cuenta de que un modesto colado de 50 m<sup>3</sup>. De concreto bombeado requiere el uso de un equipo en planta y de transporte, con valor total hasta de un millón de dólares. Cualquier demora en el proceso de un colado de concreto, que se deba a decisiones de última hora en cuanto a acuerdos en variaciones de dosificación de la mezcla, inspección del cimbrado, revisión del acero de refuerzo, aplicación de largas e innecesarias pruebas y muestreos, etc., puede alterar severamente los programas de entrega de concreto. Sus efectos pueden no quedar limitados a un contrato en particular, sino repercutir también en todos los demás proyectos que estén a la espera del servicio subsecuente del proveedor de concreto y del operador de la bomba.

#### **IV.1.2. Acero**

Una de las actividades mas importantes para la construcción de una buena estructura de concreto, es la correcta colocación del acero de refuerzo, debemos entender en este caso, que además de posicionarlo de acuerdo a los señalamientos del proyecto, se cumpla con el recubrimiento señalado en las especificaciones, que tenga el soporte correcto, que esté limpio, sin grasas, aceites, etc., que cumpla la cuantía solicitada en el proyecto, así como su tipo, resistencia, deformación unitaria a la fluencia, que cumpla la geometría solicitada por el proyectista, que esté anclado de acuerdo a las especificaciones, que los traslapes y las soldaduras, también se localizan de acuerdo con las normas.

Para lograr lo anterior tenemos que realizar la planeación del corte de las barras de acero y ejecutar esto de tal manera que la operación sea eficiente en términos de producción y economía en sentido de minimizar la merma y los desperdicios.

### **Algunas características del acero de refuerzo**

El acero para reforzar concreto se utiliza de distintas formas. La más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente como de acero trabajado en frío.

Los diámetros usuales de las varillas producidas en México varían de  $\frac{1}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ ". Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el límite o esfuerzo de fluencia. Este límite se aprecia claramente en las curvas esfuerzo-deformación de varillas laminadas en caliente.

Las varillas laminadas en caliente pueden obtenerse con límites de fluencia desde 2300 hasta 4200 y 6000 kg/cm<sup>2</sup>.

Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuerzos con detalles donde intervenga soldadura es la soldabilidad. La soldadura de aceros trabajados en frío debe hacerse con cuidado. Otra propiedad importante es la facilidad de doblado, que es una medida indirecta de la ductilidad y es un índice de su trabajabilidad

### **Composición del acero**

El acero es una aleación de hierro y carbono que contiene otros elementos de aleación en menor proporción, los cuales le confieren propiedades mecánicas específicas para su utilización en la industria metalmeccánica.

Los otros principales elementos de composición son el Cromo, Tungsteno, Manganeso, Níquel, Vanadio, Cobalto, Molibdeno, Cobre, Azufre y Fósforo. Estos elementos, según su porcentaje, ofrecen características específicas para determinadas aplicaciones, como herramientas, cuchillas, soportes, etc.

### **Propiedades mecánicas del acero**

- **Resistencia al desgaste.** Es la resistencia que ofrece un material a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material.
- **Tenacidad.** Es la capacidad que tiene un material de absorber energía sin producir fisuras (resistencia al impacto).

- **Maquinabilidad.** Es la facilidad que posee un material de permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta.
- **Dureza.** Es la resistencia que ofrece un acero para dejarse penetrar. Se mide en unidades BRINELL (HB) o unidades ROCKWEL C (HRC), mediante "test" del mismo nombre.

### Tratamientos térmicos del acero

El tratamiento térmico en el acero es uno de los pasos fundamentales para que pueda alcanzar las propiedades mecánicas para las cuales fué creado. La clave de los tratamientos térmicos consiste en las reacciones que se producen en el material, tanto en los aceros como en las aleaciones no férricas, y ocurren durante el proceso de calentamiento y enfriamiento de las piezas, con unas pautas o tiempos establecido.

- **Temple.** El temple tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia de los aceros. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior Ac (entre 900-950°C) y se enfría luego más o menos rápidamente (según características de la pieza) en un medio como agua, aceite, etc.
- **Revenido.** Es un tratamiento habitual a las piezas que han sido previamente templadas. El revenido consigue disminuir la dureza y resistencia de los aceros templados, se eliminan las tensiones creadas en el temple y se mejora la tenacidad, dejando al acero con la dureza o resistencia deseada. Se distingue básicamente del temple en cuanto a temperatura máxima y velocidad de enfriamiento.
- **Recocido.** Consiste básicamente en un calentamiento hasta temperatura de austenización (800-925°C) seguido de un enfriamiento lento. Con este tratamiento se logra aumentar la elasticidad, mientras que disminuye la dureza. También facilita el mecanizado de las piezas al homogeneizar la estructura, afinar el grano y ablandar el material, eliminando la acritud que produce el trabajo en frío y las tensiones internas

### Tratamientos termoquímicos del acero

En el caso de los tratamientos térmicos, no solo se producen cambios en la Estructura del Acero, sino también en su composición química, añadiendo diferentes productos químicos durante el proceso del tratamiento. Estos tratamientos tienen efecto solo superficial en las piezas tratadas.

- **Cementación.** Mediante este tratamiento se producen cambios, en la composición química del acero. Se consigue teniendo en cuenta el medio o atmósfera que envuelve el metal durante el calentamiento y enfriamiento. Lo que se busca es aumentar el contenido de carbono de la zona periférica, obteniéndose después, por medio de temples y revenidos, una gran dureza superficial, resistencia al desgaste y buena tenacidad en el núcleo.

- **Nitruración.** Este tratamiento Termoquímico busca endurecer superficialmente un acero con nitrógeno, calentándolo a temperaturas comprendidas entre 400-525°C, dentro de una corriente de gas amoníaco, más nitrógeno.

### IV.1.3. Poliestireno

El poliestireno es un plástico que se obtiene por un proceso denominado polimerización, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes. La sustancia obtenida es un polímero y los compuestos sencillos de los que se obtienen se llaman monómeros. Fue obtenido por primera vez en Alemania por la I.G. Faberindustrie, en el año 1930. Es un sólido vítreo por debajo de 100 °C; por encima de esta temperatura es procesable y puede dársele múltiples formas.

#### Obtención del poliestireno

A escala industrial, el *poliestireno* se prepara calentando el etilbenceno ( $C_6H_5 - CH_2 - CH_3$ ) en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno ( $C_6H_5 - CH = CH_2$ ). La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador, entre los que se encuentran los peróxidos, que opera rompiéndose para generar un radical libre. Este se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Finalmente se termina la cadena por reacciones tales como la unión de dos radicales, las cuales consumen pero no generan radicales.

#### Propiedades del poliestireno

Hay que tener en cuenta que, además de los enlaces covalentes que mantienen unidas a las moléculas de los monómeros, suelen producirse otras interacciones intermoleculares e intramoleculares que influyen notablemente en las propiedades físicas del polímero, que son diferentes de las que presentan las moléculas de partida. El poliestireno, en general, posee elasticidad, cierta resistencia al ataque químico, buena resistencia mecánica, térmica y eléctrica y baja densidad.

El poliestireno es un polímero termoplástico. En estos polímeros las fuerzas intermoleculares son muy débiles y al calentar las cadenas pueden moverse unas con relación a otras y el polímero puede moldearse. Cuando el polímero se enfría vuelven a establecerse las fuerzas intermoleculares pero entre átomos diferentes, con lo que cambia la ordenación de las cadenas.

#### Transformación del poliestireno y aplicaciones

Las técnicas de transformación más utilizadas en la transformación de los plásticos son:

Extrusión: el polímero es calentado y empujado por un tornillo sin fin y pasa a través de un orificio con forma de tubo. Se producen por extrusión tuberías, perfiles, vigas y materiales similares.

Inyección: El polímero se funde con calor y fricción y se introduce en un molde frío donde el plástico se solidifica. Este método se usa para fabricar objetos como bolígrafos, utensilios de cocina, juguetes, etc.

Extrusión con soplado: En primer lugar se extrusiona un tubo de plástico que se introduce en un molde que se cierra alrededor del plástico. Entonces se introduce aire dentro del tubo de plástico, el cuál se ve obligado a adquirir la forma del molde. Esta es la forma en que se obtienen las botellas de plástico.

### **Poliestireno Expandido**

Las espumas rígidas de poliestireno expandido poseen, según sea su densidad, entre un 1 y un 5% (en volumen) de poliestireno, es un termoplástico que a temperaturas inferiores a la de reblandecimiento (90-100 C), se encuentra en estado amorfo y no sufre ningún cambio de estructura (por ejemplo cristalización), ni siquiera a temperaturas extremadamente bajas. Por ello, la utilización de materiales expandidos no esta sujeta a ningún límite de temperatura inferior, aunque, como es natural, deberá tenerse en cuenta la contracción volumétrica que comporta todo enfriamiento (coeficiente de dilatación térmica lineal,  $6 \times 10^{-5}/C$ ).

Es frecuente en nuestro medio que para una diferencia de temperaturas de 50 C se especifique un espesor de panel algo inferior (de no más de 20 cm) pero conviene recordar que el límite económico superior del espesor del aislamiento se haya muy por encima de este valor y se determina cuando el mayor costo en aislamiento no llega a ser compensado con una disminución significativa en la inversión inicial en equipos refrigerantes de menor potencia y, en especial, por la reducción de los gastos de funcionamiento en el lapso total de amortización del sistema.

El poliestireno es un compuesto estable y su espuma rígida contiene sólo aire confinado, por lo que, en condiciones normales de uso, no presenta alteraciones de sus propiedades en el transcurso del tiempo.

Un aspecto a ser tenido en cuenta es el aumento de la capacidad aislante que presentan los plásticos celulares a medida que disminuye la temperatura de trabajo. En el caso de las espumas rígidas que poseen aire confinado, la reducción de la conductividad resulta proporcional hasta temperaturas considerablemente bajas. Si por el contrario, de lo que se trata es de una espuma que contiene cualquier otro tipo de gas o mezcla de gases.

## Materiales aislantes térmicos

La espuma rígida de poliestireno expandido es un plástico alveolar que contiene desde 97% a 98.5% de aire confinado en microscópicas celdillas cerradas y soldadas entre sí.

Se fabrica a través de un granulado termoplástico de poliestireno expandible que se obtiene mediante la polimerización de monómero de estireno en combinación con pentano como agente de expansión.

El pentano y el estireno son derivados del petróleo. Ambos son hidrocarburos puros compuestos exclusivamente de carbono e hidrógeno.

La fabricación del material se considera en tres etapas:

- a) Preexpansión
- b) Reposo intermedio
- c) Expansión final

Durante la preexpansión, en la que se utiliza casi exclusivamente vapor de agua como soporte térmico a temperaturas entre 100 C y 110 C, se ablandan las partículas del material y se hinchan por efecto del aumento de volumen del agente expansor.

En el reposo intermedio se equilibran las presiones estabilizándose las partículas al difundirse aire al interior de las celdillas a través de sus membranas, emitiéndose humedad a la atmósfera y expeliéndose por difusión el excedente del agente de expansión.

En la expansión final las perlas sueltas se transforman en bloques o cuerpos moldeados espumados.

Con la energía térmica que le brinda un aporte adicional de vapor de agua, se reblandece la estructura polimérica y se produce un aumento de presión del agente de expansión residual. Consecuentemente, las esferas procuran expandirse pero al hallarse confinadas en un molde, sus superficies entran en contacto y se sueldan entre si, formando una estructura poliédrica y permitiendo obtener de este modo bloques o piezas de diversa configuración y mecánicamente estables.

## Categorías

Las propiedades físicas de los plásticos celulares a ser utilizados como materiales aislantes térmicos están ordenadas según tres categorías de productos, a fin de cubrir un amplio

ámbito de aplicaciones finales corrientes. Las temperaturas mínimas de uso para todas las categorías no podrán ser menores a  $-180\text{ C}$ .

Para el caso en que sea necesario la utilización del producto con temperaturas menores a la indicada, los requisitos del material deben establecerse por convenio previo.

1.- Adecuado para aplicaciones en donde el material no es solicitado por cargas externas, como en aislaciones exteriores o interiores de muros, cavidades de aislamiento, lechos ventilados, aislamiento interior de muros heterogéneos y otras aplicaciones de similares características.

2.- Apropiado para aplicaciones que soportan cargas moderadas, por ejemplo en techos planos bajo contrapisos y usos comparables, y en usos en donde se esperan temperaturas elevadas o donde se requieren resistencia a la compresión con reducidas deformaciones lentas o diferidas.

Se consideran temperaturas elevadas cuando la temperatura media en el material supera los  $40\text{ C}$  o cuando la temperatura máxima en el material supera los  $60\text{ C}$ .

3.- Adecuado en situaciones en que el producto debe soportar cargas, como bajo pisos de playas de estacionamientos o de cámaras frigoríficas, y otros usos comparables que requieran un mayor nivel de resistencia a la compresión y a las deformaciones lentas o diferidas.

## **Capítulo V. Reforzamiento Estructural**

### **V.1. Procedimiento Constructivo**

A continuación se describe el proceso constructivo que se empleará para la construcción, perforación e hincado de los pilotes que se requieren para realizar los trabajos de reforzamiento, Así como la colocación de material térmico y la construcción de la losa de rodamiento.

#### **Secciones Transversales de pilotes**

Para desarrollar los trabajos de reforzamiento estructural se requiere del hincado de setenta pilotes de sección cuadrada con las siguientes características.

PILOTE TIPO	SECCIÓN (cm)	LONGITUD (m)	DESCRIPCION
1	30 x 30	15.00	Pilote de concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , reforzado con 8 varillas del No 5 y estribos del No 3 a cada 20 cm.
2	30 x 30	23.00	Pilote de concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , reforzado con 8 varillas del No 5 y estribos del No 3 a cada 20 cm.
3	30 x 30	26.00	Pilote de concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , reforzado con 8 varillas del No 5 y estribos del No 3 a cada 20 cm.
4	35 x 35	25.00	Pilote de concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , reforzado con 8 varillas del No 5 y estribos del No 3 a cada 20 cm.
5	40 x 40	24.00	Pilote de concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , reforzado con 8 varillas del No 6 y estribos del No 4 a cada 20 cm.

**Tabla No. 8 Sección y longitud de los pilotes**

La distribución de los pilotes se observa en la figura No. 20

### **Fabricación de Pilotes.**

Se deben establecer ciertos requisitos mínimos, así como procedimientos básicos de construcción, para poder satisfacer los requisitos de diseño referentes a calidad, resistencia y durabilidad del concreto bajo cualquier condición; La fabricación de los pilotes se realizara en el sitio de la obra en tramos de tres metros ya que la altura máxima de trabajo (seis metros aproximadamente) esta limitada por las estructuras que forman la techumbre de las cámaras por reforzar.

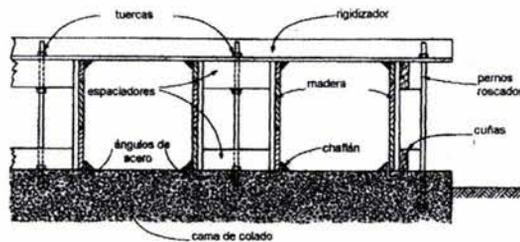
#### Preparación de camas de colado

Son plataformas de concreto de 5 a 10 cm de espesor, coladas sobre una base de material compactado, que sirven para el apoyo y fijación de los moldes para fabricación de pilotes; para esto último, tienen integrados algunos elementos de madera o metal que ayudan a la fijación de las cimbras.

#### Moldes

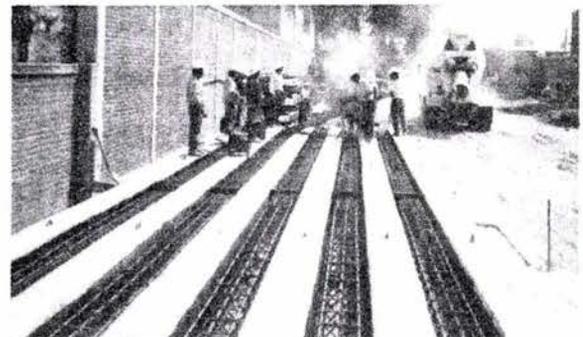
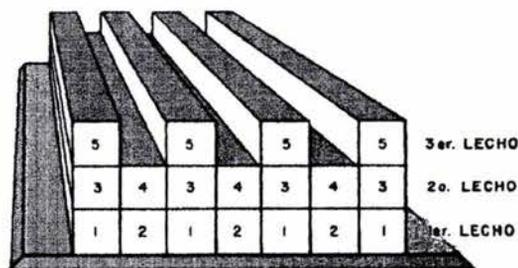
Son los utensilios que reciben el concreto y generalmente se forman a base de tableros modulares de madera, triplay, lámina o sus combinaciones, que permiten darle al pilote la sección requerida. Se diseñarán para soportar las presiones del concreto durante su

colocación y vibrado y ser suficientemente rígidos para conservar su forma sin alteraciones. Todos los bordes de pilotes cuadrados serán achaflanados, Fig. 21



**Fig. 21. Moldes para pilotes cuadrados**

Los moldes más comunes por su facilidad de manejo, tanto en su instalación como en el colado, son los que se emplean para pilotes de sección cuadrada y se realizará el ciclo de fabricación, de tal manera que sea posible usar los mismos pilotes ya colados en una primera fase como cimbra de los siguientes, Fig. No. 22. De igual forma se podrán usar los lechos de pilotes ya contruidos como cama de colado de los siguientes.



**Fig. 22, Colado de pilotes de sección cuadrada**

Antes de proceder al colado se colocará un recubrimiento en la superficie de concreto de la cimbra para facilitar su despegue, el cual podrá ser un desmoldante comercial, grasa, aceite quemado, parafina con diesel o polietileno.

## **Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo se colocará con precisión y se protegerá adecuadamente contra la oxidación y otro tipo de corrosión antes de colar el concreto. Todo el acero de refuerzo deberá estar libre de costras de óxido, suciedad, grasa, aceite u otros lubricantes o sustancias que pudieran limitar su adherencia con el concreto.

## **Concreto**

El volumen óptimo de agua de mezclado es la menor cantidad que pueda producir una mezcla plástica y alcanzar la trabajabilidad deseada para la colocación más eficiente del concreto. La durabilidad y resistencia del producto terminado disminuye al aumentar la relación agua-cemento.

Se limitará el revenimiento de una mezcla de concreto a un mínimo compatible con los requerimientos y métodos de colocación, de 10 a 12 cm para pilotes precolados.

La compactación del concreto deberá hacerse con vibradores de alta frecuencia. Los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para resistir el desplazamiento o los daños debidos a la vibración.

El concreto deberá mantenerse arriba de 10° C y en estado húmedo cuando menos durante 7 días después de su colocación o hasta alcanzar la resistencia suficiente, para evitar deformaciones.

Para esta obra se usará concreto premezclado de resistencia rápida,  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$

## **Colocación de concreto**

Se podrá realizar empleando bombas, directo de las ollas, mediante canalones, con carretillas, bachas, u otros.

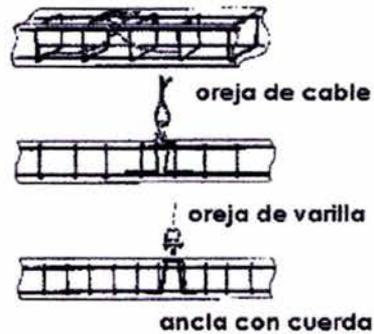
## **Juntas entre tramos**

En esta ocasión será necesario hincar varios tramos de pilotes, para lo cual se han planeado utilizar juntas formadas con soldadura a tope de dos placas previamente fijadas a los tramos del pilote. Durante la fabricación se pondrá cuidado en que las placas entre tramos de pilotes sean perpendiculares a la cara del pilote.

## **Manejo y almacenamiento temporal**

Para retirar los pilotes de las camas de colado, transporte y almacenaje de los mismos, se prepararán ciertos puntos a lo largo del pilote, estructuralmente apropiados para esas maniobras, para reducir al mínimo los esfuerzos a que se somete al pilote.

Los puntos de izaje estarán constituidos por "orejas" de varilla, cable de acero o placa, que se fijan previamente al acero de refuerzo y quedan ahogadas en el concreto, Fig. 4. También será posible utilizar tubos ahogados dentro del pilote, preferentemente de PVC.



**Fig. 23, Diferentes soluciones para los puntos de izaje**

Los pilotes se deberán manejar y almacenar en forma tal que no se dañen. La resistencia del concreto en el momento en que despegue de la cama de colado dependerá del número de puntos de izaje, y por ello, del momento máximo que se le aplica al pilote.



**Fig. 24, Almacenaje de pilotes precolados**

## Hincado de pilotes

Para realizar exitosamente el hincado de pilotes, es preciso seleccionar el equipo y accesorios más eficientes, de acuerdo a cada obra en particular, para que los pilotes sean hincados dentro de las tolerancias especificadas, sin sufrir daño, en el menor tiempo posible. En este apartado se describirán los equipos y procedimientos que se utilizarán para esta actividad:

---

<b>Equipos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grúa</li><li>• Martillo</li></ul>
<b>Accesorios:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Casquetes</li></ul>
<b>Procedimientos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perforación previa</li><li>• Instalación del pilote</li></ul>

---

## GRÚA

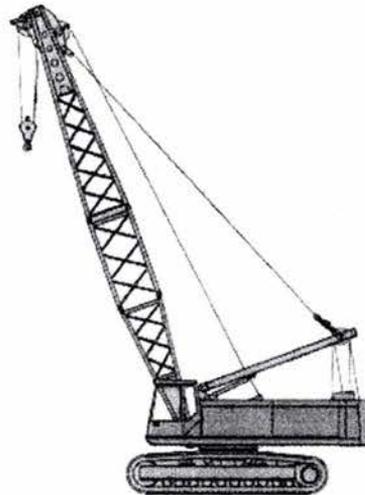
Las grúas son máquinas que sirven para el levantamiento y manejo de objetos pesados, contando para ello con un sistema de malacates que acciona a uno o varios cables, montados sobre una pluma y cuyos extremos terminan en gancho.

Para facilitar su función, la unidad motriz y los diferentes mecanismos de la máquina le permiten girar alrededor de un eje vertical y a la pluma moverse en un plano vertical y pueden ser fijas o móviles.

Cuando la grúa es móvil, puede trasladarse por sí misma, sobre orugas o ruedas dispuestas para tal fin. Las plumas de las grúas pueden ser rígidas cuando están formadas por estructuras modulares (de tubo o de ángulo estructural) o bien telescópicas cuando están formadas por elementos prismáticos que deslizan unos dentro de otros.

Las plumas rígidas se integran por una base que se apoya mediante articulación en el cuerpo de la grúa; después pueden colocarse módulos de 1.5 m (5 ft) a 6.1 m (20 ft) de largo y finalmente una nariz en cuyo extremo superior se ubican las poleas por donde pasan los cables procedentes de los tambores de los malacates, Fig. 6.

Para este caso, se utilizarán grúas móviles de pluma rígida, para ejecutar maniobras y para montar el equipo de hincado de pilotes.



**Fig. 25. Esquema general de una grúa para piloteado**

### **Martillo**

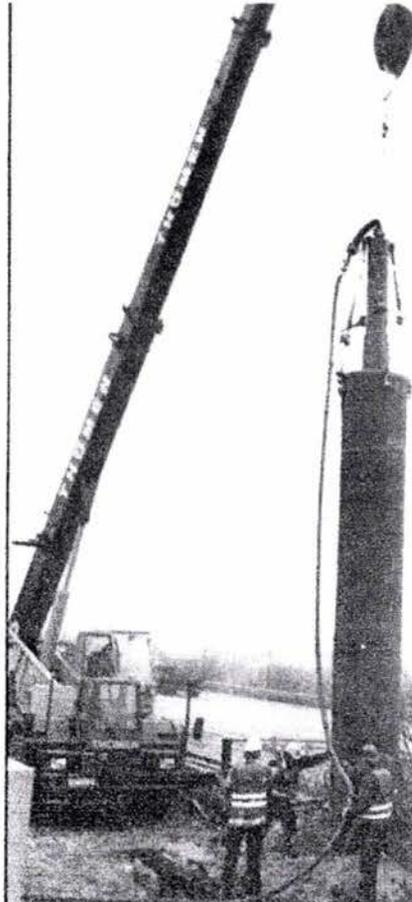
Dadas las circunstancias de la limitación de la altura libre en el área de hincado de pilotes (aproximadamente 6 m), se desechó la utilización de martillos convencionales de hincado, del tipo de diesel de acción sencilla.

En su lugar, se eligió un martillo neumático diferencial, como el que se muestra en la Fig. No. 26; en particular, se seleccionó el modelo *Herkules*, de la marca Grundoram, con las características técnicas que se indican en la tabla siguiente; para diversos tipos de grúas.

**Tabla 9 Martillos neumáticos diferenciales (Grundoram)**

Modelo	Peso Kg	Energía N·m	Frecuencia golpes/min
Herkules	368	1440	340
Gigant	615	2860	310

Koloss	1180	6820	220
Goliath	2465	11600	180



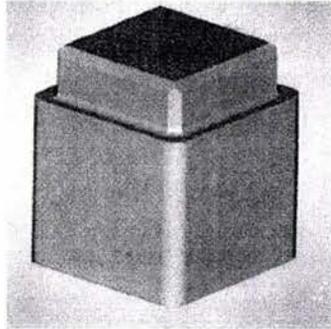
**Fig. 26, Martillo neumático diferencial (Grundoram)**

### **Casquetes**

En la parte inferior que será la parte del contacto entre martillo y pilote se colocará un colchón de madera, denominado *amortiguador del pilote*.

Este amortiguador deberá ser capaz de transmitir la energía del golpe hacia el pilote, lo cual depende de las propiedades elásticas de los materiales utilizados, que serán de un módulo de elasticidad alto, utilizando una madera dura como el encino.

El casquete deberá ajustar en la cabeza del pilote, con suficiente holgura para permitir un acomodo adecuado, pero conservando la geometría del pilote, evitando que el golpe del martillo se aplique fuera de su eje, como se muestra en la Fig. No. 27.



**Fig. 27, Casquete para pilote de concreto**

### **Perforación Previa**

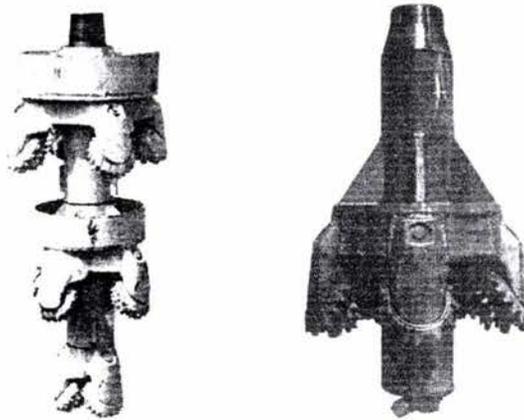
De acuerdo con las condiciones del subsuelo y el proyecto, será necesario realizar una perforación previa al hincado de los pilotes, cuyo objeto será servir de guía y facilitar el hincado para alcanzar el nivel de desplante, además de evitar movimientos excesivos en la masa de suelo adyacente.

Para atravesar materiales arcillosos blandos, sensitivos con alto contenido de agua, es práctica común realizar las perforaciones sin extraer el material, remoldeándolo enérgicamente mediante rotación dentro del agujero, utilizando una broca tricónica, de aletas o espiral.

El diámetro de la perforación previa será variable, dependiendo de la sección transversal de cada tipo de pilote, y será de un diámetro inscrito dentro de la traza del pilote.

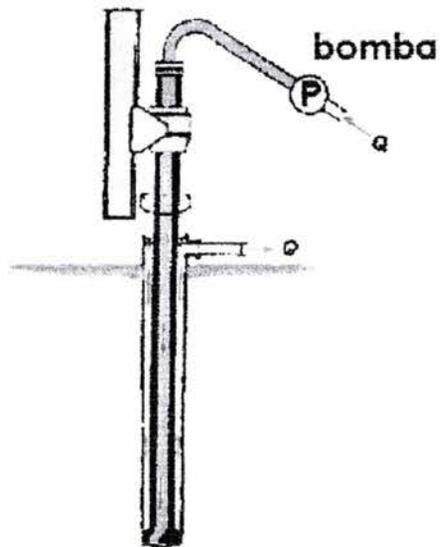
Las brocas tricónicas serán de rodillos armados con puntas de carburo de tungsteno, que giran con una presión vertical en el fondo del barrenado, contra la superficie del suelo.

En caso de que sea necesario, se podrá alcanzar la cobertura del área transversal con un arreglo de rodillos en la cabeza rotatoria, de tal manera que cada rodillo describe una trayectoria de corte diferente, que se traslapa con la adyacente, Fig. 28; se aplicará una sobrecarga adicional en la superficie, por medio de gatos o malacates.



**Fig.No. 28, Brocas tricónicas**

Durante la perforación, se bombeará agua a través de la sarta de perforación hasta el fondo del barreno. El corte se transporta a la superficie y afuera a través de la separación entre el suelo y la tubería, Fig. 29. Para esta técnica, las velocidades de chiflón de agua estarán alrededor de 1 m/s.



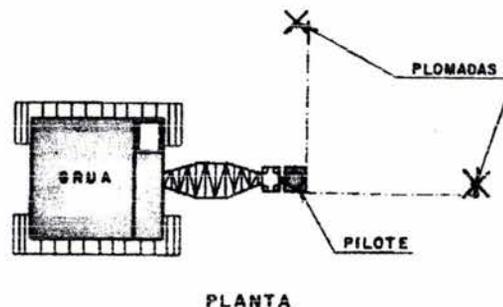
**Fig. No. 29, Esquema de flujo directo**

Se utilizará agua para estabilizar una perforación, tomando en cuenta el trabajo de pilotes de fricción al que están sujetos los pilotes de este proyecto; se conservará una carga hidráulica, por encima del nivel freático, mantenida en forma constante.

### Instalación del pilote

Después del retiro y transporte de los pilotes de las camas de colado al lugar de hincado se seguirán los siguientes pasos:

1. Colocar marcas a una separación máxima de 100 cm, a todo lo largo del pilote, con el fin de determinar con facilidad el número de golpes necesarios para cada metro de hincado.
2. Izar el pilote manejándolo con un estrobo, apoyado en los puntos correctos de acuerdo a las recomendaciones hechas.
3. Colocarlo en el punto correcto de su ubicación en la perforación previa, de acuerdo a los planos.
4. Orientar las caras del pilote si es requerido.
5. Acoplar la cabeza del pilote al golpeador del martillo
6. Para lograr la verticalidad del pilote se emplean dos plomadas de referencia colocadas en un ángulo de  $90^\circ$  teniendo como vértice el pilote, como se puede observar en la Fig. No. 30.
7. Accionar el martillo, con lo cual se inicia propiamente el hincado del pilote.
8. Una vez hincado un tramo, se procederá a colocar el siguiente tramo, verificando su verticalidad como se indica en la Fig. No. 30; una vez logrado, se soldarán los tramos a través de las placas de unión.



**Fig. 30, Posicionamiento vertical de un pilote con ayuda de plomadas**

La instalación de pilotes de concreto se efectuará de tal manera que se garantice la integridad estructural del pilote y se alcance la integración deseada con el suelo, en forma tal que el pilote pueda adecuadamente cumplir con su cometido.

### **V.1.2. Colocación de Material Térmico**

Para mantener un aislamiento térmico entre la temperatura a la que están trabajando las cámaras y el subsuelo, se colocó un material térmico aislante, además de ayudar a disminuir el peso que se trasmite hacia la cimentación bajo la que está.

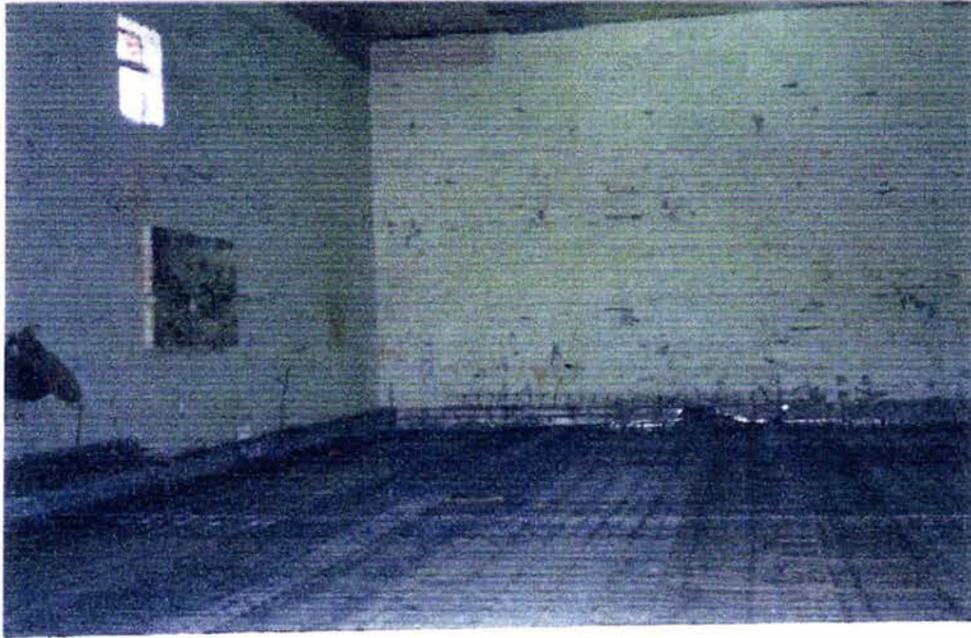
Se colocó como parte del sistema de aislamiento un impermeabilizante, después sobre este una capa de polietileno de 5 mm de espesor y sobre este la placa de poliestireno de alta densidad, como se puede observar en la siguiente figura.



**Fig 31. Colocación de material Térmico Aislante**

### **V.1.3. Construcción de la losa de Rodamiento**

La correcta colocación del armado de acero de refuerzo en una estructura es importante para que esta cumpla con los requerimientos a los que va a ser sometido por eso es importante cumplir con las especificaciones de los planos de proyecto.



**Fig. 32 Armado de la losa de refuerzo**

La construcción de pisos de concreto de buena calidad no es difícil, si se tiene cuidado en los aspectos importantes del trabajo. Aunque es necesario habilidad y juicio, éstos pueden adquirirse rápidamente si se consideran los equipos y técnicas que han sido desarrollados en los últimos años.

Aún así, siguen habiendo muchos pisos construidos con fallas o defectos, usualmente debidos a la falta de atención prestada a los puntos fundamentales.

Son pocos los aspectos importantes de la calidad de los pisos de concreto construidos. En primer lugar esta la calidad de la superficie; su terminado requiere de mayor cuidado, tiempo y esfuerzo, que otras obras de concreto. A menos que se tomen las debidas precauciones, la superficie del piso podría contener concreto de calidad inferior al que existe debajo de la superficie. Esta situación no sería satisfactoria, pues la superficie debe contener el mejor concreto; hay que tomar en cuenta que es la parte que sufre el desgaste y usualmente requiere de una precisión dimensional casi absoluta.

En segundo lugar considerando las grandes áreas, es necesario controlar los agrietamientos que se puedan presentar al contraerse el concreto durante su endurecimiento y secado. En tercer lugar el piso debe de soportar las cargas para el que fue diseñado, sin sufrir daños ni ajustes, particularmente hundimientos diferenciales a causa de desalineaciones en la juntas. Finalmente el piso debe de ser, en muchos casos a prueba de humedad.



**Fig. 33 Colado del concreto de la losa de rodamiento**

En las obras de concreto y especialmente en la construcción de pisos, se impone una secuencia fundamental desde el momento en que se agrega el agua al primer volumen de concreto por vaciar; antes de efectuar esta operación, todo debe de estar preparado. De aquí en adelante se debe suministrar el concreto en la proporción adecuada. Y no deben fallar los preparativos para su manejo, colocación, compactación, nivelación y curado, pues de lo contrario podrían presentarse problemas en la construcción.

La temperatura influye mucho sobre el tiempo que toma el concreto para alcanzar un estado satisfactorio de dureza, que permita su acabado. Este estado es de corta duración y se presenta más rápidamente en condiciones de calor que de frío y humedad.

El plan de construcción debe tomar primero en cuenta los requerimientos planteados por planos y especificaciones. Luego debe permitir efectuar, en forma ordenada y eficiente, cada uno de los pasos necesarios para producir los resultados deseados.

La secuencia de construcción de pisos bajo techo elimina una parte de los riesgos. Debe haber espacios para grúas, bombas, circulación de carretillas y acceso libre a las mezcladoras en cualquier condición climatológica. El trabajo debe estar planeado de manera que se minimicen los daños a la. Se debe vaciar la cantidad adecuada de concreto sin que haya segregación, para que no se necesite demasiado traspaleo. Los preparativos para el curado deben hacerse a la mayor brevedad posible.

Un piso bien hecho depende de que las juntas actúen según fueron diseñadas; es necesario observar con esmero los requerimientos de planos y especificaciones. Las juntas de dilatación, provistas de una extensión compresible hacia el extremo desunido permite que la losa se expanda. Donde las especificaciones lo permitan, existe la alternativa de aflojar la barra de alineación en el concreto primario y retirarla después de terminada la obra. Antes de comenzar la losa adyacente, hay que reinsertar la barra en el orificio formado; en caso de que haya juntas de expansión está debe sacarse de 10 a 20 mm.

Las juntas de control pueden ser aserradas o moldeadas, hasta la profundidad que fluctúa entre  $1/3$  y  $1/2$  del espesor del piso. El aserrado se debe de efectuar antes de que se formen grietas, entre 8 y 24 horas después de terminada la superficie del piso. Los pisos vaciados bajo techo quedan menos expuestos a los cambios de temperatura, por lo que el aserrado puede demorarse de 2 a 3 días. Entre más duro esté el concreto, más tardado será el aserrado; la experiencia determinará entonces cuando debe de ser efectuado, para evitar agrietamientos por contracción y para no causar el desalojamiento de los agregados. Hay que tener en cuenta que el agrietamiento prematuro también puede deberse a un curado inadecuado.

### **Mezcla de concreto**

El concreto que el constructor elige para una losa determina la facilidad de su manejo y acabado. No importa que tipo de concreto se use, el control de la uniformidad de la mezcla es importante, si se desea mantener un acabado superficial consistente.

La trabajabilidad se mide generalmente por el revenimiento; las especificaciones indican con frecuencia un valor máximo permisible de 50 mm, dejando al contratista la elección de las medidas de control que se adecue a su método de trabajo.

Idealmente el concreto debe de ser cohesivo, difícilmente segregable y no debe producir demasiado sangrado hacia la superficie. La mezcla del concreto bombeada posee normalmente estas características, pero su trabajabilidad debe ser mantenida en un nivel convenientemente bajo, de manera que el la losa se produzca un mínimo de lechado (una capa débil de arena/cemento) durante la compactación y el terminado.

El agregado fino es un componente importante del concreto, pues idealmente no debe contener demasiado material de este tipo. Por el contrario, cuando un agregado fino contiene demasiado material burdo, se dificulta el acabado del concreto. Si falta material de tamaño mediano, habrá agua fluyendo hacia la superficie, y si hay demasiado material fino, se contraerá y agrietará la superficie. La mezcla con un porcentaje de arena fina desde el 38 al 40% posee características aceptables de acabado. Debe evitarse el uso de material suave o poroso que cause contracciones por secado mayores al 0.06%. La dimensión máxima del material debe de ser de 20 mm, para losas de 150 mm de espesor. Para losas más gruesas, el material no debe de exceder los 40 mm.

## **Métodos de vaciado**

Para controlar las contracciones de un piso de concreto, los diseños deben de proveer juntas de contracción espaciadas regularmente o dispositivos que permitan el movimiento o induzcan el agrietamiento en lugares predeterminados. Antes se acostumbraba vaciar los pisos en áreas alternadas, cosa que ya paso a ser obsoleta, desde que se implantó la tendencia moderna de vaciar el concreto en áreas continuas. La construcción de pisos es una operación especializada, que se optimiza construyendo en forma continua todo el piso, mientras que el sistema alternado presenta algunas dificultades al acceso de vehículos y equipo.

## **Colocación del concreto**

En cualquier método de transportación resulta esencial, colocar el concreto directamente en el lugar donde se necesite. Esto evitará una duplicación de manejos y eliminará el peligro de segregaciones y variaciones en el nivel final de la losa, debida a que los volúmenes del concreto mal compactados tienden a recompactarse. En cambio, cuando el concreto se esparce uniforme y directamente desde el equipo de transportación, se disminuye el trabajo de los operarios.

## **Nivelado húmedo**

El nivelado húmedo es una técnica cuyo uso se ha extendido recientemente. Las cimbras y reglas de nivelación se colocan alrededor de la losa, pero se omiten las guías intermedias. En su lugar se esparcen reticularmente pequeñas cantidades de concreto antes del trabajo de acabado y después se emparejan a la altura determinada por el nivel rígido o por las estacas colocadas previamente. Entre estos puntos de referencia se esparce el concreto se esparce, compacta y nivela en franjas. La franjas sirven como niveles húmedos, de acuerdo a las cuales se vacía se compacta y se termina el resto del piso.

## **Compactación del concreto**

Al hacer la mezcla, el aire atrapado debe de ser eliminado compactando el concreto, para que sea resistente y durable. La compactación debe de ser efectuada antes de que el agua de la mezcla fluya hacia la superficie.

Entre más agua se use en el concreto, más fácil será compactarlo; pero el concreto más húmedo toma más tiempo para su acabado y es más débil, particularmente en la superficie. No se le debe agregar agua al concreto para facilitar su esparcimiento o compactación, ni por cualquier otra razón.

El nivel del concreto bajará a medida que el aire atrapado sea eliminado por el proceso de compactación. Por lo tanto, el nivel inicial de vaciado debe ser más alto que las cimbras laterales, es decir se debe sobrecargar el molde. La altura de esta sobre carga de concreto

ha de ser de una quinta parte de la losa ya compactada. Como método para producir una sobrecarga uniforme de concreto se recomienda usar una regla de compactación que se recorre a lo largo de las cimbras laterales, sobre el área sobrecargada de concreto.

Con vibradores mecánicos de inmersión o niveladoras vibratorias se pueden compactar totalmente losas de 25-50 mm. Los vibradores de inmersión pueden compactar fácilmente losas de concreto de 100 mm de espesor y más. También algunas niveladoras vibratorias, con vibradores eficientes, son adecuadas para compactar capas hasta de 150 mm de espesor.

En caso de que las niveladoras deban de compactar losas más gruesas, las capas no deberán exceder de 150 mm, a menos que se puede demostrar, a través de pruebas sustanciales o por experiencia, que alguna niveladora en particular es capaz de compactar mayores espesores en una sola operación. Las capas inferiores pueden ser compactadas por medio de una niveladora ranurada.

### **Nivelado del concreto**

Es importante que la superficie del concreto sea nivelada de acuerdo a las especificaciones, antes de comenzar el proceso de acabado

#### **V.1.4. Reforzamiento en columnas de concreto.**

El reforzamiento se llevará a cabo en las columnas que se encuentren dañadas por medio de la colocación de ángulos de acero soldados al elemento estructural de tal manera que se asegure el correcto funcionamiento de la misma.



**Fig. 34 Reforzamiento de las columnas de concreto dañadas**

## Capítulo VI. Trincheras de ventilación de aire

### VI.1. Procedimiento Constructivo

La construcción de ductos de ventilación de aire caliente se realizó en dos etapas, la primera fue la excavación y estabilización de talud y en la segunda se realizó la adaptación y colocación de motores para la inyección de aire. Las trayectorias de los ductos, la salida del aire por a través de rejillas y la ubicación de motores de inyección se muestran en la siguiente figura.

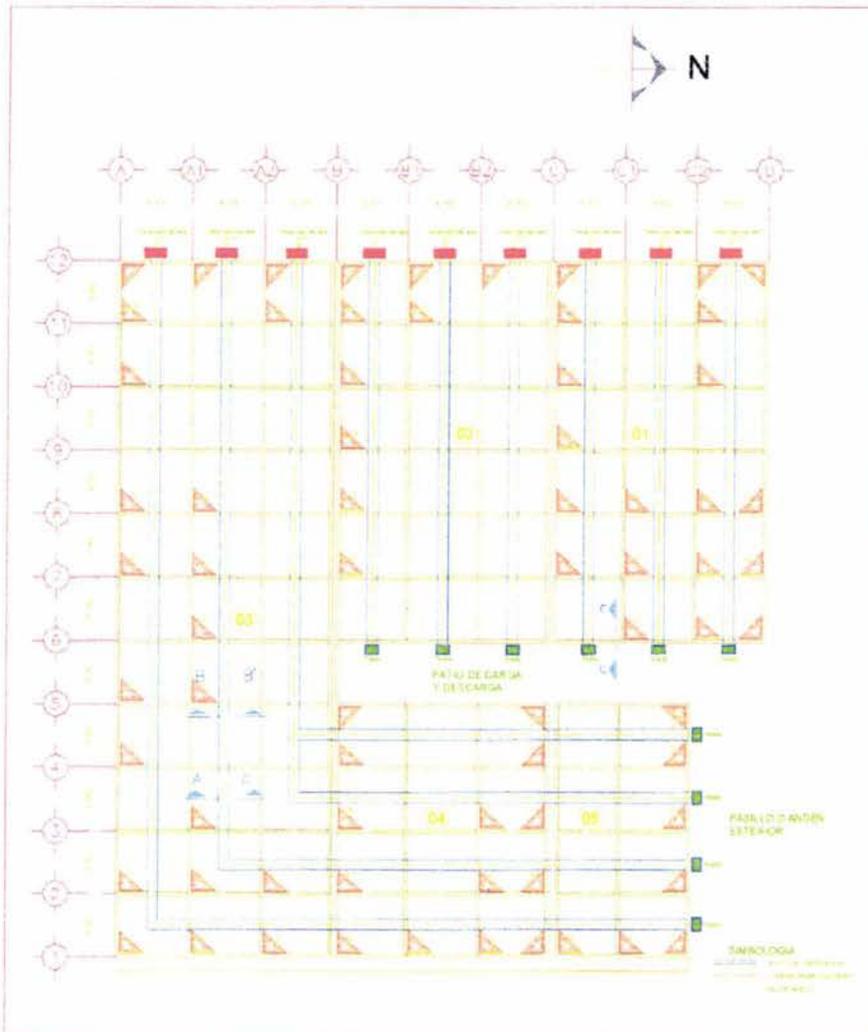


Fig. 35 Ubicación y trayectorias de los ductos de ventilación

### **Consideraciones:**

El aspecto más importante para el buen funcionamiento de los ductos es la dirección en la que se realiza la inyección, así como la trayectoria que va a desempeñar. Se podrían presentar algunos riesgos de seguridad al sistema de ventilación y a las propias instalaciones de la almacenadora como es una probable inundación por el agua de una lluvia torrencial y que el drenaje no fuera suficiente para desalojar, lo que repercutiría en que el agua penetrara a las instalaciones de la almacenadora a través de los ductos de ventilación, ocasionando condiciones no deseadas en las instalaciones.

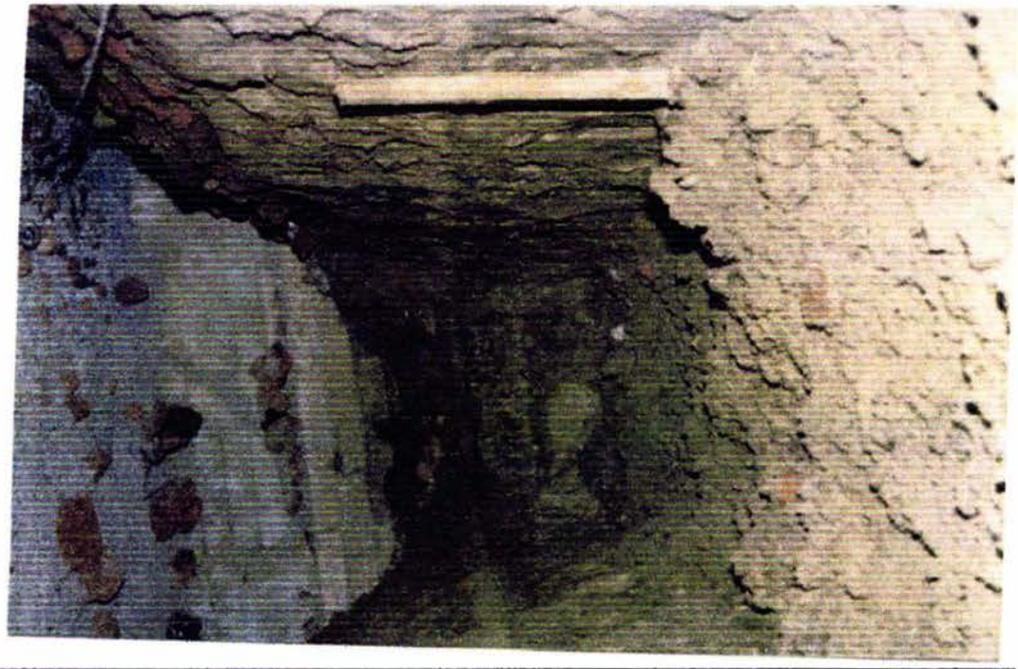
#### **VI.1.1 Excavación y estabilización de talud**

El procedimiento que se siguió para esta actividad es el siguiente:

- 1.- Demolición de losa de concreto armado de 20 cm de espesor
- 2.- Retiro de material producto de la demolición fuera de la obra
- 3.- Excavación manual en material tipo II, hasta 2.50 m, de profundidad
- 4.- Retiro de material producto de la excavación fuera de la obra
- 5.- Suministro y colocación de malla 6-6 10/10 en paredes de la excavación
- 6.- Colocación de mezcla agua-cemento en paredes de excavación
- 7.- Colocación de concreto  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ , en plantilla de excavación

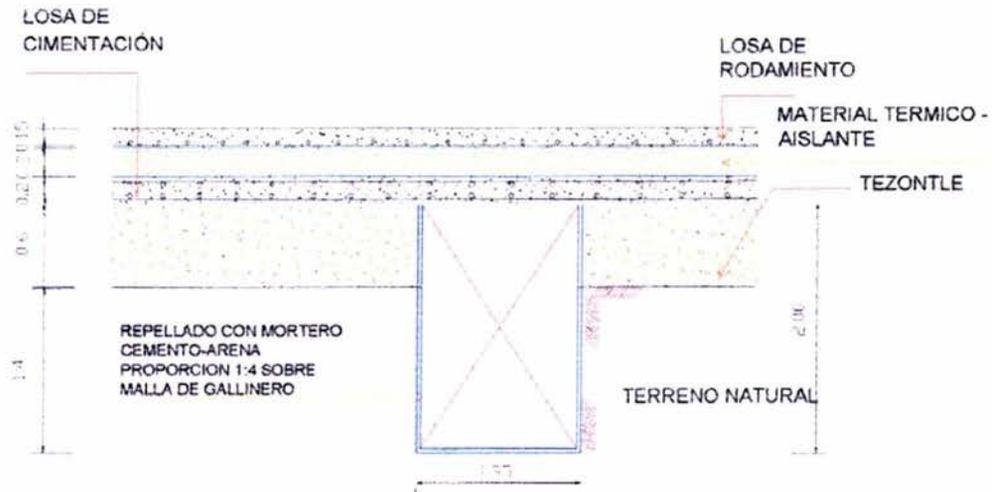


**Fig No. 36 Demolición de losa de cimentación y excavación en terreno natural**

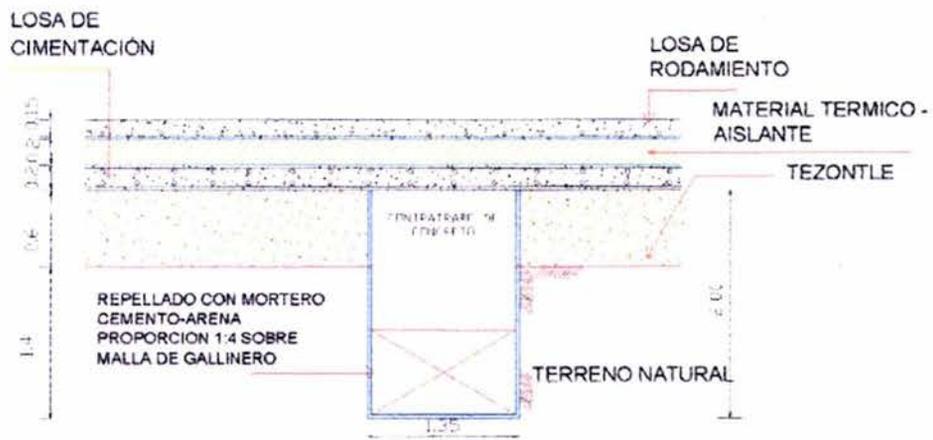


**Fig. No. 37 Excavación en terreno natural**

La sección de excavación se muestra en las siguientes figuras:



**Fig 38. Corte A-A zona en centro de claro**



**Fig. 39. Corte B-B bajo contra traves de concreto**

### VI.1.2. Colocación del sistema de aire caliente

Se considera utilizar 6 extractores para cubrir con los requerimientos de la operación, los cuales deberán operar de manera independiente.

Se realizó un cálculo del volumen de aire por mover. Para los ductos que atraviesan las cámaras 3, 4 y 5 se recomienda colocar un ventilador por cada ducto.

Longitud promedio de los ductos	110.00 m.
Área del ducto considerada	4.18 m <sup>2</sup>
Factor de volumen removido por hora	5.0

VOLUMEN POR MOVER:

$$110.00 \times 4.18 = 459.80 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DE AIRE POR MOVER POR HORA:

$$459.80 \times 5.0 = 2299.00 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

CAPACIDAD DE VOLUMEN DE AIRE POR MOVER  
DEL VENTILADOR.

2200 m<sup>3</sup>/hr.

VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO  
POR MOVER

≈

CAPACIDAD DE VOLUMEN DE AIRE POR  
MOVER DEL EQUIPO

2299 m<sup>3</sup>/hr.

≈

2200 m<sup>3</sup>/hr.

PASA

Para las cámaras 1 y 2 se recomienda instalar un ventilador por cada dos ductos

Longitud del ducto	34.80 m.
Longitud total de dos ductos	69.60 m.

VOLUMEN DE AIRE POR MOVER:

$$69.60 \times 4.18 = 409.28 \text{ m}^3$$

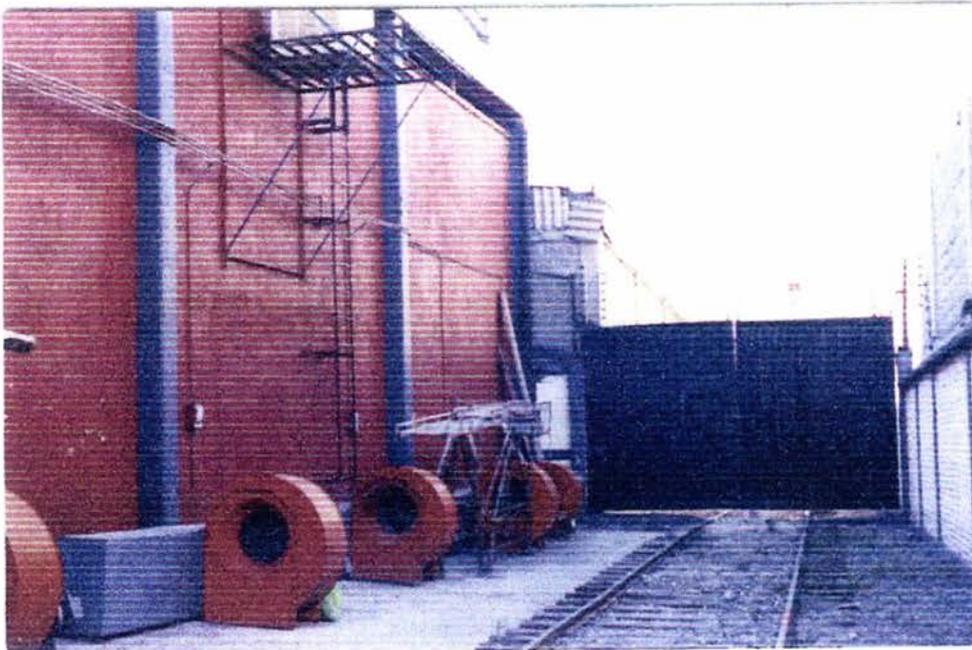
VOLUMEN DE AIRE POR MOVER POR HORA:

$$409.28 \times 5.0 = 2046.00 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

El número de ventiladores requeridos para las cámaras 1 y 2 es de 3 equipos.

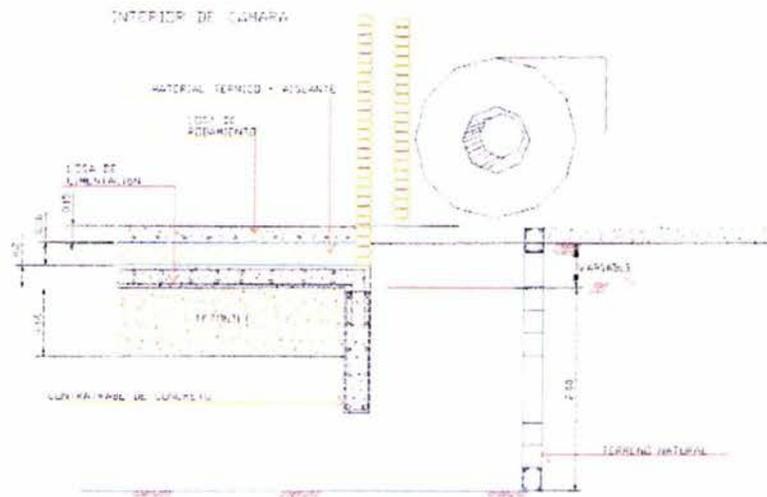
El procedimiento que se siguió para la colocación de los motores para la inyección de aire y la colocación de rejillas para la salida del aire fue el siguiente:

- 1.- Demolición de losa de 10 cm de espesor en patio
- 2.- Construcción de base para colocación del motor de aire y colocación de rejillas
- 3.- Colocación de motores de inyección y rejillas
- 4.- Fijación de motores de inyección



**Fig. 40. Motores de inyección colocados**

La colocación del sistema de aire caliente consiste en la instalación de 6 motores, como los que se muestran en la fig No. 41



**Fig. 41. Detalle de la colocación del motor para inyección de aire**

El detalle de la colocación de las rejillas para la salida de aire se muestra en la siguiente figura.



**Fig. 42. Detalle de la colocación del motor para inyección de aire**

## **Conclusiones Generales**

Estos trabajos se realizaron, como parte de la modernización y mejoramiento de las instalaciones de la empresa almacenadora, que presentaban dos problemas por un lado el congelamiento del suelo y por el otro, una serie de deformaciones debidas al propio hundimiento de la Ciudad de México, lo que generó condiciones de seguridad no adecuadas en la operación de dichas cámaras. Para lo cual se llevó a cabo el proyecto y construcción del reforzamiento estructural, que cumplió con los objetivos planteados por la empresa almacenadora.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Provincias Fisiográficas, C.F.E., Tomo B1-3.
- Fundamentos de Mecánica de Suelos Tomo I, Eulalio Juárez Badillo, Editorial Limusa, Novena reimpresión, México D.F.
- Fundamentos de Mecánica de Suelos Tomo II, Eulalio Juárez Badillo, Editorial Limusa, Novena reimpresión, México D.F.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Complementarias.
- Poliestireno Expandido, Instituto Mexicano del Cemento y Concreto.
- Concreto en Obra, Instituto Mexicano del Cemento y Concreto.