

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

21121  
19

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLÁN**

**“UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DE MURO  
MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS  
CIVILES”**

**T E S I S**

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

**P R E S E N T A :  
MARCO ANTONIO LÓPEZ RODRIGUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. NARCISO TALAMANTES CHÁVEZ**

**MEXICO 2003**

A



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.

**PAGINACION  
DISCONTINUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
CAMPUS ACATLÁN

**SOLICITUD DE REGISTRO DE TRABAJO INDIVIDUAL  
Y ASIGNACIÓN DE ASESOR PARA TITULACIÓN**

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez.  
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL.  
Presente.

Me dirijo a usted a fin de solicitar mi registro del trabajo escrito, el cual realizaré de conformidad con la opción de Tesis.  
a efecto de obtener el título de licenciado en Ingeniería Civil.  
por lo que a continuación proporciono los siguientes datos:

NOMBRE DEL ALUMNO López Rodríguez Marco Antonio No. Cta. 7416168-7  
DOMICILIO PARTICULAR Valle de Oaxaca 72 v. del valle Tel. 53734880  
DOMICILIO DEL TRABAJO San Mateo Nopala 14 J. Sn Mateo Tel. 53734348

TÍTULO DEL TRABAJO: UTILIZACION EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES.  
OBJETIVO: El objetivo de esta Tesis referida al Muro Milán, es resaltar la importancia de la decisión de su utilización en los diferentes tipos de obras en el momento preciso, descripción de su procedimiento constructivo, observar las ventajas obtenidas con su aplicación y su función a últimas fechas en el Distrito Federal.

NOTA: El esquema del trabajo y la bibliografía preliminar deberá presentarse en hojas anexas 1/

Acatlán, Edo. de México, a 1 de Agosto del 2000

FIRMA DEL ALUMNO



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**PROPOSICION DE ASESOR:**

**NOMBRE:** Narciso Talamantes Chávez.

**ADSCRITO A LA DIVISION DE:** -----

**PROGRAMA DE:** -----

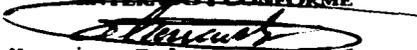
**SI NO IMPARTE CLASES EN LA ENEP ACATLAN, INDICAR LA ESCUELA O FACULTAD A LA QUE PERTENECE. 2/:** Facultad de Ingeniería UNAM.

**DOMICILIO PARTICULAR:** Av. Colonia del Valle 407-37 TEL. -----

**DOMICILIO DEL TRABAJO:** ----- TEL. 55232475

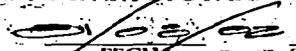
**MI PROPOSICION OBEDECE A:** Considerar la aptitud profesional del Ingeniero Narciso Talamantes Chávez, ideal para guiar este trabajo.

**ENTERADO Y CONFORME**

  
Ing. Narciso Talamantes Chávez.

**NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR**

**AUTORIZACIONES**

  
FECHA: -----

  
ENEP-ACATLAN

SELO DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
PROGRAMA DE INGENIERIA

  
JEFE DEL PROGRAMA

**INSTRUCCIONES**

1. Deberá incluirse el índice del trabajo, señalando en cada inciso el objetivo del mismo y una descripción somera de lo que se desea presentar. Todo el documento deberá estar avalado por el asesor.
2. En el caso de asesor externo deberán anexarse curriculum, copia de la cédula o del Título Profesional y copia del nombramiento o talón de cheque de la UNAM.
3. Llénese a máquina.
4. No se permiten asesores que no pertenezcan a la UNAM. De preferencia deberán formar parte del personal docente de la Escuela.
5. Los anexos deberán numerarse de acuerdo a la secuencia de datos requeridos.
6. El original y las copias del presente documento deberán entregarse de acuerdo a lo siguiente:

Original blanco:

Copia amarilla:

Copia azul:

Copia rosa:

Jefatura del Programa correspondiente.

Asesor asignado.

Unidad de Administración Escolar.

Alumno.

## **DEDICO CON CARIÑO Y RESPETO ESTE TRABAJO**

**A Dios**

**Por ser todo en mi vida**

**A la Virgen Maria de Guadalupe**

**Luz de mi sendero**

**A ti Mamá**

**Por todo tu sacrificio y tu amor**

**Tu impulso y tu dolor**

**Tu disciplina y tu constancia**

**Guía de mis pasos**

**Espero no haberte fallado**

**A ti Papá**

**Por tu ejemplo y dedicación**

**Por tu alegría de vivir**

**Que con tus actos me diste el rumbo a seguir**

**Y el coraje para no claudicar**

**A Lulú**

**Compañera de mi vida**

**Cómplice de mis logros**

**Apoyo en los momentos difíciles**

**Esposa mía eres el**

**Amor de mis amores**

**A Marco Antonio**

**Noble y amoroso Hijo**

**Tu me enseñaste como se debe querer la vida**

**A Mariana**

**Mi bola adorada**

**Hija de mucho carácter**

**Si tu puedes yo también**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo receptional.

NOMBRE: MARCO ANTONIO LÓPEZ

RODRIGUEZ

FECHA: 15-SEP-03

FIRMA: [Firma]

**A Arturo**

**Mi brioso y activo hijo**

**Enojón que sin tu ayuda**

**No se hubiera concluido este trabajo**

**A mis abuelos**

**In memoriam**

**María de la Paz y Rafael**

**Genoveva y Suzano**

**A mis Hermanos**

**Angélica y Víctor**

**Para que se motiven a hacer el suyo**

**A mis Tíos**

**Eligio**

**María**

**Eva Q.E.D.**

**Javier Q.E.D.**

**Zenón**

**Eleazar**

**Antero**

**Fidel**

**Moisés**

**Rafael**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México**

**Campus Acatlán**

**Mi Alma Mater**

**A todos y cada uno de mis Profesores**

**Porque de su mano**

**Llegué hasta aquí**

**A la Vida**

**Que me dejó concluir este trabajo**

**Y que mis padres lo pudieran ver**

**UTILIZACIÓN  
EN LA CIUDAD DE MÉXICO  
DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE OBRAS CIVILES**

# ÍNDICE

**PAGINACIÓN  
DISCONTINUA**

<b>CAPITULO I DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.</b>	<b>I -1</b>
I.1 Zonificación estratigráfica del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.	I-1
I.1.1 Constitución interna de la Tierra	I-1
I.1.2 La cuenca lacustre del Valle de México.	I-3
I.2 Resultado inestable de las estructuras al cimentarias sobre arcillas saturadas de agua.	I-15
I.2.1 Comportamiento de cimentaciones superficiales	I-16
I.3 Excavaciones profundas en la zona lacustre de la Ciudad de México	I-17
 <b>CAPITULO II IMPORTANCIA Y PROCEDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN</b>	 <b>II -1</b>
II.1 Estudios preliminares a la excavación.	II-2
II.2 Construcción de zanja guía	II-2
II.3 Excavación definitiva con equipo de construcción adecuado	II-6
II.3.1 Draga tipo almeja accionada hidráulicamente	II-12
II.3.2 Draga tipo almeja accionada hidroeléctricamente	II-13
II.4 Lodo de perforación	II-14
II.4.1 Estabilidad del lodo bentonítico	II-14
II.4.2 Propiedad impermeabilizante del lodo bentonítico	II-14
II.4.3 Propiedad trixotrópica del lodo bentonítico	II-14
II.5 Control de calidad en lodos bentoníticos	II-16
II.5.1 Elaboración de lodo estabilizador	II-17
II.5.2 Reciclado del lodo estabilizador	II-18
 <b>CAPITULO III IMPACTO AMBIENTAL</b>	 <b>III-1</b>
III.1 Impacto ambiental antes de la ejecución de la obra	III-1
III.2 Impacto ambiental durante la ejecución de la obra	III-5
III.2.1 Aspectos geotécnicos de la obra para el mejoramiento del ambiente.	III-8

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

III.2.2 Disposición de lodo bentonítico en el Muro Milán	III-10
III.2.3 Medio ambiente afectando cimentaciones profundas	III-12
III.2.4 Agentes agresivos al concreto del Muro Milán	III-12
III.2.5 Destrucción debido a componentes químicos	III-13
III.2.6 Agentes agresivos al acero	III-13
III.3 Impacto ambiental después de la ejecución de la obra	III-15
III.4 Impacto ambiental en la operación de la obra	III-16

**CAPITULO IV PROCESO DE HABILITADO Y ARMADO DEL  
ACERO, Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LOS  
MUROS**

	IV-1
IV.1 Propiedades del concreto y el acero a utilizar	IV-2
IV.2 Colocación de las juntas macho-hembra	IV-2
IV.3 Hincado del tubo junta	IV-4
IV.4 Colocación del acero armado de refuerzo	IV-4
IV.5 Tiempo máximo para introducir el acero de refuerzo en lodo bentonítico	IV-5
IV.6 Como evitar que el acero de refuerzo quede expuesto	IV-5
IV.6.1 Varillas guía para los tubos de colado	IV-5
IV.6.2 Vaciado del concreto hidráulico del Muro Milán	IV-5
IV.6.3 Fluidez del concreto hidráulico	IV-6
IV.6.4 Control del tiempo de vaciado del concreto en el tablero	IV-7
IV.6.5 Características que debe cumplir el concreto	IV-8
IV.6.6 Dosificación del concreto a utilizar	IV-8
IV.6.7 Métodos de control al colar el Muro Milán	IV-10

**CAPITULO V MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN A  
UTILIZAR**

	V-1
V.1 Comparativo de los diferentes equipos de construcción a utilizar	V-1
V.1.1 Lista de maquinaria a utilizar en la construcción de Muro Milán	V-4
V.1.2 Lista de herramientas a utilizar en la construcción del Muro Milán	V-4
V.2 Maquinaria para realizar la limpieza y nivelación del terreno	V-7

V.2.1 Cargador frontal	V-7
V.2.2 Descripción del cargador frontal	V-8
V.3 Maquinaria para la construcción de brocales	V-10
V.3.1 Vibrador para concreto	V-10
V.3.2 Descripción del vibrador para concreto	V-11
V.4 Maquinaria para la excavación de la zanja	V-11
V.4.1 Draga guiada con cucharón de almeja	V-13
V.4.2 Descripción de la draga guiada con cucharón de almeja	V-13
V.4.3 Camión de volteo	V-15
V.4.4 Descripción del camión de volteo	V-16
V.5 Equipo para llevar a cabo el armado e izado de la parrilla de refuerzo	V-17
V.5.1 Grúa	V-17
V.5.2 Descripción de la grúa	V-19
V.6 Equipo para efectuar el colado del concreto en el Muro Milán	V-20
V.6.1 Revolvedora de concreto	V-20
V.6.2 Camión pipa para el transporte del lodo bentonítico	V-20
<b>CAPITULO VI MURO MILÁN EN CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE MÉXICO</b>	<b>VI-1</b>
VI.1 El Muro Milán como solución a las filtraciones de agua y empujes que se presenten al momento de realizar excavaciones en la zona lacustre de la Ciudad de México.	VI-3
VI.2 Sistema de Transporte Colectivo (Metro)	VI-4
VI.2.1 Construcción de brocales o muros guía	VI-5
VI.2.2 Excavación y ademado de las zanjas	VI-7
VI.2.3 Parrilla de acero de refuerzo	VI-7
VI.2.4 Colado del concreto del Muro Milán	VI-9
VI.2.5 Junta de construcción entre tableros	VI-11
VI.3 Edificio La Torre Mayor	VI-14
VI.3.1 Estratigrafía del subsuelo en la zona donde se edificó La Torre Mayor	VI-15
VI.3.2 Manto superficial	VI-16

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

VI.3.3 Formación arcillosa superior	VI-16
VI.3.4 Primera capa dura	VI-16
VI.3.5 Formación arcillosa inferior	VI-16
VI.3.6 Depósitos profundos	VI-17
VI.4 Extracción de pilotes inservibles y demolición de estructuras antiguas	VI-17
VI.4.1 Pilas de cimentación en La Torre Mayor	VI-19
VI.4.2 Construcción del Muro Milán y tablaestacas en La Torre Mayor	VI-21
VI.4.3 Inmovilización del acero de refuerzo	VI-34
VI.4.4 Colocación de los tubos de colado del concreto	VI-35
VI.4.5 Verificación de la profundidad de la zanja	VI-36
VI.4.6 Manejo del tubo de colado (tubo Tremie)	VI-37
VI.4.7 Vaciado del concreto hidráulico en la zanja	VI-38
VI.4.8 Recuperación del lodo bentonítico	VI-39
VI.4.9 Excavación en La Torre Mayor	VI-40
VI.5 Construcción de pilas de cimentación	VI-41
VI.5.1 Excavación rotatoria para pilas de cimentación	VI-42
VI.5.2 Instrumentación sismogeotécnica en seis pilas	VI-43
VI.5.3 Deformímetros para acero de refuerzo	VI-48
VI.5.4 Deformímetros para concreto	VI-50
VI.5.5 Pilas instrumentadas en su cabeza	VI-52
VI.5.6 Instrumentación en la losa de cimentación	VI-56
VI.5.7 Comportamiento de las pilas instrumentadas	VI-58
VI.5.8 Unión de las celdas de presión con el armado	VI-60
VI.5.9 Introducción del armado en la perforación	VI-60
VI.6 Colado de concreto en las pilas	VI-62
VI.6.1 Concreto complementario para relleno de pilas	VI-63
VI.6.2 Construcción de la losa de fondo	VI-63
VI.6.3 Construcción de los entresijos del cajón	VI-63
VI.6.4 Mediciones obtenidas en las pilas	VI-65

<b>CAPITULO VII FACTIBILIDAD ECONOMICA</b>	<b>VII-1</b>
VII.1 Costos y beneficios al construir Muro Milán	VII-2
VII.2 Control económico	VII-4
<b>CAPITULO VIII INGENIERIA DE SISTEMAS</b>	<b>VIII-1</b>
VIII.1 Software disponible	VIII-2
VIII.2 Registro rápido y control de avance de la obra	VIII-7
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>CONC Y REC -1</b>
<b>ANEXO I MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LOS AMORTIGUADORES VISCOSOS EN LA TORRE MAYOR</b>	<b>ANEXO I-1</b>
<b>ANEXO-II LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL</b>	<b>ANEXO II-1</b>
<b>ANEXO III REGLAMENTO DE LA LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL.</b>	<b>ANEXO III-1</b>
<b>ANEXO IV CÁLCULO DEL FACTOR DEL SALARIO REAL</b>	<b>ANEXO IV-1</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA -1</b>

# **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

La técnica de construcción del Muro Milán tiene su origen en 1952, desarrollándose con fuerza posteriormente en Europa. Se sabe que el procedimiento constructivo lo descubren casi simultáneamente dos Ingenieros, el Ingeniero Veder en 1952 y el Ingeniero Marconi en 1953.

La idea básica consiste en construir un muro subterráneo profundo en el sitio donde quedará definitivamente, sin un moldeado o cimbrado especial, ya que primero se hace una excavación rectangular del tamaño que se desee el muro, dicha excavación se estabiliza con lodo bentonítico comúnmente llamado lodo de perforación, para después introducir en ella el armado de acero de refuerzo y proceder al vaciado del concreto en la zanja, desplazando este último al lodo de perforación hacia arriba por diferencia de densidades, permitiendo recuperar dicho lodo para después reciclarlo sin ningún problema.

Es importante hacer con precisión la excavación porque de ello depende el buen desempeño del muro, tanto en su estructura como en su verticalidad y el costo del mismo, ya que el corte que se haga en el terreno sirve como molde en el momento del vaciado del concreto.

Al principio el sistema se empleó para sustituir las pantallas hechas con pilotes contiguos, método que con la aparición del Muro Milán prácticamente ha desaparecido.

El sistema llega a la Ciudad de México y es bien recibido debido a que resuelve en mucho los problemas de construcción que presenta el subsuelo de la zona lacustre del área Metropolitana, en lo que fué el Lago de Texcoco, debido al hecho de que por ser una ciudad trazada por los aztecas y construida sobre un lago por los españoles, implica que cualquier tipo de construcción que se necesite hacer en la zona lacustre represente un alto grado de dificultad pues el nivel de aguas subterráneas (nivel freático), casi siempre se encuentra a menos de dos metros de profundidad.

La Ciudad de México, por ser construida en los albores del siglo XVI, guarda innumerables tesoros arquitectónicos y de importancia cultural, y a la vez, es la sede de

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

los poderes políticos, sociales y culturales de todo el país. Por lo mismo surge la necesidad de realizar adecuaciones a las estructuras que a lo largo de cinco siglos se han construido, así como el suministro de servicios e instalaciones que requiere la gran ciudad, es ahí en donde toma su importancia un método constructivo que no impacte a las construcciones preexistentes sin importar la edad de éstas. Al no tener que abatir el nivel de aguas subterráneas, ni el uso de fuertes piloteadoras, mismas que al hincar los pilotes producirían importantes daños a las estructuras aledañas debido a los golpes y vibraciones que produce este tipo de equipo de construcción.

Si el procedimiento constructivo se realiza con cuidado así como la unión entre sí de varios muros, permitirá formar una barrera impermeable que reducirá al mínimo el problema de filtraciones de agua, dando como resultado un ahorro considerable en costosos sistemas de bombeo y de mantenimiento en la construcción que se utilice.

El Muro Milán es un proceso constructivo de gran utilidad en la Ciudad de México y en otras ciudades de nuestro país que tienen problemáticas similares en su subsuelo, como Villahermosa, Tabasco y Coatzacoalcos, Veracruz.

En este trabajo de investigación, titulado "UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES", se hace un análisis del procedimiento constructivo de "dos" obras tipo; consideradas de las más importantes en los últimos años, que fueron construidas en la Ciudad de México; la primera es El Sistema de Transporte Colectivo conocido como Metro y la segunda es El Edificio La Torre Mayor ubicado en Paseo de la Reforma 507. Esta Tesis se integra de la manera siguiente: Introducción, ocho capítulos, conclusiones, anexos y la bibliografía consultada.

En la Introducción se plantea de manera general el desglose de los antecedentes históricos del procedimiento constructivo del Muro Milán, de su utilización en obras de Ingeniería Civil, de el impacto ambiental del proceso, de el equipo de construcción utilizado, la factibilidad financiera y de los apoyos de informática que se requieren para su realización. Considerando que es un procedimiento constructivo que va bajo tierra, se hace necesario dar una mirada a la composición de el subsuelo de la zona lacustre

de la Ciudad de México y como está conformado, iniciando así este trabajo. A continuación en el capítulo I, se presenta la Descripción General de la Problemática Estratigráfica del Subsuelo de La Ciudad de México. Este capítulo trata sobre los problemas a los que se enfrentará el ingeniero civil, al construir sobre el suelo que cubre la zona lacustre de la Ciudad de México, que ocupó en su tiempo el Lago de Texcoco. Problemas como hundimientos en las construcciones por ejecutar, así como en las vialidades; en los edificios vecinos; inclinación de los mismos, así como cuando se realiza una excavación profunda, genera la inestabilidad de los taludes y agua, teniendo que bombear el líquido con el consecuente incremento de los costos y la presencia de asentamientos.

La Importancia y Procedimiento de la Excavación del Muro Milán se desarrolla en el capítulo II, en el primer inciso de éste, se analizan los estudios preliminares a la excavación, que son fundamentales para que al momento de realizar los trabajos de excavación no se encuentre material diferente al que se esperaba; en el siguiente inciso se enumeran los diferentes muros que dan forma a la zanja guía, que como su nombre lo indica sirve para dar el trazo definitivo que al final de cuentas seguirá el Muro Milán; se analiza después la excavación definitiva con el procedimiento y el equipo de construcción adecuados y por último las cualidades y control de calidad del lodo de perforación llamado lodo bentonítico, por ser éste parte fundamental en la estabilidad de las paredes de la excavación, al ejercer en ellas un empuje hidroestático, formar una película impermeable y la facilidad de poder recuperarlo al final del procedimiento para reciclarlo y reutilizarlo por lo menos cuatro veces.

En lo relativo al Impacto Ambiental, que se desarrolla en el capítulo III se describe lo importante que es para la conservación del entorno, en la no afectación del mismo, tradicionalmente se ha considerado a la ingeniería como la causante de desequilibrios ecológicos, se inicia este capítulo con un análisis detallado de la afectación que se genera antes de la ejecución de los trabajos de construcción del Muro Milán, después se evalúa el impacto ambiental durante la ejecución de la obra y al final de la misma; terminando con los estudios ambientales que permite observar el o los daños que se generan al poner en operación la estructura terminada.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Para considerar lo que es el Proceso de Habilitado y Armado del Acero y colocación del Concreto en los Muros, que se realiza en el capítulo IV, donde se observan las propiedades desde el aspecto técnico que debe satisfacer el concreto hidráulico y el acero de refuerzo que se utiliza para la construcción del Muro Milán, es así como se inicia este capítulo, revisando las dosificaciones del concreto hidráulico así como la resistencia del acero de refuerzo y la forma de los armados; siguiendo con la descripción de las juntas y la función que realizan al momento del colado de los muros y ya después de fraguado el concreto, justificando el uso de la membrana de polivinilo de cloruro (PVC) que garantiza la impermeabilidad del conjunto de muros, al no permitir el paso de agua entre la unión de ellos; la colocación del tubo junta o la viga junta en forma de "I" según sea el caso, de una forma adecuada para que no altere las condiciones de operación de la junta; terminando el capítulo con tres incisos, que tratan sobre la colocación correcta de las varillas de acero de refuerzo que en su conjunto forman parrillas, el tiempo máximo para introducir el acero de refuerzo en el lodo bentonítico (lodo de perforación), después de realizada en su totalidad la excavación del panel a colar y por último como evitar que el acero quede expuesto al colocar el concreto hidráulico dentro de la zanja.

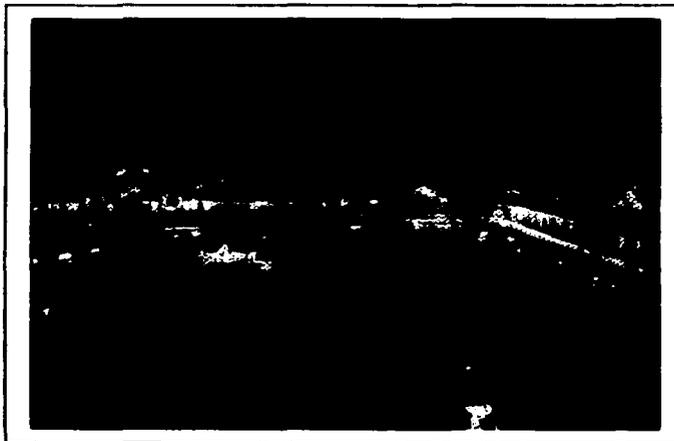
Sin la Maquinaria y Equipo de Construcción a Utilizar, no se podría ejecutar este trabajo. Comparando los diferentes equipos de construcción a utilizar en la construcción del Muro Milán, es como se inicia el capítulo V; efectuando un análisis de las diferentes dragas que se utilizan en la excavación de la zanja donde quedará alojado el muro, la primera es la draga con valvas tipo almeja que como característica principal es que sus movimientos verticales son controlados con una guía estructural metálica, que no permite variación en los movimientos ascendentes y descendentes; la segunda es la draga con valvas tipo almeja accionada hidráulicamente, que mantiene un desempeño mejor que las accionadas con cables al estar en contacto estos con el lodo de perforación y el material de la excavación; por último la draga con valvas tipo almeja accionada hidroeléctricamente, que a su vez supera a la hidráulica por no tener mangueras de líquido a presión sumergidas en el lodo bentonítico y material de perforación. El equipo de construcción que se utiliza en el procedimiento constructivo del Muro Milán no solo consiste en dragas, por lo mismo en los subsecuentes

subíndices se enumera el equipo que se necesita, como camiones de volteo, bombas para el manejo de lodo, grúas y revolvedoras de concreto.

Al encontrar el Muro Milán en Construcciones de la Ciudad de México, en el capítulo VI se describe como una solución a las filtraciones de agua y empuje que se presentan al momento de realizar excavaciones en la zona lacustre de la Ciudad de México, el siguiente inciso trata sobre una de las obras más importantes en cuanto a transporte colectivo de personas se refiere, que se construyeron durante el siglo pasado. El Sistema de Transporte Colectivo (Metro), refiriéndose únicamente a la etapa de construcción subterránea tipo cajón, en la cual se utilizó de manera principal el procedimiento constructivo del Muro Milán. Figura Intro.1 "SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)".

**Figura Intro.1**

**SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)**



Siguiendo con el Edificio La Torre Mayor, obra magna que se localiza sobre el Paseo de la Reforma 507, mencionado anteriormente y se ubica entre las calles de Río Elba, Río

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Ródano y Río Atoyac, en la Colonia Cuauhtémoc de La Ciudad de México, que se muestra en la siguiente Figura Intro.2 "EDIFICIO LA TORRE MAYOR".

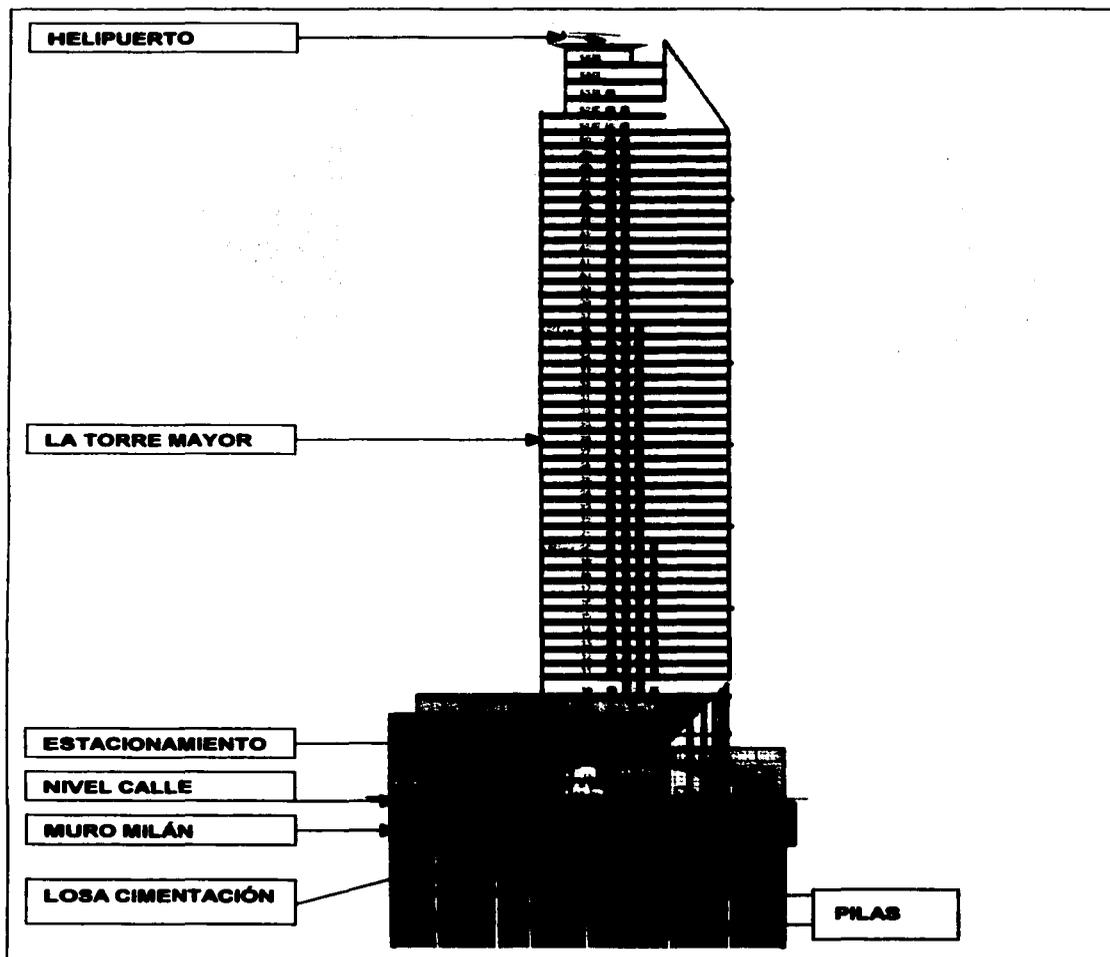
Terminando el capítulo con un análisis del método constructivo del Muro Milán en el Edificio La Torre Mayor, que consta de 55 niveles arriba del nivel de banqueta y 4 niveles de sótano alojados dentro de un cajón hecho con Muro Milán, que cubre un área en planta de 80 x 80 metros y una profundidad de 16 metros. Su cimentación consiste en 251 pilas con diámetros de 1.0, 1.2 y 1.5 metros, llevadas hasta profundidades de 46 a 52 metros. También se muestra parte de la instrumentación sismogeotécnica que se aplicó en las pilas de cimentación, como a continuación se menciona.

Con el fin de monitorear el comportamiento de las pilas de cimentación al momento de su colocación, del colado de la losa de fondo que quedó integrada al conjunto de pilas, al momento de recibir el peso de la estructura y al aplicarle las cargas vivas y las accidentales como sismos; se le colocaron a seis pilas estratégicamente seleccionadas, transductores eléctricos de deformación y de carga.

La propuesta de llevar a cabo dicha instrumentación sismogeotécnica de la cimentación de La Torre Mayor, fue para visualizar el comportamiento de la estructura a corto y a largo plazo, esto también permitirá calibrar los métodos de diseño de cimentaciones profundas que actualmente se consignan en los textos académicos y si es posible en los códigos que respectan al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993, vigente.

Por ser la Factibilidad Económica fundamental en la realización de cualquier obra de ingeniería, el desarrollo de este Capítulo VII tiene que ver con el análisis de los costos de el sistema constructivo del Muro Milán, para evaluar si es un sistema accesible a los recursos del constructor, considerando los beneficios de poder realizar una obra que en las condiciones anteriores a la aparición de éste método constructivo no eran factibles de realizar, se hace un estudio de costos para la construcción del Muro Milán sin tocar a otros conceptos de la obra, por considerarlo de una forma específica dentro de este trabajo; se termina este capítulo haciendo notar la ventaja de considerar al Muro Milán como una estructura que podría cumplir por sí sola dos funciones, la de contención del

**Figura Intro.2**  
**EDIFICIO LA TORRE MAYOR**



**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

empuje del terreno aledaño a una excavación y si se desea integrarla a la cimentación formando parte de un cajón de cimentación, sin que por lo mismo no siempre un Muro Milán sea parte de la cimentación de una estructura.

Por ser en la actualidad la Ingeniería de Sistemas una herramienta poderosa, se inicia el último de los capítulos, el VIII, con un breve recorrido por los programas de informática disponibles, para el apoyo de la realización del método constructivo del Muro Milán, así como su accesibilidad dentro del mercado; la ventaja de poder utilizarlos para llevar un registro rápido de la obra y un control de avance más preciso de la misma, así como la facilidad de poder utilizar tecnología de punta para un buen desempeño del proyecto. Dando por terminada la capitulación de este trabajo de investigación se proporcionan las conclusiones y recomendaciones complementadas con los anexos y la bibliografía que sirvió de apoyo para el desarrollo de este trabajo.

**CAPITULO I**  
**DESCRIPCIÓN GENERAL**  
**DE LA PROBLEMÁTICA**  
**ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO**  
**DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN GENERAL**

### **DE LA PROBLEMÁTICA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Este capítulo trata esencialmente de la problemática que resulta al construir edificios de gran altura en la Ciudad de México debido a la estratigrafía que presenta la ciudad y el tipo de suelo que predomina en ella y también a que muchos de los edificios existentes fueron construidos desde la época de la colonia, motivo por el cual son considerados monumentos históricos y esto hace prácticamente imposible demolerlos.

#### **1.1 ZONIFICACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL**

De acuerdo con la estratigrafía de la Ciudad de México en este capítulo también se trata esencialmente la zonificación que predomina en la Ciudad de México que es la zona lacustre que ocupaba el Lago de Texcoco, debido a que esta zona reviste una mayor importancia por encontrarse densamente poblada y la necesidad que surge de construir edificios de gran altura sin dañar los edificios ya existentes; algunos de estos edificios datan de la época de la colonia y son considerados patrimonio nacional, es por esto que es necesario utilizar el método más adecuado para contener el terreno colindante y así evitar daños permanentes a las edificaciones existentes. Uno de los métodos que por sus características ha demostrado dar un buen resultado es el del Muro Milán. Para comprender mejor la importancia y diversidad que tiene la estratigrafía de la Ciudad de México se explican las siguientes generalidades sobre la historia geológica del Valle de México.

##### **1.1.1 CONSTITUCIÓN INTERNA DE LA TIERRA**

El conocimiento que actualmente se tiene del interior de la Tierra, es el resultado de un gran número de estudios científicos en su mayoría basados en la propagación de las

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

ondas sísmicas a través de los materiales que la conforman. De esta manera ha sido posible determinar su composición y su división en varias capas concéntricas; éstas son:

- Corteza
- Manto
- Núcleo externo
- Núcleo interno

### **A) Derivada de los Continentes.**

Sir Francis Bacon, en 1620, reconoció que existía correspondencia en la forma de las líneas de la costa atlántica de América y las de África. Tomando como base lo anterior, Alfred Wegener desarrolló, en 1912, la teoría de la Derivada Continental, que afirma que los actuales continentes se hallaban agrupados, hace 200 millones de años, formando un super continente llamado Pangea (todas las tierras). Dichos continentes al moverse constantemente sobre un supuesto sustrato viscoso llegaron a ocupar su posición actual.

Posteriormente, con base en la teoría elaborada por Wegener, se desarrolló la teoría de la Tectónica de Placas, que establece que la litosfera, capa de entre 20 y 100 kilómetros de espesor que abarca la corteza y parte del manto, se encuentra dividida formando una plancha rígida de roca sólida, conocidas como placas, las cuales se mueven entre sí con desplazamientos promedio de algunos centímetros por año.

Los límites de las placas no coinciden con los límites de los continentes, ya que una sola placa puede contener porciones de continentes y porciones de océanos.

Los límites o márgenes entre las placas pueden presentar movimientos de tres tipos.

- a) **Divergentes:** En donde las placas se están separando.
- b) **Convergentes:** Donde una de las placas se introduce debajo de otra.

c) **Transformación:** Donde dos placas se mueven entre sí lateralmente.

Por su ubicación geográfica, la República Mexicana se encuentra sujeta a diversos fenómenos naturales que pueden derivar en una situación de desastre; entre estos fenómenos, a los que más expuestos está el territorio nacional es a los sismos, que mantienen a la población en estado de tensión nerviosa tanto por su frecuencia y desconocimiento del momento de ocurrencia como por los desastres que ocasiona.

Entre las principales causas de sismicidad se encuentran las fallas geológicas, así como la acción de las placas continentales. En la Ciudad de México esta situación se hace mayor debido a las desfavorables propiedades del terreno.

### **1.1.2 LA CUENCA LACUSTRE DEL VALLE DE MÉXICO**

Después de haberse plegado los sedimentos marinos del Cretácico, hará unos 50 millones de años, y tras de haber emergido del mar gran parte de México, se inició un período eminentemente volcánico, la era del Terciario. Parece que al levantarse la corteza que bajo nosotros acusa un espesor de 40 o más kilómetros, ésta se fracturó en muchos sitios permitiendo la salida de roca líquida cortical y subcortical a la que se encuentra en la superficie. A esta actividad ígnea efusiva tan abundante se debe en gran parte que las fuerzas erosivas superficiales no pudieran nivelar el paisaje y convertirlo en planicie.

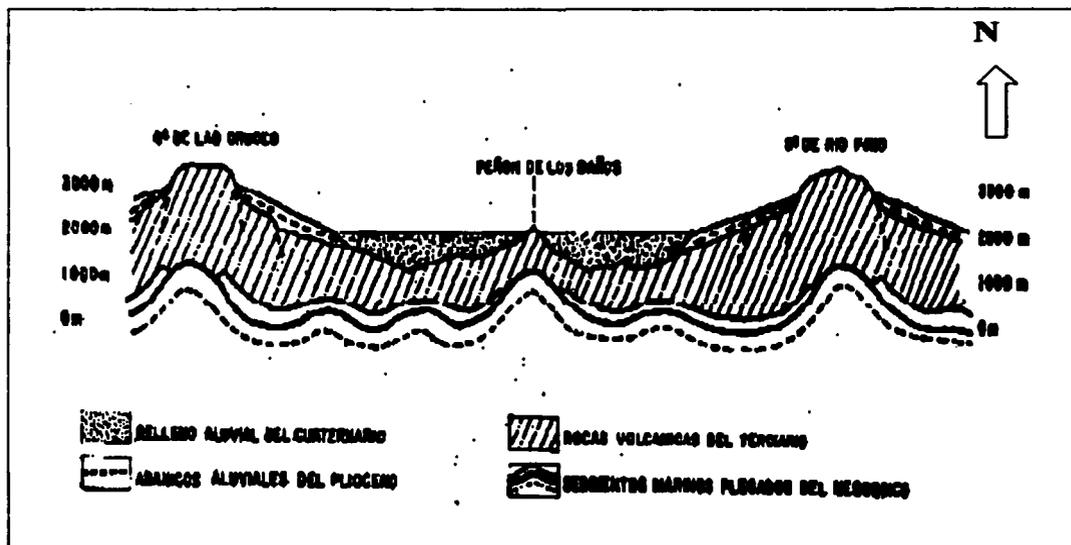
Los volcanes crecían con más rapidez y cubrían sus inmediaciones bajo tantos depósitos lávicos y clásticos, que los ríos no alcanzaban a destruirlos y desalojarlos para arrastrarlos al mar.

Por estas razones se disfruta hoy, en la elevada Ciudad de México y en la gran Cuenca que la rodea de un clima templado y sano; ya que está a 2,240 metros sobre el nivel del mar sobre una cubierta de 1000 metros de espesor, compuesta enteramente de depósitos volcánicos, como se muestra en la figura 1.1 "DEPÓSITOS VOLCÁNICOS QUE FORMAN EL VALLE O CUENCA DE LA CIUDAD DE MÉXICO".

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

A un kilómetro de profundidad bajo la superficie se halla sepultado el basamento calizo; esto se puede constatar al norte de la población de Tula en el estado de Hidalgo y al sur en Amacuzac, en el estado de Morelos donde la cubierta de depósitos volcánicos no existe.

**Figura 1.1**  
**DEPÓSITOS VOLCÁNICOS QUE FORMAN**  
**EL VALLE O CUENCA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

En el área de la Cuenca de México y en los valles que se unen al este y oeste, el del estado de Puebla y el estado de México, la actividad volcánica fue especialmente intensa por todo el Terciario y parece que hoy en el Cuaternario, en vez de calmarse está incrementándose. Como consecuencia de ello esta región se ha convertido en la cumbre de la parte central de México.

Los grandes volcanes, el Nevado de Toluca, el Popocatepeti, el Iztaccihuatl y la Malinche, con sus rasgos juveniles y sus alturas extraordinarias que se yerguen hasta los oliglaciales, son testigos de la gran actividad ignea efusiva que en el Cuaternario prevalece.

No cabe duda que volcanes tan gigantescos únicamente pueden formarse en sitios donde la corteza terrestre está intensa y profundamente fracturada, y efectivamente, si se analiza la actividad volcánica en la Cuenca de México en el transcurso de los tiempos, se llega a la conclusión de que dos grandes fajas de fracturamiento profundo la cortan a través de su extensión. Una menor en el sur, formando su borde meridional y otra más ancha ocupando un espacio extenso en el norte. Es al tectonismo y vulcanismo a estas dos fajas o alineamientos, es que la Cuenca de México debe su extraordinaria formación. Dichos alineamientos, para poder romper la corteza continental tan gruesa, deben ser naturalmente de grandes dimensiones.

Así el del sur, forma parte de la línea de Humboldt que, como hoy se sabe, no solamente atraviesa todo México desde las playas del Golfo hasta la costa del Pacifico, sino que se extiende más de 1000 kilómetros hacia el interior del espacio oceánico rompiendo también en él la corteza submarina.

El otro alineamiento, que recibe el nombre de lago de Chapala-Acambay, y que además se caracteriza por numerosos conos volcánicos y por violentos y repetidos temblores superficiales, parece representar un ramal del gran fracturamiento del mar de Cortés, que se introduce al Continente en el Estado de Nayarit y corta la corteza de México siguiendo un arco, pasando por el lago de Chapala, continuando en la región del Cofre de Perote y terminando en el litoral al norte de Veracruz.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

Cabe describir aquí, aunque someramente, la estructura y actividad de estos grandes alineamientos, ya que contienen el factor decisivo de la formación de la Cuenca de México. Son zonas de fracturamiento cortical, que como todo, nacen, se desarrollan y por fin se extinguen, con un ciclo de vida de algunos millones o decenas de millones de años. Al comienzo entran en actividad ciertas porciones del manto terrestre superior, inmediatamente debajo de la corteza. En seguida y por su expansión se inyectan lavas al interior de la corteza. Esta va subiendo lentamente hasta alcanzar la proximidad de la superficie. Aquí crean áreas de hinchamiento, semejantes a los tumores de origen infeccioso en la piel de un organismo.

El siguiente paso consiste en las erupciones volcánicas y la subsecuente desaparición del tumor por la efusión de las masas ígneas subterráneas que lo habían formado.

Cuando este proceso, descrito en sus distintos pasos, se ha verificado a lo largo de una faja alargada con suficiente frecuencia, es claro que por ello se logra un fracturamiento perfecto de la corteza en todo su espesor. Por consiguiente, es posible que después de cierto tiempo de actividad volcánica puedan efectuarse, además de los movimientos verticales, movimientos horizontales a lo largo de la zona fracturada. Una característica de las zonas de fracturamiento así formadas es su tendencia a ampliarse, abarcando lateralmente más y más fragmentos de la corteza, por lo que al fin se presentan como un conjunto de bloques de la corteza terrestre en distintos estados de hundimiento.

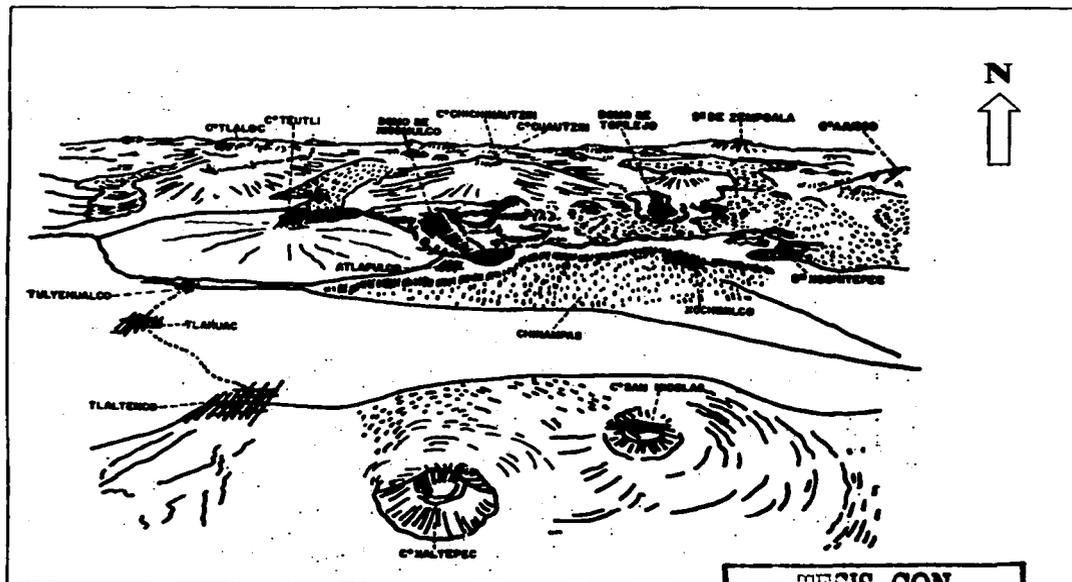
Estos bloques se mueven y se anexan, formando en su conjunto una zona de hundimiento escalonado, a medida que las masas lávicas de las profundidades son exprimidas, produciendo hileras de volcanes sobre las fracturas que separan los distintos bloques.

La zona de fracturamiento, que forma el borde sur de la Cuenca de México y que está representada por la Sierra del Chichinautzin, tiene geológicamente hablando aspecto de gran juventud; tendrá apenas un millón de años. Aún está en pleno desarrollo y tiene un

ancho de unos 20 kilómetros. Figura 1.2 "FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA SIERRA DEL CHICHINAUTZIN".

Tres bloques, que se hunden lentamente, cada uno con un ancho de 7 kilómetros. Aunque sepultados por inmensas masas de lava, los límites respectivos se reconocen hasta cierto grado por el gran número de conos cineríticos alineados sobre ellos, los cuales se muestran en la Figura 1.3 "HUNDIMIENTO DE LOS BLOQUES DE LA CORTEZA TERRESTRE".

Figura 1.2  
FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA SIERRA DEL CHICHINAUTZIN.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

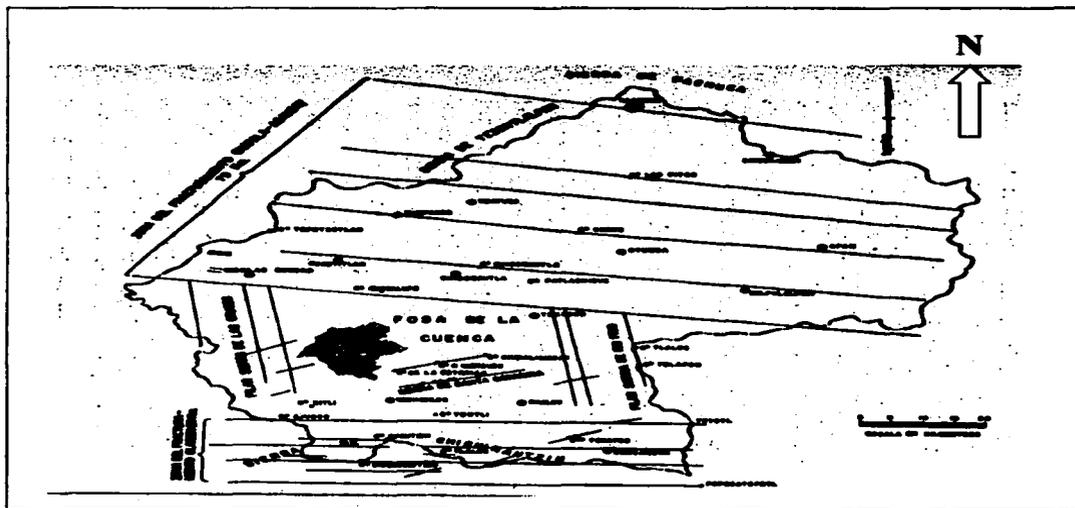
**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Es probable que el alineamiento Humboldt (geólogo alemán) ejecute movimientos laterales (deslizantes) en el sentido contrario a las manecillas del reloj, por estar ya intensamente fracturada la corteza dentro del área que ocupa.

Se deduce esto del hecho de que fracturamientos secundarios se desprenden de la zona principal, dirigidos todos de suroeste a noroeste. En la Cuenca de México, la Sierra de Santa Catarina sigue este alineamiento con su hilera de conos. También los valles de las lomas al oeste de la Ciudad de México obedecen a este sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 1.3  
HUNDIMIENTO DE LOS BLOQUES  
DE LA CORTEZA TERRESTRE**



La zona de fracturamiento que se extiende en la parte septentrional de la Cuenca de México es más ancha. Los inicios de su actividad volcánica y tectónica deben situarse en el Terciario Medio, hará unos 20 millones de años o más, a juzgar por sus más antiguos aparatos volcánicos.

Hoy mide, desde el escarpamiento de la Ciudad de Pachuca, en el norte, hasta la Sierra de Guadalupe en el sur unos 60 kilómetros de ancho.

En este espacio se encuentran varios bloques en distintos grados de hundimiento. Sus movimientos siguen generando volcanes hasta la fecha, como lo atestigua el Cerro de Chiconautla y la multitud de conos cineríticos juveniles en sus alrededores y en la región de Apam.

Es probable también que esta zona de fracturamiento ejecute movimientos horizontales en el sentido de las manecillas del reloj. Al sur suroeste parten de ella fracturamientos tensionales secundarios, a los que se deben las grandes efusiones terciarias que formaron la Sierra de las Cruces y la Sierra de Río Frio, que limitan la Cuenca del Valle de México al oeste y este respectivamente.

Resumiendo lo expuesto, entre ambas zonas de fracturamiento se puede subdividir el espacio ocupado por la Cuenca del valle de México en tres zonas: la del fracturamiento de Humboldt en el sur, actualmente con gran actividad volcánica, la del fracturamiento Chapala Acambay en el norte con menor actividad volcánica; y en el centro, la zona comprendida entre ambos fracturamientos, donde la actividad tectónica y volcánica es muy reducida y se restringe a fracturamientos tensionales secundarios y a la aparición de pocos volcanes.

Después de una actividad volcánica general y dispersa, a través de todo el espacio de lo que hoy es la Cuenca del valle de México, se acentuó en el Terciario Medio un fracturamiento en la zona septentrional: la zona Chapala-Acambay. Esta fué produciendo, a medida que se ampliaba y que se hundían sus bloques, numerosos volcanes como los de la región Pachuca, el de Tepoztlán y el de Guadalupe.

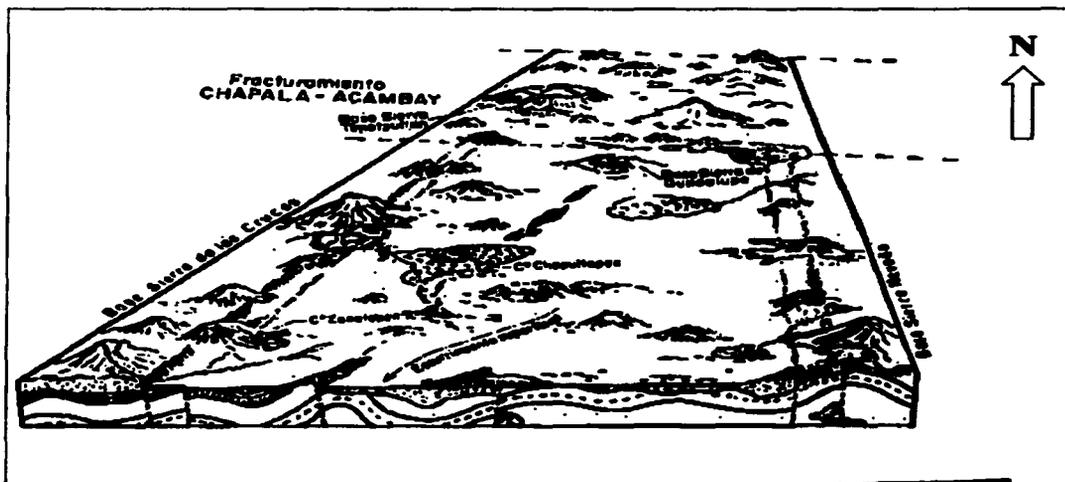
**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Por sus fracturamientos tensionales dirigidos al sur sureste surgieron lavas que fueron formando los volcanes de la Sierra de las Cruces y de la Sierra de Río Frio.

La integración de estos volcanes también parece estar ligada al hundimiento lento de la cuenca central que en seguida, por el desnivel creado entre fosas y pilares, produjo abanicos aluviales a sus pies.

Estos abanicos aluviales constituyen la formación Tarango con sus minas de arena y sus numerosos horizontes de lajares pumíticos. Desde entonces se fueron formando los grandes valles que desembocan al sur, el sistema hidrológico del Río Balsas.

**Figura 1.4**  
**VOLCANES QUE FORMARON LA SIERRA DE LAS CRUCES**

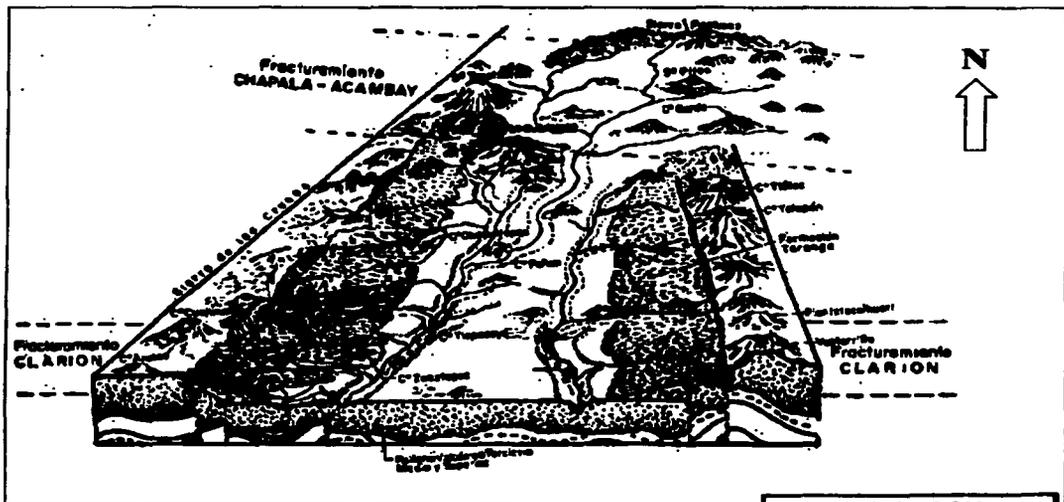


**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

En cierto momento, en el Terciario Superior, comenzó a formarse el fracturamiento Humboldt, (fracturamiento Clarión, o Eje volcánico). Nacen los volcanes del Ajusco, del Iztaccihuatl y del Popocatepetl, y por fin se produce, ya en pleno Cuaternario, la extraordinaria efusión de lavas en la Sierra del Chichinautzin.

Así se forma un embalse por el antiguo espacio en el que corrían los ríos que iban al sur y se produce la cuenca cerrada del valle de México. Este cierre ocurrió en el último millón de años y fue contemporáneo de las grandes glaciaciones.

**Figura 1.5**  
**SISTEMA HIDROLÓGICO DEL RIO BALSAS**



**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

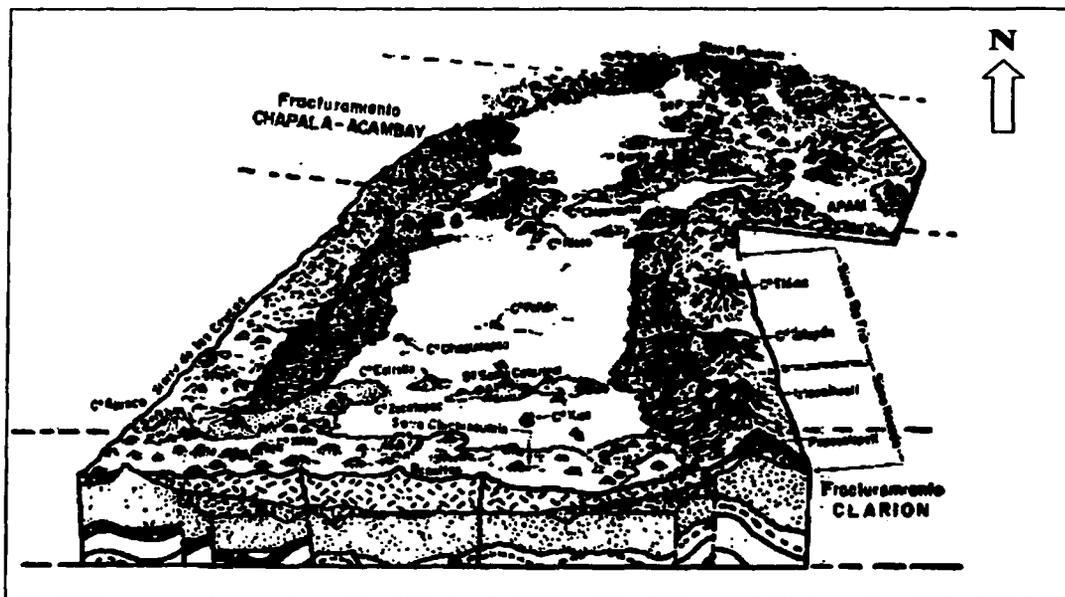
Solamente por la presencia de lluvias abundantes, combinadas con frecuentes erupciones de cenizas que dañaban o destruían la vegetación, puede explicarse que la Cuenca de México se haya relleno tan rápidamente con acarros. Su relleno en

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

ciertas partes, por ejemplo debajo de Xochimilco y Chalco, mide casi 800 metros de espesor.

Los rellenos superficiales, sobre todo los últimos 50 metros de la cuenca central, son de origen lacustre y consisten en arcillas altamente hidratadas. Ellas son la causa de los hundimientos en la Ciudad de México, pues al bajar la presión hidrostática a consecuencia de la extracción de agua, pierden volumen.

**Figura 1.6**  
**FORMACION GEOLÓGICA DE LA SIERRA DEL CHICHINAUTZIN**



La Cuenca del valle de México debe su origen a la integración de dos grandes zonas de fracturamiento. La zona que primero se formó, creó las planicies y los volcanes antiguos y jóvenes en el norte de la Cuenca. Después la abundante emisión de lavas a través de la nueva zona de fracturamiento convirtió el antiguo espacio por donde corrían dos valles en una enorme doble presa con una cortina de basaltos. Esta presa se azolvó en el último millón de años, dejando algunos lagos someros, remanentes de una época más fría.

Esto da origen a que el Distrito Federal se divida en tres zonas con las siguientes características generales de acuerdo al Reglamento de Construcciones 1993 vigente.

Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena.

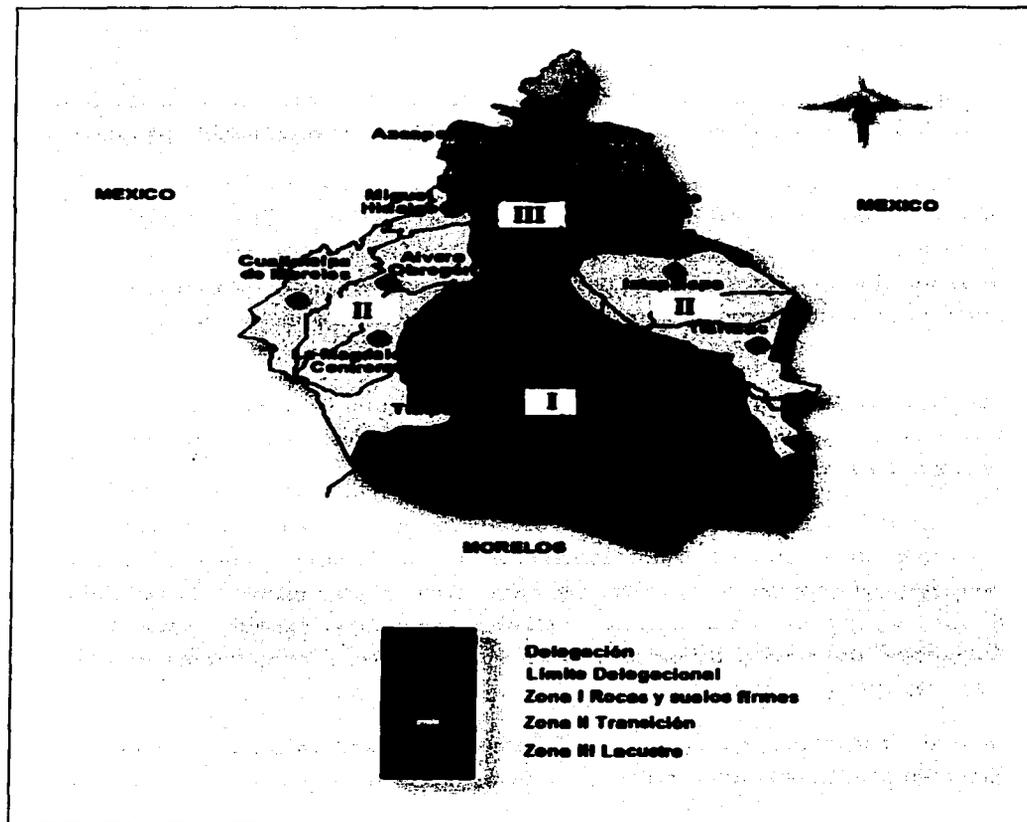
Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

La zona a que corresponda un predio se determinará a partir de las investigaciones que se realicen en el subsuelo del predio objeto de estudio, tal y como lo establezcan todas

Figura I

MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO POR  
DELEGACIONES POLÍTICAS



las Normas Técnicas Complementarias y el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 vigente, en el momento de realizar el estudio de mecánica de suelos correspondiente.

En la anterior página, en la Figura 1.7 "MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO POR DELEGACIONES POLÍTICAS", se muestra cómo está clasificada geológicamente la Ciudad de México de acuerdo a delegaciones políticas: con un punto rojo nos indica la delegación de la que se trata; la línea azul nos indica el límite de la delegación y en color verde aquella en las que predominan las rocas ígneas intrusivas y la era geológica en que se formó, el color amarillo nos indica que son rocas ígneas extrusivas y el color verde limón nos indica la zona de lo que fue el lago de Texcoco.

## **1.2 RESULTADO INESTABLE DE LAS ESTRUCTURAS AL CIMENTARLAS SOBRE ARCILLAS SATURADAS DE AGUA**

El diseño de las cimentaciones en la zona lacustre de la Ciudad de México presenta dificultades superiores a las usuales en otras ciudades. En efecto, es necesario tomar en cuenta los requerimientos siguientes:

- a) La baja resistencia al esfuerzo cortante de las arcillas.
- b) Alta compresibilidad que obliga a limitar las presiones aplicadas al terreno a valores aún más pequeños que los aceptables desde el punto de vista de la resistencia, para evitar asentamientos totales y diferenciales excesivos.
- c) La existencia de hundimiento regional que provoca la emersión de las cimentaciones apoyadas en estratos resistentes profundos y la sobre carga de sus pilotes o pilas por fricción negativa.
- d) La frecuencia e intensidad de los sismos que se presentan en el valle de la Ciudad de México.

Los requerimientos impuestos por las condiciones anteriores hacen que se recurra a una gran variedad de tipos de cimientos, dependiendo de las características de la edificación, que van desde cimentaciones superficiales sobre zapatas, losas continuas o cajones, hasta cimentaciones profundas sobre pilotes de punta, de fricción o con sistemas especiales que permiten controlar los asentamientos o emersiones de las cimentaciones. Los efectos de la construcción de cimentaciones produce siempre un cambio en el estado de esfuerzos del suelo tanto bajo el fondo de la excavación como en sus lados, ocasionando con ellos deformaciones de la masa de suelo que generalmente se traducen en asentamientos del área vecina a la excavación, motivo por el cual es conveniente en muchas ocasiones realizar esta excavación con un procedimiento constructivo adecuado como podría ser el del Muro Milán.

### **1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.**

Las cimentaciones superficiales de construcciones ligeras sobre zapatas aisladas o corridas, tienen en general un buen comportamiento durante los sismos; en ocasiones solamente se presentan asentamientos en cimientos superficiales de construcción pobre o apoyada en rellenos sueltos mal compactados.

Sin embargo, son numerosos los casos de asentamientos inducidos en cimentaciones superficiales por construcciones pesadas vecinas; en general este tipo de asentamientos se presenta en condiciones estáticas y se acentúan notablemente durante los sismos.

Las cimentaciones sobre losas continuas presentan en algunos casos asentamientos totales y diferenciales muy significativos que conducen a desplomes importantes de las construcciones. Presión de contacto excesiva que, aún en condiciones estáticas, conducía a asentamientos excesivos y a un factor de seguridad escaso contra falla de corte. Al respecto conviene recordar que el reglamento de construcciones vigente en los años de 1940 autorizaba una presión de contacto de  $5 \text{ t/m}^2$  valor que ahora se considera inaceptable.

Cimentaciones compensadas, son aquéllas en las que se busca minimizar el incremento neto de carga aplicado al suelo mediante un cajón de cimentación desplantado a cierta profundidad, procurando que el peso desplazado con la excavación, sea sustituido con el de la estructura que se construye en su lugar.

Se busca en particular que la presión inducida en el suelo a cualquier profundidad no rebase la presión de preconsolidación.

Según que el incremento de carga en el contacto del suelo con la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina parcialmente compensada, compensada o sobre compensada respectivamente.

Los casos de mal comportamiento de cimentaciones de este tipo se deben en general a circunstancias previas al sismo análogas a las de las cimentaciones superficiales y en particular, a incrementos netos excesivos de presión de contacto al nivel de la losa de cimentación.

El comportamiento de las cimentaciones sobre pilotes de punta apoyados en la primera o segunda capa resistente es aparentemente adecuado en la mayor parte de los casos.

La vulnerabilidad estructural de los pilotes frente a las acciones sísmicas se ve además frecuentemente incrementada por la emersión que se presenta a consecuencia del hundimiento regional, este fenómeno deja la parte superior de los pilotes, e inclusive a la zona de contratraves sin confinamiento.

### **1.3 EXCAVACIONES PROFUNDAS EN LA ZONA LACUSTRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Debido a la gran sobrepoblación con que cuenta la Ciudad de México, la gran cantidad de edificios que han sido construidos desde la época colonial hasta estos tiempos y la necesidad que existe de construir edificios cada vez de mayor altura, para dar servicio a la creciente demanda de espacios para oficinas y negocios sobre todo en la zona centro

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

de la Ciudad de México, es necesaria la utilización de un método constructivo en las excavaciones profundas que permita la realización de éstas sin que se afecten las colindancias; una opción y que a diferencia de otras admite la realización de excavaciones profundas que no pongan en peligro las construcciones colindantes por falla en la estabilidad de taludes, es la utilización del Muro Milán también conocido como muro colado en sitio. A continuación se hace una breve descripción de cómo se lleva a cabo este tipo de excavaciones.

Dado que la cimentación tiene colindancias que no deben dañarse, será necesario que la excavación se efectué entre estructuras de contención.

Para elegir la estructura de contención más apropiada debe tenerse presente que no pueden admitirse movimientos excesivos ni filtraciones hacia la excavación que abatan parcialmente el nivel freático exterior, por lo que la estructura deberá tener cierta rigidez e impermeabilidad.

Este tipo de excavaciones se realiza de tal forma que abarque la totalidad del predio disponible o adyacente a estructuras existentes lo cual implica que, al efectuar la excavación, ésta deba realizarse verticalmente, requiriendo de un ademe o atagüa.

Por lo general estos ademes son de madera, de acero o una combinación de elementos de madera y acero o de concreto armado Muros Colados en Sitio.

El procedimiento que se sigue en el caso de atagüas de madera, concreto (piezas prefabricadas) y acero es, en general el siguiente.

En primer lugar, se procede al hincado de la atagüa siguiendo el contorno de la excavación a efectuar hasta una profundidad mayor del fondo de la misma; tan pronto la excavación va avanzando se van colocando contra la atagüa puntales de acero apoyados en largueros longitudinales llamados "Madrinas" como se muestra en la figura 1.8 "LAS SECCIONES DE ADEME EN EXCAVACIONES". El proceso continúa hasta que la excavación llega al nivel de desplante.

El procedimiento constructivo del Muro Milán consiste en colar primero los muros perimetrales de la cimentación dentro de zanjas excavadas con una grúa dotada con un cucharón de almeja provisto de una barra guía, estabilizando la zanja con lodo bentonítico y colando el concreto dentro de la zanja con una trompa de colado, previa colocación del acero de refuerzo; el concreto de alto revenimiento desaloja al lodo bentonítico y se forman así los muros que en algunos casos forma parte de la cimentación de la estructura por construir. La longitud de los tableros es generalmente de 5 a 6 metros y la profundidad debe ser tal, que quede aproximadamente entre 1.50 y 2.50 metros por debajo del desplante de la excavación.

Una vez fraguados los Muros Milán, se procede a excavar el prisma de tierra comprendido entre ellos por medios mecánicos, apuntalando los muros con troqueles conforme avanza la excavación para evitar su inclinación o su colapso.

Cuando el ancho de la excavación es demasiado grande para permitir el uso de troqueles entre las paredes, el procedimiento que se sigue usualmente es excavar la parte central del área hasta su profundidad de desplante y colar la parte de cimentación correspondiente, de tal forma que la parte construida sirva como elemento de soporte para los troqueles. Como en el caso de La Torre Mayor, que se hicieron tres secciones de excavación divididas por dos muros de tablaestacas, colocadas en su lugar en zanjas estabilizadas con lodo bentonítico, para que de éstas se apoyen los troqueles conforme vaya avanzando la excavación. Cabe aclarar que estas tablaestacas fueron demolidas al final.

La magnitud y distribución de los empujes depende no solo de las propiedades del suelo, sino también de las restricciones que el elemento de soporte imponga a la deformación del propio suelo y de la flexibilidad de la estructura de contención en general.

Conforme la excavación avanza, la rigidez proporcionada por los troqueles ya colocados, impide desplazamiento del suelo en las zonas próximas a los apoyos de los troqueles.

**Figura 1.8  
LAS SECCIONES DE ADEME  
EN EXCAVACIONES**



Por otra parte, bajo el efecto del empuje de tierras, el ademe en zonas inferiores gira hacia adentro de la excavación, de manera que la colocación de los troqueles en esas zonas va precedida de un desplazamiento del suelo que será mayor, cuanto mayor sea la profundidad de excavación.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Este tipo de deformación es equivalente, desde el punto de vista de la distribución de presiones, a un giro del elemento de soporte alrededor de su extremo superior.

En estas condiciones de deformación, las teorías clásicas de empuje de tierra no son aplicables y, por tanto, para calcular el empuje en este tipo de estructuras, es necesario recurrir a mediciones efectuadas sobre modelos a escala natural o en obras reales.

Uno de los aspectos que es importante considerar en el estudio de estabilidad de excavaciones además en arcilla, es el de la posible falla de fondo de las mismas.

Se ha observado en multitud de excavaciones profundas realizadas en arcilla blanda sin las debidas precauciones, que al rebasar cierta profundidad, el fondo deja de ser estable, los bufamientos hasta entonces normales se incrementan considerablemente y la arcilla empieza a fluir hacia la excavación tendiendo a cerrarla.

Esto ocasiona que se levante el fondo de la excavación y además, acarrea deformaciones de toda la zona de excavación y asentamientos considerables de sus vecindades en cuestión de poco tiempo.

Las consecuencias que se derivan de ello pueden ser desastrosas si a una distancia de la excavación menor o igual al ancho de la misma, existe cualquier tipo de estructuras.

En general, todos los criterios que existen sobre el análisis de falla por el fondo de la excavación, consideran el problema como un problema equivalente al de capacidad de carga, en el que el material que subyace a la excavación debe tener la resistencia al corte suficiente para soportar los esfuerzos que produce el fondo, y la presión vertical no equilibrada al nivel de la excavación, debido al peso de los bloques de suelo que la limitan a uno y otro lado.

La remoción de tierra durante una excavación produce una descarga de los estratos de suelo que se encuentran bajo el fondo de ésta; tal descarga, si la excavación se realiza sobre materiales arcillosos, se traduce en una expansión de los estratos afectados por

la misma, cuya magnitud depende de las dimensiones del área excavada, de la profundidad, del coeficiente de expansión del suelo y del tiempo que la excavación dure abierta.

El fenómeno de expansión durante la excavación presenta dos etapas: La primera, una expansión relativamente rápida que se verifica a la misma velocidad que el avance de la excavación y que parece ser un fenómeno de tipo elástico y, la segunda, más lenta, que va acompañada por un incremento en el contenido de agua de la arcilla y es un proceso que se prolonga con el tiempo, debido a lo cual, es importante mantener el menor tiempo posible la excavación abierta.

Un factor que contribuye importantemente a controlar las expansiones durante la excavación cuando ésta se realiza bajo el nivel freático, es el abatimiento del mismo, debido a que el bombeo de agua induce al subsuelo una sobrecarga, al cambiar el estado del mismo de sumergido a saturado. Esta sobrecarga contrarresta la descarga que sufre la excavación debido a la remoción del suelo.

Es importante recalcar, que otro de los factores que influyen en el valor de las expansiones es el tiempo que la excavación dure abierta, por lo que es importante que una vez que se llegue a la profundidad de desplante se proceda de inmediato al colado de la losa de cimentación en el mínimo tiempo posible; esto puede disminuir el valor de las expansiones totales.

Cuando la construcción de una cimentación requiere de una excavación bajo el nivel freático, es necesario realizar un abatimiento de dicho nivel por debajo de la profundidad de desplante.

El abatimiento del nivel freático es necesario por las siguientes razones:

- A) Intercepta el flujo de agua que se presenta en taludes y fondo de la excavación manteniendo la excavación seca.
- B) En el caso de excavaciones con taludes, incrementa la estabilidad de éstos, como ya se mencionó anteriormente.

- C) En el caso de excavaciones ademadas, favorece el factor de seguridad contra falla de fondo por las razones expuestas con anterioridad.
- D) En el caso de excavaciones de material arcilloso de alta compresibilidad bajo carga y alta expansibilidad al descargarlos, el abatimiento del nivel freático auxilia el control de las expansiones que se producen durante la excavación. Al disminuir las expansiones a su valor mínimo posible, se garantiza que la resistencia al corte del suelo que subyace a la excavación no disminuya conservando los factores de seguridad que se tienen contra la estabilidad de la excavación.

Finaliza este capítulo para continuar con la "IMPORTANCIA Y PROCEDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN", que se presenta en el Capítulo II, donde se explica el método a seguir para realizar excavaciones profundas utilizando el Muro Milán, resaltando la necesidad de llevar a cabo bien la excavación, ya que de ello depende el éxito del procedimiento constructivo.

**CAPÍTULO II**

**IMPORTANCIA Y PROCEDIMIENTO**

**DE LA EXCAVACIÓN**

## **CAPÍTULO II**

### **IMPORTANCIA Y PROCEDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN**

En este capítulo se lleva a cabo el análisis de la parte fundamental del método constructivo del Muro Milán, debido a la problemática que se presenta en la zona lacustre de la Ciudad de México.

El subsuelo de la Ciudad de México en lo que fué la zona del Lago de Texcoco, conserva características de inestabilidad debido a la presencia de agua; dificulta cualquier maniobra que se quiera hacer ya sea en el subsuelo o por arriba de él; si se trata de hacer una excavación a cielo abierto, inmediatamente fluye agua hacia adentro de la misma; si se construye por encima, la estabilidad de lo que se edifique queda en riesgo, ya que si se baja el nivel de aguas freáticas por medios naturales o por la acción del hombre, es inminente la inclinación o el hundimiento de los edificios.

Es de relevante importancia dentro del procedimiento constructivo del Muro Milán, la ejecución de la excavación de un modo cuidadoso para evitar derrumbes, ya que la misma servirá de molde para el futuro muro y un defecto en la excavación redundará en alteraciones tanto en la estructura del muro como en los costos, un muro excedido en dimensiones hay que demolerlo y volverlo a construir, sumando el costo del material que en la primer ejecución se colocó de más. Si el muro queda inclinado en cualquier dirección y la inclinación es pronunciada, pone en peligro la estabilidad del muro, aparte de los conflictos que se pueden generar con las construcciones vecinas si el muro es de lindero.

En este capítulo se presentan los estudios preliminares a la excavación, resaltando la importancia de hacer intervenir a todos los involucrados en el proyecto, la construcción de la zanja guía, parte inicial donde ya se ve y se da el trazo definitivo que tendrá el muro, la excavación definitiva con el equipo de construcción adecuado, analizando las dragas que sirven para tal función, el lodo de perforación y sus características y

cualidades que sirven para dar estabilidad a la excavación, el control de calidad del lodo, su elaboración y el reciclado del mismo para poderlo utilizar las mas veces posible. Se inicia entonces con los estudios preliminares a la excavación.

## **2.1 ESTUDIOS PRELIMINARES A LA EXCAVACIÓN**

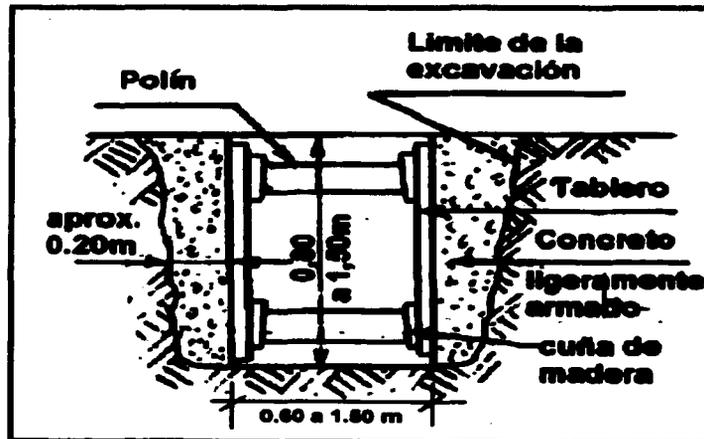
La realización de un muro de las características del Muro Milán, implica un estudio detallado de campo consistente en estudio topográfico, mecánica de suelos, afectación a edificios vecinos, así como de gabinete, mismos que al ser terminados tendrán que ser supervisados por las partes que intervengan en la realización física del proyecto, debido a que ya terminado el muro, es difícil hacer modificaciones y si se agrega el costo en tiempo, equipo de construcción, materiales y otros, el gasto económico resulta mayor. La brigada topográfica deberá entregar el proyecto de trazo y nivelación, el cual incluye las referencias necesarias así como el verificado de bancos de nivel ya que en algunos casos las cotas tienen diferencias.

## **2.2 CONSTRUCCIÓN DE ZANJA GUÍA**

Las zanjas guía también conocidas como brocales constituyen la primera etapa de la excavación, están constituidas por dos pequeños muros separados entre sí por la dimensión que tendrá el Muro Milán en definitiva y van a todo lo largo de la longitud y rumbo que tomará el tramo a construir; tienen entre 80 y 150 centímetros de altura, también sirven de guía a la máquina que llevará a cabo la excavación y proporcionan estabilidad a las paredes de la parte superior de la excavación, ya que sin ellos, ésta parte no tendría forma debido al empuje del suelo y al tránsito del equipo y personal por la zona. Cabe hacer notar que el cambio de nivel en el tirante del lodo en el momento de la excavación produciría erosión en un terreno sin proteger, función que cumple a la perfección el brocal, recubriendo la fase inicial de la excavación y dando estabilidad en toda su longitud a lo que será el Muro Milán definitivo, impidiendo que entre en contacto el lodo de perforación con el terreno natural. Siendo necesario para su construcción el uso de acero de refuerzo, que armado logra la resistencia del brocal y evita fracturas.

Se construyen con concreto hidráulico, normalmente armados con varilla de  $\frac{1}{2}$ " (12.7 milímetros) con 30 centímetros de separación cada varilla y el concreto de 200 kg/cm<sup>2</sup> de f'c ; se apuntalan cada dos o tres metros tanto en la parte superior como en su base para evitar que se inclinen. Los puntales se van retirando a medida que se ejecutan los respectivos entrepaños del Muro Milán, se moldean o se cimbran solo por la parte de afuera y se utiliza el corte de la excavación en el terreno natural como la otra parte del molde, vease Figura II.1 "CORTE TRANSVERSAL DE LA ZANJA GUÍA".

Figura II.1  
"CORTE TRANSVERSAL DE LA ZANJA GUÍA"

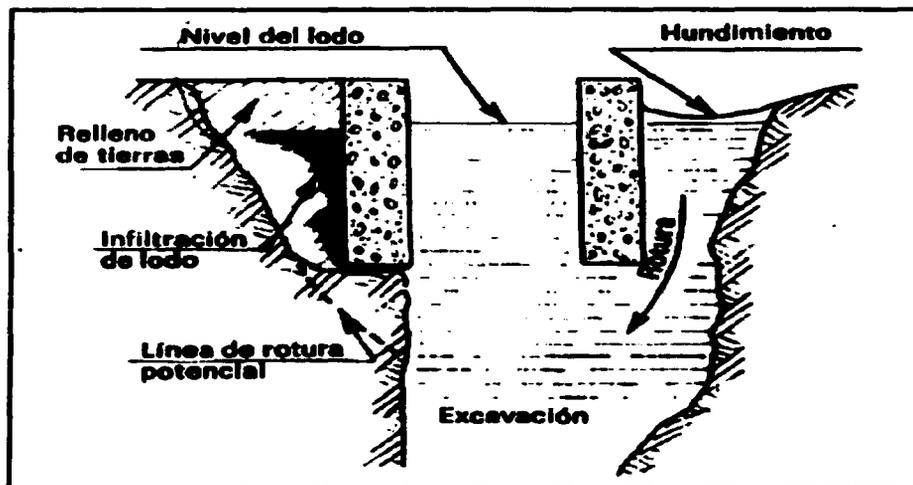


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si el terreno es demasiado blando como en el caso de un relleno reciente, no es conveniente utilizar el terreno como molde ya que el talud del terreno poco consolidado, sería inclinado y se tendrían que utilizar grandes cantidades de concreto para construir

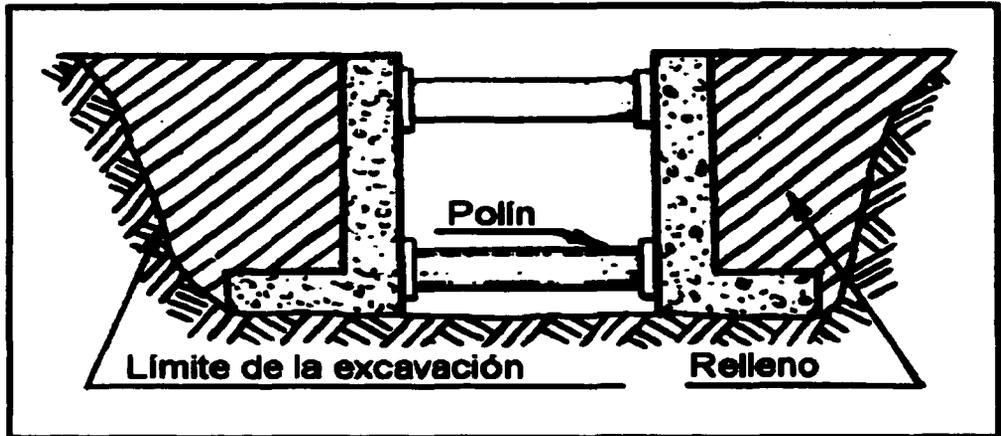
los muros del brocal, siendo la solución en estos casos moldear por ambas caras, colar los muros del brocal, dejarlos fraguar y después rellenar entre el terreno natural y el muro, siendo importante la compactación de este relleno, de lo contrario el lodo de perforación se filtraría por atrás de los muros del brocal y debido a que el nivel del lodo es variable se tendría la presencia de fallas en la estabilidad de la zanja guía. Figura II.2 "POSIBLES FALLAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ZANJA GUÍA".

**FIGURA II.2  
POSIBLES FALLAS EN LA CONSTRUCCIÓN  
DE LA ZANJA GUÍA**



Es necesario llevar a cabo el relleno cuidadosamente, compactándolo por capas sucesivas o bien utilizar un relleno ligeramente estabilizado con cemento. En estos casos se puede dar a los muros del brocal forma de escuadra, lo que dificulta el paso de lodo por abajo del mismo y mejora la estabilidad. Figura II.3 "MUROS DEL BROCAL EN FORMA DE ESCUADRA CON MAYOR ESTABILIDAD".

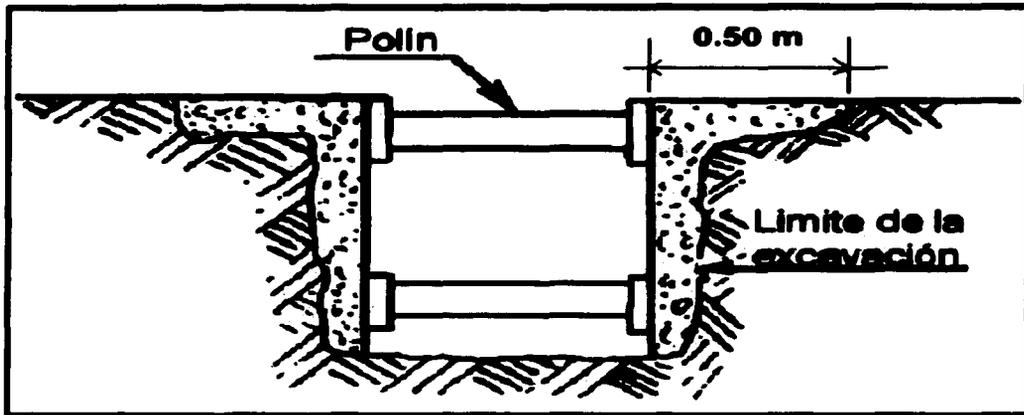
Figura II.3  
MUROS DEL BROCAL EN FORMA DE ESCUADRA  
CON MAYOR ESTABILIDAD



A veces, para mejorar la rigidez longitudinal, se da al muro del brocal la forma de una letra "L" invertida, dando un mejor acabado, mayor resistencia y mayor capacidad de tránsito por la zona; en los dos ejemplos de este trabajo, tanto en el Metro como en La Torre Mayor se utilizó este sistema. Figura II.4 "MURO DEL BROCAL EN FORMA DE "L" INVERTIDA". La parte superior de los brocales constituye los hombros del brocal. En general se hacen de concreto pero esto no quiere decir que no se puedan realizar de otros materiales como tabique, planchas de metal o hasta un mamposteo. Lo importante será en todos los casos que se produzca una buena adherencia con el terreno para evitar los inconvenientes antes mencionados; en el caso del mamposteo se presenta el inconveniente del aumento de la sección.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

FIGURA II.4  
MURO DEL BROCAL EN FORMA DE "L" INVERTIDA



### 2.3 EXCAVACIÓN DEFINITIVA CON EL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN ADECUADO

En el lenguaje coloquial en el campo de la construcción, se ha dado por nombrar a las dragas que son máquinas excavadoras como almejas, mismo término que se utilizará en este trabajo y de acuerdo a la forma de sus valvas se pueden clasificar de la siguiente manera: a) Dragas tipo Almeja con bordes de ataque rectangulares en las valvas y b) Dragas tipo Almeja con bordes de ataque semicirculares en las valvas.

Normalmente las valvas en sus bordes de ataque están provistas de dientes. Los dientes facilitan la penetración en el terreno así como su disgregación y son piezas de desgaste fácil de cambiar. También hay valvas con bordes dentados que a diferencia de las anteriores todo el borde es reemplazable, teniendo la ventaja de que al cerrar las dos valvas se acoplan perfectamente.

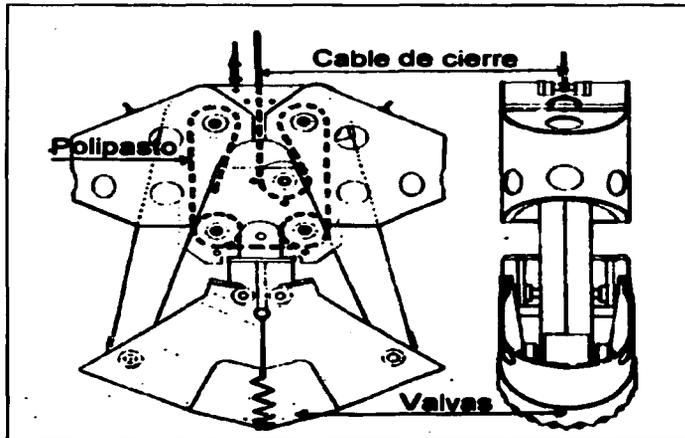
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las almejas con bordes semicirculares se emplean para la ejecución de los extremos circulares de los tableros consiguiendo así la forma más parecida a la de los "tubos junta".

El cerrar de la almeja debe de ser casi hermético porque el contenido debe de escurrir lo menos posible ya que si escurre demasiado el lodo de perforación arrastraría el material de perforación y la almeja se vaciaría. Sin embargo si se hacen pequeños agujeros en las cucharas estratégicamente colocados, permiten que escurra el lodo sin que arrastre el material de excavación.

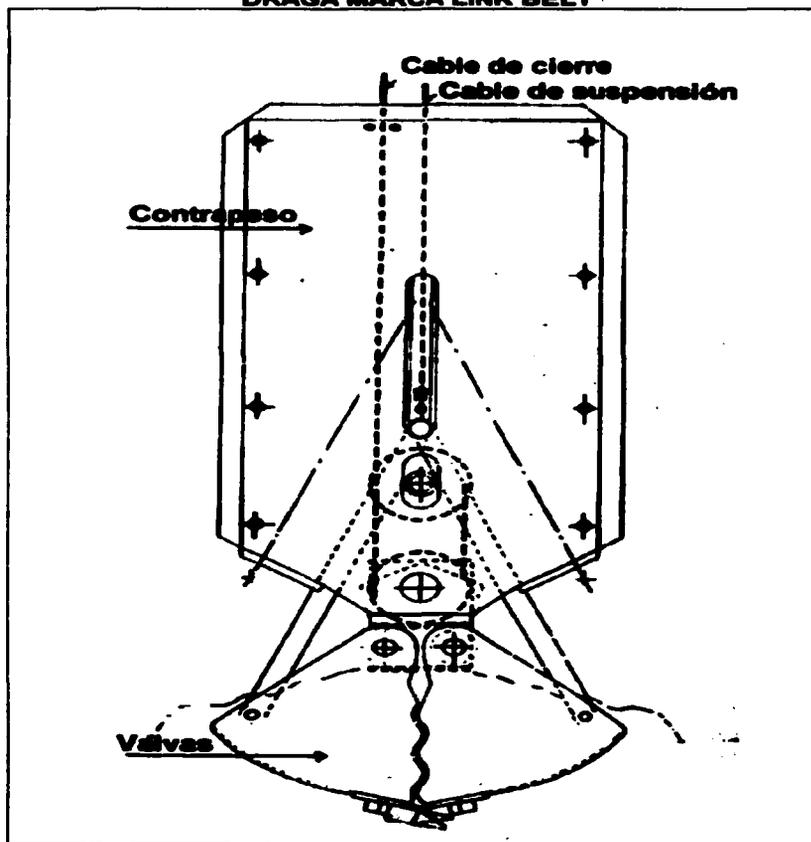
Debido a que es sumamente importante que la excavación sea lo mas vertical posible y reducir el efecto de descender en hélice, originado por la rotación de la cuchara alrededor del cable de suspensión, se han ido sofisticando las máquinas utilizadas en el proceso. Este tipo de máquina normalmente es relativamente pequeña como el caso de la cuchara Benoto que se muestra en la siguiente Figura II.5 "DRAGA TIPO BENOTO".

FIGURA II.5  
DRAGA TIPO BENOTO



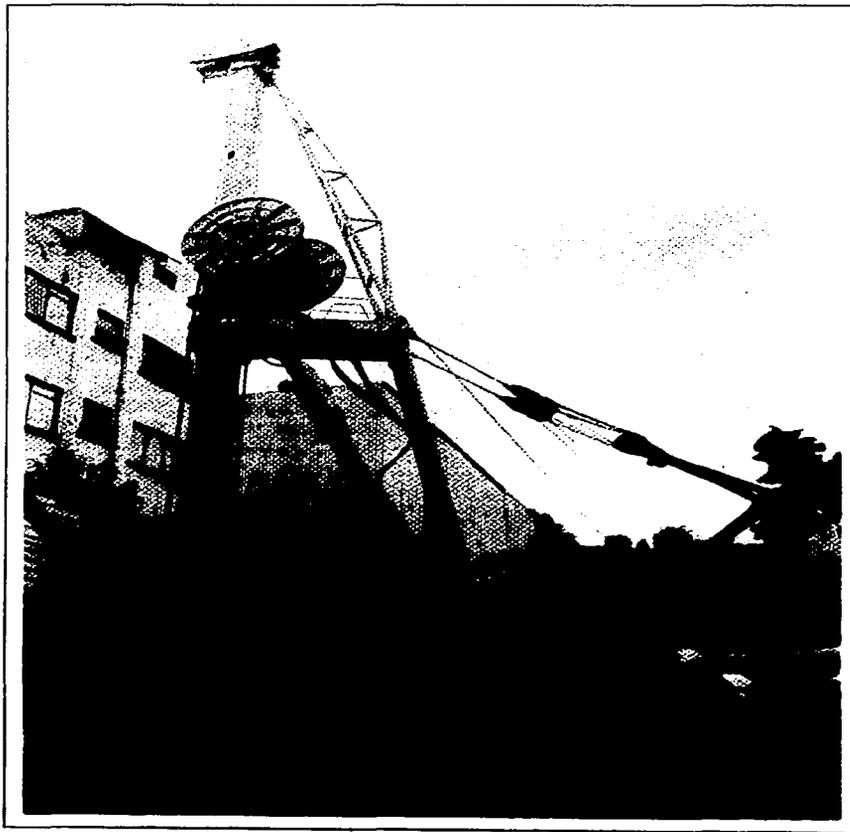
En este momento la casi totalidad de las almejas para este tipo de excavación están provistas de una guía de ancho igual a la de la draga, por lo cual su cuerpo es visiblemente mas grande. Figura II.6 "DRAGA MARCA LINK BELT".

**FIGURA II.6  
DRAGA MARCA LINK BELT**



Con la almeja tipo "Intrafor Cofor" la guía se prolonga con una barra "Kelly" que mejora el guiado vertical. Figura II.7 "DRAGA DE CONTROL VERTICAL".

**FIGURA II.7  
DRAGA DE CONTROL VERTICAL**



**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

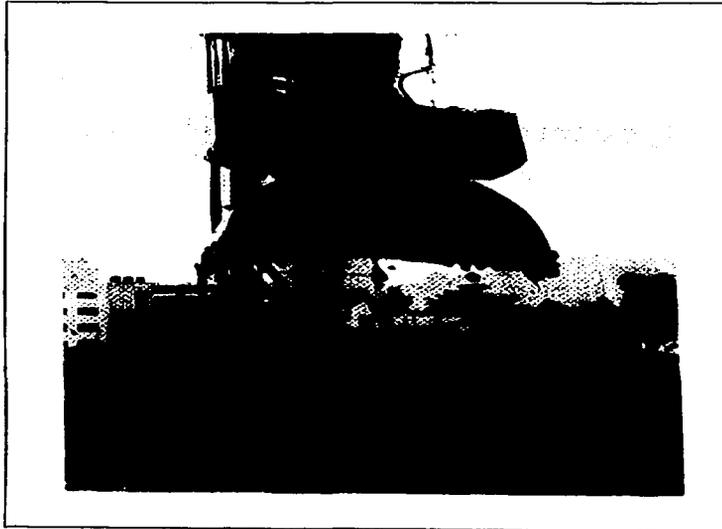
Una solución aparentemente total consiste en fijar la draga rigidamente al extremo de una larga barra guiadora llamada "Kelly"; este nombre se deriva del término americano Kelly-Bar, con que se designaban inicialmente las barras cuadradas de arrastre de las sondas rotatorias de las máquinas perforadoras de pozos. Las barras guiadoras pueden ser tubulares, incluso telescópicas o simplemente formadas por una estructura soldada de ángulos y soleras de acero. Figura II.8 "DRAGA MONTADA EN BARRA KELLY".

**FIGURA II.8  
DRAGA MONTADA EN BARRA KELLY**



De una manera general una buena máquina para excavar las zanjas definitivas en las cuales se vaciará el concreto para formar los Muros Milán debe ser ante todo simple y fuerte. Al ser utilizada como instrumento de ataque tendrá que estar capacitada para soportar los impactos que ha de propinar al terreno para que su funcionamiento sea óptimo ya que tendrá que salir lo más llena posible para que su operación sea rentable, ante lo cuál están provistas de dientes que aumentan la efectividad del ataque. Anteriormente el contacto de lodos, tierra y en general agentes abrasivos con cables, poleas y elementos mecánicos de las máquinas, hacía menos durables las piezas y se tenía que dar mantenimiento correctivo con frecuencia. Figura II.9 "DRAGA CON VALVAS DENTADAS".

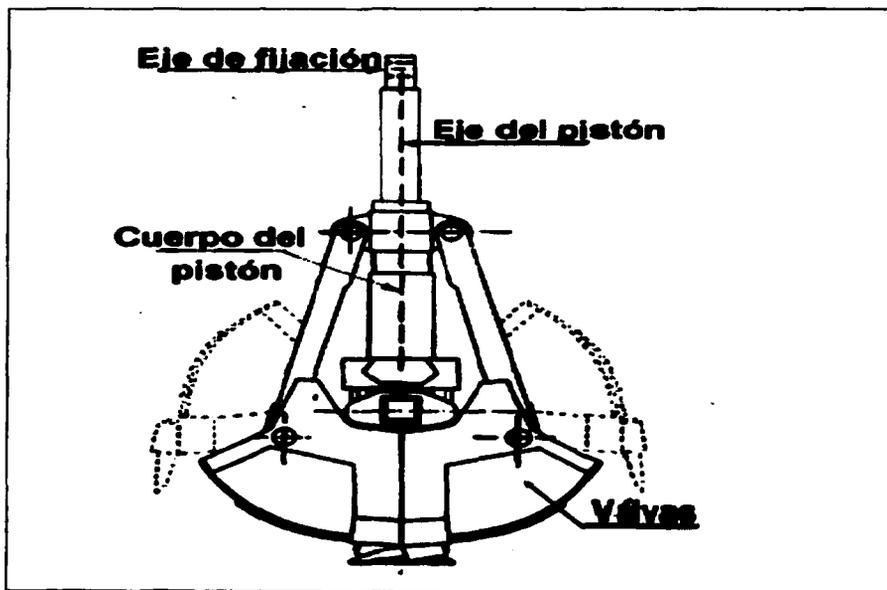
**FIGURA II.9  
DRAGA CON VALVAS DENTADAS**



### 2.3.1 DRAGA TIPO ALMEJA ACCIONADA HIDRÁULICAMENTE

En la actualidad hay dragas con mando hidráulico el cual da menos problemas ya que el pistón hidráulico resiste mejor el trabajo bajo los lodos que un sistema mecánico. En la diversidad de almejas guiadas hidráulicamente por lo regular sus valvas son accionadas por dos pistones (uno por cuchara) o bien por uno solo que actúa sobre las cucharas a través de grandes bielas como la draga marca Poclain de la siguiente Figura II.10 "DRAGA MARCA POCLAIN"

Figura II.10  
DRAGA MARCA POCLAIN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La draga tipo almeja accionada hidráulicamente se adapta favorablemente al sistema Kelly de guiado; los tubos y mangueras hidráulicas que alimentan a los pistones van alojados dentro de conductos rígidos fijos sobre la barra guía, sin que tenga que descender a la zanja llena de lodo ninguna manguera flexible. Y para evitar el enrollamiento de mangueras, se adapta un sistema simple de bucle flexible cuyo extremo se fija en la máquina a media altura del recorrido del Kelly igual al del cable de mando de los ascensores de los edificios.

### **2.3.2 DRAGA TIPO ALMEJA ACCIONADA HIDROELÉCTRICAMENTE**

Existen dragas hidroeléctricas pero su uso es menor debido a que la detección de una fuga de aceite es inmediata, pero la de un corto circuito o un falso contacto puede requerir un cierto tiempo y sobre todo mano de obra calificada que no siempre existe en las obras. Entre las dragas hidroeléctricas vale la pena citar la cuchara Fehiman, que tiene unas placas guías que se apoyan contra el terreno y se anclan mediante pistones auxiliares. De esta manera, la cuchara puede quedar bloqueada en el fondo de la zanja durante la operación de cierre de las mandíbulas de la draga, lo cual aumenta su eficiencia.

Las dragas hidráulicas y las hidroeléctricas permiten lograr grandes esfuerzos de cierre sin que sea necesario para ello aumentar el peso del equipo de construcción y por lo mismo es posible utilizar elementos portantes o tractores de menor potencia, lo que redundaría en la reducción de costos tanto en la adquisición de equipos como en los gastos de operación.

Por lo general el equipo de excavación es conveniente escogerlo de tal manera que pueda ser utilizado como barreno en caída libre con la misma draga o bien utilizar un equipo especial si el terreno es particularmente duro, cosa que en la zona lacustre de la Ciudad de México no sucede. Otra característica con la que se deberá contar, es la potencia suficiente para arrancar la draga, ya que por la adherencia ésta se puede quedar prácticamente atorada en el lodo viscoso, al formarse vacío o en algún obstáculo ocasional.

## **2.4 LODO DE PERFORACIÓN**

El lodo de perforación es básicamente una suspensión acuosa de una arcilla especial llamada bentonita. La bentonita recibe su nombre del yacimiento de Fort Benton Wyoming, Estados Unidos de Norte América. Es una arcilla que presenta propiedades especiales, mezclada con el agua permite obtener suspensiones coloidales muy estables sin necesidad de agregar mucha arcilla a la mezcla.

Las bentonitas utilizadas para la excavación en ocasiones son tratadas químicamente para acentuar sus características obteniendo las siguientes propiedades:

### **2.4.1 ESTABILIDAD DEL LODO BENTONÍTICO**

Ser una mezcla estable, la cual no se decanta o asienta la arcilla en tiempos prolongados de reposo.

### **2.4.2 PROPIEDAD IMPERMEABILIZANTE DEL LODO BENTONÍTICO**

La capacidad de formar una película muy delgada e impermeable al entrar en contacto con una superficie porosa.

### **2.4.3 PROPIEDAD TRIXOTRÓPICA DEL LODO BENTONÍTICO**

Característica que permite al lodo tener las cualidades de una gelatina en estado de reposo y de un líquido si a éste se le agita y de nuevo a gelatina si este es dejado nuevamente en reposo. Dicha propiedad es debida a que las partículas de la arcilla tienden a orientarse y formar una cierta estructura similar a la de un castillo de naipes, la cual se destruye por el movimiento y se vuelve a formar en reposo.

En general el lodo estabilizador es una suspensión uniforme de bentonita sódica en agua; tiene la característica de ser más denso que el agua y por lo mismo el empuje hidrostático que ejerce sobre las paredes de la excavación es mayor que el del agua contenida en el suelo saturado. El lodo se vacía en el interior de los tableros excavados

hasta alcanzar un nivel superior al nivel freático (altura máxima que alcanza el agua dentro del suelo arcilloso de la zona lacustre de la Ciudad de México), con el objeto de generar una variación de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables. La variación además produce filtraciones de lodo hacia el interior de las paredes, por lo que hay que controlar la proporción agua-coloides, con el objeto de que dicha filtración sea mínima. Al producirse la penetración se va formando en la frontera lodo-suelo, una película de pequeño espesor de moléculas de lodo que constituye una membrana impermeable y resistente, esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

Con una buena bentonita es suficiente en general para obtener un lodo excelente, preparar mezclas al cinco o al seis por ciento; la naturaleza del agua así como ciertos tipos de terreno pueden influir en la dosificación a utilizar

El lodo tiene la capacidad de aceptar que se le añada un material inerte de mas densidad sin sedimentos como puede ser la barita, elemento que permite lograr un lodo de mayor densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones o sobre cargas que imponen en las paredes de la excavación esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su propio peso.

Después de un tiempo de estar trabajando con el lodo, éste se contamina con partículas de arena provenientes del terreno, es conveniente entonces realizar un desarenado o bien sustituir el lodo. El desarenado puede hacerse utilizando una criba vibratoria si es que la arena no es demasiado fina o bien tener grandes charolas de decantación, pero hay el inconveniente de que si el lodo es demasiado espeso la arena ya no se decanta. De todos modos la utilización de máquinas mas precisas y menos variables hace que el lodo ya casi no se contamine y pueda ser recuperado y vuelto a utilizar.

Una vez que se ha aislado el tramo de zanja por construir, se procederá a la excavación de las zanjas hasta el nivel de desplante de los muros manteniendo siempre el nivel de lodo a ochenta centímetros abajo del borde superior de los brocales. La excavación

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

deberá hacerse con equipo de construcción cuya herramienta de corte sea guiada como ya se había dicho, con el objeto de ofrecer garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja y que permita alcanzar sin problemas la profundidad del muro indicada en el proyecto.

Durante la excavación hay que cuidar que la herramienta de corte deslice con suavidad, sin choques, sin chicotazos, hincarla sin dejarla que tope contra las paredes de la zanja, para evitar desprendimientos o caídos; meterla y sacarla sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo, cortar firmemente la arcilla del estrato lacustre de la Ciudad de México, penetrando la herramienta a presión sin sacudir ni arrancar de golpe.

Las excavaciones de las zanjas se han de realizar en forma alternada, es decir no habrán de excavar tableros contiguos en forma simultanea, asimismo no se realizará ningún tablero hasta que el concreto del tablero aledaño haya alcanzado su fraguado inicial. Es preciso comentar que la longitud de las zanjas excavadas que alojarán los muros así como la profundidad, se darán de acuerdo a las necesidades del proyecto.

### **2.5 CONTROL DE CALIDAD EN LODOS BENTONÍTICOS**

Durante la excavación es conveniente llevar a cabo un control de las propiedades del lodo de perforación; este control consistirá en efectuar las pruebas necesarias para confirmar que dichas propiedades cumplan con los límites especificados. Hay que hacer cuando menos dos pruebas del lodo por cada tablero, la primera al vaciar el lodo en la zanja antes de iniciar la excavación y la segunda inmediatamente antes de introducir el acero de refuerzo.

El lodo de perforación que no cumpla con las propiedades, hay que sustituirlo con otro que si las cumpla, un lodo que por primera vez se utilice en la zanja habrá de cumplir con un periodo de reposo después de haber sido preparado de por lo menos ocho horas, para permitir que sus componentes se mezclen a la perfección y evitar la formación de grumos, que si se llegaran a presentar representarían riesgos al equipo de bombeo.

El lodo contaminado habrá de sustituirse por lodo nuevo, conservando siempre el nivel dentro de la zanja a ochenta centímetros abajo del borde superior de los brocales. Un mismo lodo puede ser usado las veces que determine el laboratorio de control y que en todo caso, serán las que permitan que el lodo cumpla con todas sus especificaciones.

Si existen fugas extraordinarias de lodo se usa aserrín a fin de rellenar las grietas. El aserrín debe de añadirse en los recipientes de mezclado y no después, para evitar que se formen grumos.

De acuerdo al laboratorio los límites dentro de los cuales deben fluctuar las propiedades de los lodos bentoníticos son las siguientes:

a) Viscosidad plástica	Entre 10 y 15 centipoises
b) Viscosidad Marsh	35 a 50 segundos
c) Contenido de arena	Máximo 3%
d) Densidad	Entre 1.03 y 1.06 gr/cm <sup>2</sup>
e) Volumen de agua filtrada	Máximo 20 cm <sup>3</sup>
f) Espesor de la costra	Entre 1.0 y 1.5 mm

Hay que hacer muestreos constantemente, llevarlos al laboratorio para establecer con precisión la relación agua bentonita óptima y verificar siempre la cantidad de lodo.

### **2.5.1 ELABORACIÓN DEL LODO ESTABILIZADOR**

El lodo se prepara con un mezclador de chiflón y es bombeado a los recipientes de almacenamiento donde permanece en reposo durante un periodo de 8 horas; los contenedores tendrán la capacidad para satisfacer las necesidades diarias de la obra; antes de usar el lodo se agita con la introducción de una manguera con aire a presión dentro de los tanques y se traslada a las zanjas impulsado con una bomba centrífuga para lodos.

### **2.5.2 RECICLADO DEL LODO ESTABILIZADOR**

Con los siguientes tres procesos como son el regenerado, desarenado y recirculación se puede usar el lodo en varias ocasiones; la recirculación puede efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien mediante una batería portátil de hidrociclones; en este último caso se puede recircular localmente de un tramo de zanja a otro, esto es aconsejable cuando la distancia a la planta central de lodo sea grande y de cómo resultado un incremento en los costos por el sobre acarreo del material.

El límite de veces en el cual se reutilice el lodo de perforación, estará en función del cumplimiento de los procesos ya mencionados y es conveniente que, si pierde cualquiera de sus propiedades con las que fue diseñado, sea desechado y sustituido por uno nuevo que si las cumpla ya que al no hacerlo se corren riesgos innecesarios que ponen en peligro el buen desempeño del proceso constructivo.

Es así como finaliza la "IMPORTANCIA Y PROCEDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN", capítulo II y se da paso al capítulo III "IMPACTO AMBIENTAL", que toma en cuenta la afectación que al medio ambiente genera en la construcción del Muro Milán por considerarse un tema de actualidad y de gran importancia ya que por tradición a las obras de Ingeniería Civil se les acusa de ser las causantes de la destrucción del entorno o su degradación.

**CAPÍTULO III  
IMPACTO AMBIENTAL**

## CAPÍTULO III

### IMPACTO AMBIENTAL

La situación actual del medio ambiente, si bien es crítica en algunas regiones del planeta, no lo es tanto de manera global; y aunque el avance en la tecnología haya colaborado en buena medida a su deterioro, ahora se le presenta un reto: controlar esa alteración y minimizar lo más posible los efectos negativos que pueda causar.

La relación que guarda la Ingeniería y el medio ambiente es evidente, tanto que en ocasiones no se considera. En otros casos, sin embargo, se plantea de manera tan deformada que resulta impactante para aquellas personas que no se han informado debidamente y por lo tanto están carentes de bases para evaluar la situación del medio ambiente. A continuación se trata en este trabajo el tema de Impacto Ambiental dirigido a la "Utilización en la Ciudad de México del Muro Milán para la Construcción de Obras Civiles".

El medio ambiente, se define como el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Es necesario al realizar la construcción del Muro Milán y cualquier otra obra de ingeniería civil, entre otros aspectos es importante minimizar el deterioro del medio ambiente, de forma tal que al ser parte de una obra civil el medio ambiente no se altere y por lo mismo se deben tomar las medidas necesarias para su conservación.

#### 3.1 IMPACTO AMBIENTAL ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

De acuerdo a la normatividad que marca la Ley Ambiental del Distrito Federal que dice: Impacto Ambiental es la modificación del ambiente, ocasionado por las acciones del hombre o de la misma naturaleza, sabemos por lo tanto que cualquier construcción modifica al medio ambiente, es necesario entonces desde el momento de su planeación que dicha obra impacte lo menos posible a su entorno.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

Para la realización de una obra civil en la que interviene la construcción de un Muro Milán, se debe presentar ante las autoridades correspondientes un Estudio de Riesgo Ambiental, que es un documento mediante el cual se dan a conocer, con base en el análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de la obra, los riesgos que ésta representa para los ecosistemas, la salud o el ambiente, así como las medidas técnicas preventivas, correctivas y de seguridad, tendientes a mitigar, reducir o evitar los efectos adversos que se causen al ambiente, este estudio, se presenta ante la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, que a su vez emite en su caso la autorización de Impacto Ambiental. Esto como resultado de la presentación y evaluación del informe preventivo, manifestación o estudio previo a la realización de la obra donde se deben cumplir los requisitos establecidos en la Ley Ambiental del Distrito Federal para evitar o en su defecto minimizar y restaurar o compensar los daños ambientales que la obra pueda ocasionar.

El predio donde se llevará a cabo la obra civil, en la cual se utilizará el Muro Milán o cualquier obra civil ya está causando un Impacto Ambiental, debido a que puede ser un terreno donde no exista construcción alguna, o bien exista alguna construcción que tenga que ser demolida para llevar a cabo la nueva edificación; en el caso de que el predio esté desocupado, puede presentarse el caso que tenga flora y fauna nociva, que sea un tiradero de basura, lugar de mal vivientes, o que el polvo que se levanta en época de estiaje sea portador de microbios los cuales generan diversas enfermedades respiratorias; o por otra parte el predio en cuestión puede ayudar a que los mantos acuíferos se puedan recargar, permitiendo la infiltración de las aguas de la lluvia.

Cuando se trate de una demolición, se presentará ante la Dirección de Obras Públicas de la Delegación Política del Gobierno del Distrito Federal correspondiente, una memoria descriptiva del procedimiento que se vaya a emplear para realizar la demolición, firmada por un Director Responsable de Obra y el Corresponsable en Seguridad Estructural, en su caso.

Con la solicitud de "Licencia de Demolición", se presentará también un croquis de la ubicación del predio así como el programa de obra para efectuar la demolición, en el que se indicará el orden y fechas aproximadas en que se demolerán los elementos de

la construcción incluyendo la cimentación, dado que para la construcción del Muro Milán el terreno no deberá tener en las colindancias principalmente elementos de concreto que interfieran con la construcción del Muro. En caso de prever el uso de explosivos, el programa de demolición señalará con toda precisión el o los días y la hora o las horas en que se realizarán las explosiones, que estarán sujetas a la aprobación por parte de las autoridades correspondientes del Gobierno del Distrito Federal y de la Secretaría de la Defensa Nacional.

Como se sabe el medio ambiente se ve afectado por la generación de ruidos, humos, polvos y vibraciones durante los trabajos de demolición primero y con la construcción del Muro Milán también ya que los equipos de construcción que intervienen en la construcción del muro mencionado son similares. En México, la Norma Técnica Ecológica (NTE) CCR-001-88 no establece los niveles permisibles de ruido en términos de decibeles, sin embargo, el Plan de Desarrollo Urbano de 1980, del Gobierno del Distrito Federal establece un nivel máximo permisible de ruido para el Distrito Federal de 85 decibeles.

El humo proveniente de los equipos de construcción con que se efectúan los trabajos y los vehículos que transportan los materiales producto de la demolición, generan problemas de contaminación al medio ambiente, especialmente en lugares con pocas corrientes de aire.

Los principales contaminantes atmosféricos contenidos en el humo, producto del funcionamiento de los equipos de construcción, en general son:

Monóxido de carbono (CO) que es un gas incoloro e inodoro, proveniente de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es el contaminante del aire más distribuido y común; es un gas tóxico, que se produce también por la explosión de armas de fuego, y el humo del cigarrillo lo contiene en grandes concentraciones. Es absorbido exclusivamente por los pulmones y la mayoría de sus efectos tóxicos son resultado de su reacción con hemoproteínas; al reaccionar el monóxido de carbono (CO) con la hemoglobina se forma carboxy-hemoglobina, lo cual reduce la capacidad

de la sangre de transportar oxígeno; en altas concentraciones puede provocar la muerte.

Partículas suspendidas que corresponden a las partículas líquidas o sólidas, dispersas en la atmósfera, provenientes de la combustión de carbón, combustóleo y diesel. Las partículas son químicamente diferentes, sin embargo tienen varias propiedades físicas en común y se clasifican como aerosoles (si son menores a 0.1 micrones) que pueden estar suspendidos en el aire desde algunos segundos hasta algunos meses. Algunas de las partículas sumamente tóxicas son: fluoruros, berilio, plomo, amianto (asbesto); aunque no necesariamente en los niveles bajos de la atmósfera. Las comunidades urbanas son las que están más expuestas a este tipo de contaminantes.

Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que se trata de un gas incoloro, de olor picante, producto de la combustión del diesel. Contiene berilio, arsénico y molibdeno en suspensión, provoca mortalidad al ser humano por bronquitis crónica y enfisema pulmonar.

Por otra parte para medir la transparencia u opacidad de gases de combustión, se utiliza la escala del ingeniero geólogo inglés Ringelmann, con valores entre 0 y 5. Un gas de combustión en la escala no permite el paso de la luz. En el estado de California, en los Estados Unidos de América y en la Ciudad de México no se permite que los equipos exhalen humos más allá de la escala 2 de Ringelmann.

Vibraciones. Durante las demoliciones, por percusión de los equipos de construcción, usualmente se provoca cierta vibración, de amplitud variable, y frecuencia cercana a 1 Hz. Este efecto puede causar daños a las estructuras vecinas y molestias en general, ya que la frecuencia aumenta hasta alcanzar valores entre 10 y 15 Hz en la superficie; este procedimiento es desechado en ciertas ocasiones debido a la intensidad de la vibración provocada.

Como se ve cualquier obra de ingeniería por pequeña que ésta sea, induce un cambio en las condiciones ambientales, al modificar esfuerzos en el subsuelo, topografía y condiciones hidrológicas, por citar solo algunos aspectos; estos cambios pueden ser

benéficos o adversos para la naturaleza o para la sociedad en forma inmediata o diferida.

Como se puede ver antes de la ejecución de la obra del Muro Milán, el medio ambiente sufre una alteración, es por ello que las autoridades de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, exigen que los propietarios cumplan con los requisitos que la Ley Ambiental del Distrito Federal marca, como lo indica el artículo 60 (Anexo II), que dice: la persona que construya una obra nueva, amplíe una existente, o explote recursos naturales sin contar previamente con la autorización de impacto ambiental respectiva o que contando con ésta incumpla los requisitos y condiciones establecidos en la misma o en esta Ley, estará obligada a reparar los daños ecológicos que con tal motivo hubiere causado a los recursos naturales o al ambiente, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones respectivas.

### **3.2 IMPACTO AMBIENTAL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

La "Evaluación de Impacto Ambiental", que corresponde a la valoración de los efectos positivos o negativos que ocasiona una obra en los recursos naturales y sociedad, lleva implícita la idea de perjuicio, por lo que en fecha reciente, se ha propuesto utilizar términos como "Evaluación Ambiental" o "Efectos Ambientales".

El Muro Milán es una de las primeras etapas en la construcción de cualquier obra civil que requiera de este tipo de muro; es aquí en la ejecución de la obra donde los problemas para la conservación del medio ambiente deben controlarse y resolverse de acuerdo al estudio de riesgo autorizado por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal; sin embargo se debe tratar de tener una cultura en la que se sienta que los problemas de conservación de la naturaleza y de regulación de su explotación no se resuelven con reglamentos, sino que son cuestión de educación de quien realiza la obra, como son unánimes en reconocerlo todas las reuniones internacionales que sobre estos temas se han realizado en los últimos años y que recomiendan actuar en consecuencia. (Ecobiólogo Ramón Margalef).

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

El objetivo principal de la construcción en este caso del Muro Milán, es que la autorización otorgada en materia de impacto ambiental se cumpla de acuerdo con lo establecido por las leyes.

El agua y el suelo son temas fundamentales para el desarrollo de este trabajo que es la Utilización en la Ciudad de México del Muro Milán, Para la Construcción de Obras Civiles: el agua porque puede modificar la estructura y estado de esfuerzos en un terreno, además de ser el medio de transporte de minerales y materia orgánica disueltos a través del suelo. Éste último a su vez, es el apoyo para estructuras como el Muro Milán y el medio de contención o de filtración de líquidos. Los procesos de disolución, adhesión, colmatación y filtración, son de gran interés para la Ingeniería Ambiental y Geotécnica. Cuando el agua contiene sustancias reactivas, puede transformar radicalmente las propiedades de resistencia, estabilidad y deformabilidad de un material térreo, y provocar consecuencias inesperadas e inclusive desastrosas a la obra o a la naturaleza en si.

Como marco jurídico de referencia, es conveniente señalar que existe una amplia legislación nacional para proteger el ambiente, como las Leyes de Obras Públicas, Ley Ambiental del Distrito Federal, Protección del Ambiente, y la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, así como las directrices del Banco Mundial, todas ellas establecen la necesidad de realizar, como parte integral de cualquier proyecto, una evaluación ambiental, con el fin de asegurar un desarrollo sostenido en lo que se refiere al ambiente. La evaluación, debe considerar las medidas preventivas o correctivas de los efectos dañinos al medio o bienestar social.

Se hace referencia de la legislación nacional por su importancia, sin embargo, no tienen que ver específicamente con la construcción del Muro Milán.

Esta filosofía ha sido originada en una publicación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), titulada "Nuestro Futuro Común". Por lo tanto, es necesario considerar por una parte, los efectos ambientales que producen las obras eminentemente geotécnicas; por otra, la influencia de la geotécnica en las obras de mejoramiento o

conservación del ambiente que por lo tanto cobra una mayor importancia por los logros que se obtienen.

Por lo anteriormente expresado a continuación se trata lo referente a las Obras Geotécnicas.

Obras Geotécnicas. Son las que involucran una gran masa de suelo, sea por que se excava, se forma un terraplén o se modifica el estado de esfuerzos en el suelo. Estas se pueden agrupar en obras viales (carreteras y vías férreas), obras hidráulicas (presas y conducciones), excavaciones para el Muro Milán también como parte de una cimentación para las edificaciones. Tal vez las obras que mayor influencia tienen en los ecosistemas sean las presas y las obras viales, que por su magnitud tienen efectos de importancia y modifican en forma sustancial la naturaleza y las condiciones económicas, sociales y culturales de los grupos humanos.

A continuación se verá que para que exista un equilibrio permanente se tienen que realizar obras de mejoramiento y mantenimiento para conservar el medio ambiente, de acuerdo a lo establecido por la regulación en la materia y de común acuerdo con los habitantes de la zona en donde se piensa realizar un proyecto, de la magnitud que sea sin importar el tamaño de este ni el destino para el cual se lleve a cabo.

### **3.2.1 ASPECTOS GEOTÉCNICOS DE LAS OBRAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE**

Actualmente, la sociedad es más sensible a la realización de obras de infraestructura de importancia que alteran las condiciones ambientales, por lo que se requiere distinguir entre los términos preservación y conservación. El primero significa mantener al medio en su estado original, libre de alteraciones, mientras que el segundo permite la adaptación de las condiciones naturales a un nuevo y mejorado equilibrio permanente; lo que significa que un cambio no implica necesariamente un deterioro, sino que puede ser un mejoramiento.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

Se busca mejorar las condiciones sanitarias de una región o evitar algún impacto desfavorable en la naturaleza. De manera principal, quedan incluidas las potabilizadoras y plantas de tratamiento de aguas residuales, los embalses para agua potable, líquidos industriales, así como las obras de disposición de desechos sólidos y rellenos sanitarios o peligrosos.

Es indispensable el diseño de cimentaciones que reduzcan los asentamientos totales y diferenciales, conforme a las restricciones de cada tipo de proceso.

Graves problemas se han presentado en las zonas de Aragón y Tláhuac dentro del Distrito Federal, así como en la zona de Texcoco, por flotación de estructuras rígidas o movimientos diferenciales y por la presencia de suelos muy blandos y deformables.

Efectos relacionados con la construcción de Muros Milán y cimentaciones profundas, debidos a ruido, generación de humos, disposición final de lodo bentonítico y vibraciones durante los trabajos.

El medio ambiente puede ser agresivo con los materiales con los que se construyen los Muros Milán y las cimentaciones profundas, como madera, acero y concreto. Se comentan algunas de las principales causas del deterioro de estos materiales.

La variación de las propiedades del suelo, producto de un cambio en el medio ambiente, genera problemas en el comportamiento de los Muros Milán y en general en cimentaciones profundas sobre todo si estos al construirse no se hicieron con el debido cuidado. Se mencionan los casos de contaminantes en suelos, y cambio de propiedades con la variación del valor del potencial hidrógeno en el agua de poro.

A continuación se comentan algunos problemas de cambios en el entorno donde se encuentra el Muro Milán o una cimentación profunda.

**Ruido.** El control de ruido en las construcciones cobra cada día mayor importancia. El control de ruido es necesario para proteger la salud de los trabajadores en el sitio, y para eliminar molestias al público en general.

Una forma de disminuir el nivel de ruido de el equipo de construcción para la construcción del Muro Milán y para la colocación de pilotes es mediante cajas absorbentes de ruido, que se colocan alrededor del martillo y del pilote, así como los dispositivos con que cuentan los equipos deben estar en buen estado para disminuir el ruido, el que puede disminuirse de 30 a 40 % a distancias entre 7 y 15 metros lográndose con esto niveles permisibles de ruido cerca del equipo de construcción.

Asimismo, es posible utilizar equipos de construcción más modernos, como martillos neumáticos, cuyo nivel de ruido esté dentro de los límites admisibles.

**Humo.** Las condiciones del suelo tienen un gran efecto en la eficiencia de la combustión de los equipos de construcción, y por ello, en la emisión de contaminantes. Dado que los suelos blandos ofrecen poca resistencia, esto se traduce en una explosión deficiente del combustible del equipo de construcción, produciendo humo que a su vez es uno de los más importantes agentes que contaminan el ambiente, es por eso que los equipos de construcción deben estar en óptimas condiciones de mantenimiento y reposición de piezas desgastadas por el uso.

Por otro lado, las cimentaciones profundas se requieren generalmente en sitios donde el suelo superficial es compresible, por lo que el problema de la emisión de gases es frecuente.

El problema del humo puede ser solucionado de varias maneras entre las que se encuentran las que a continuación se describen:

En el caso de hincado de pilotes, a través de estratos compresibles, con ayuda de perforación previa. Esta técnica puede ser útil, en cuanto a la reducción del número de golpes requeridos para hincar un pilote a través de estratos blandos.

Se ha observado que una perforación previa de menos del 75 % del diámetro del pilote tiene poco efecto en la disminución de la resistencia al hincado. Por otro lado, las perforaciones previas mayores reducen la fricción del fuste y el soporte lateral del pilote.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

La combustión del diesel utilizado para abastecer la maquinaria debe ser eficiente, esto se logra mejorando el diseño de la cámara de combustión de los equipos de construcción y así se reduce la emisión de contaminantes.

También se logra reemplazando las bombas de aceite por lubricación por goteo, para minimizar la combustión del exceso de aceite.

Mejorar la calidad de los combustibles: para disminuir la emisión de humos, es posible usar diesel mezclado con metanol, o bien metanol mezclado con un aditivo basado en nitratos y alcohol metílico. Estos combustibles se han utilizado con éxito, disminuyendo la emisión hasta la escala 1 de Ringelmann.

Es de hacerse notar que el costo de estas mezclas es aproximadamente cuatro veces mayor que el diesel convencional.

Además, habría que evaluar algún posible daño a la cámara de combustión del equipo, así como el proceso de mezclado de los combustibles no convencionales.

### **3.2.2 DISPOSICIÓN DE LODO BENTONÍTICO EN EL MURO MILÁN**

El lodo bentonítico es usado comúnmente para ademar perforaciones de Muro Milán, muros pantalla, perforaciones previas de pilotes y pilas. El lodo bentonítico puede contaminarse con sólidos, producto de la excavación, con concreto, dilución con agua subterránea y altas concentraciones de sal. En algunos casos, los problemas de control y costo no justifican un tratamiento del lodo bentonítico, por lo que es preferible reemplazar todo el volumen usado.

Sin embargo, la disposición del lodo puede ser costosa, ya que es un contaminante donde quiera que se le coloque en el drenaje municipal, ríos, lagunas o tiraderos de basura.

El tratamiento para la reutilización parcial o total del lodo se puede llevar a cabo con alguna de las siguientes formas o una combinación de éstas, tanques sedimentarios donde se almacena el lodo que va ser utilizado nuevamente, mallas vibratorias, que nos

ayudan a separar el material de excavación del lodo, hidrociclones para eliminar el limo con la fuerza centrífuga al obligarlo a decantarse.

Para eliminar el problema de la disposición, es factible utilizar un sustituto de bentonita, con base en polímeros sintéticos totalmente biodegradable con el tiempo, como el que ha sido utilizado en Europa y los Estados Unidos de América.

Las principales ventajas de este lodo de perforación son:

La dosificación para un lodo común es de 1 a 2 kg/m<sup>3</sup>; mezclado rápido y sencillo, ya que no se necesitan mezcladoras de tipo coloidal o de chiflón, como en la fabricación de lodo bentonítico.

Se forma una costra delgada y flexible, que genera buena estabilidad a la excavación; es posible recuperar todo el material suelto de la perforación aún siendo arena; con brocas convencionales las pérdidas por filtrado son mínimas, el lodo no se contamina al perforar suelos ácidos. Inclusive, para la fabricación de lodo es posible utilizar agua carbonatada, o inclusive agua salada; al colocar el concreto éste no se mezcla con el lodo, por lo que tampoco se contamina y el desarenado se facilita, respecto del lodo bentonítico.

Sus principales desventajas son:

Su punto de fluencia es nulo, por lo que las partículas sólidas no se mantienen en suspensión, la densidad de estos lodos no puede incrementarse, por lo que la estabilidad de la excavación deberá revisarse en cada caso.

### **3.2.3 MEDIO AMBIENTE AFECTANDO CIMENTACIONES PROFUNDAS.**

Existen en el lugar elementos propios, es decir el Medio Ambiente de la zona, que se manifiestan, mostrando la agresividad de suelos o aguas subterráneas hacia los materiales con los cuales se construyen el Muro Milán y otros tipos de cimentaciones profundas. A continuación se mencionan los más importantes:

Gases encontrados en el suelo, que provocan problemas durante la inspección de pilas o la excavación manual de ampliaciones de base.

Cambio de las propiedades del suelo por contaminantes en el suelo y/o en el agua de poro.

Cambios en el entorno donde se encuentran el Muro Milán y cimentaciones profundas.

### **3.2.4 AGENTES AGRESIVOS AL CONCRETO DEL MURO MILÁN**

El concreto colocado en los Muros Milán puede estar sujeto a alguno de los siguientes problemas de deterioro:

Destrucción debido a congelamiento y deshielo, es posible que los elementos de concreto se dañen si entra agua en los poros del concreto. Y después se congela, ya que produce desintegración progresiva.

El Muro Milán y todos los elementos de concreto generalmente se encuentran sometidos a esfuerzos por cambio de temperatura; Por este tipo de esfuerzos, es recomendable agregar al concreto un aditivo de los que existen en el mercado como un inclusor de aire, que reduce la relación agua-cemento, y se refleja en una permeabilidad menor del concreto, evitando la absorción o entrada de agua a los poros del material; además, la colocación del concreto se deberá hacer con el debido cuidado, no permitiendo segregación de los materiales pétreos.

El Muro Milán como elemento de concreto esta expuesto a sustancias agresivas las cuales se tienen que tomar en cuenta, es por ello que se describen a continuación.

Aguas ácidas. Son las aguas que contienen ácidos libres con un valor de ph menor de 7; valores inferiores a 6.5 se consideran agresivos al concreto. Los principales ácidos inorgánicos fuertes como el sulfúrico, hidrociorhídrico y nítrico tienden a disolver la pasta de cemento endurecida.

Los ácidos orgánicos como el acético, láctico y butírico tienden a extraer el calcio de los componentes de la pasta de cemento endurecida, mientras forman las sales correspondientes. Los ácidos orgánicos son en general menos agresivos que los inorgánicos. Algunos ácidos orgánicos (como el oxálico y el tartárico) pueden incluso reaccionar y formar capas protectoras.

Los ácidos húmicos en general no deterioran al concreto. Bajo circunstancias especiales el ión hidrógeno puede intercambiarse por cationes de sales neutras, dando como resultado ácidos inorgánicos.

Si el ácido carbónico es disuelto por calcio, se convierte en un agente agresivo al concreto, principalmente por disolver hidróxido de calcio de manera similar a otros ácidos débiles.

Sulfatos. Combinado con algunos componentes de calcio y aluminio de la pasta de cemento endurecida para formar sulfato de calcio aluminico, comúnmente llamado yeso, causa una reacción expansiva en el concreto.

Algunas sales de magnesio, como el sulfato de magnesio, y el cloruro de magnesio tienden a extraer el hidróxido de calcio de la pasta del cemento bajo la formación del hidróxido de magnesio. Esta última reacción forma una pasta gelatinosa blanda.

Sal de amonio. Las sales de amonio, excepto el carbonato y el fluoruro, disuelven el hidróxido de calcio primario de la pasta de cemento, liberando amoníaco, que es soluble en agua. En el caso del sulfato de amonio, el sulfato también se convierte en reactivo; el amoníaco es inofensivo para el concreto.

Aguas blandas. Las aguas blandas, con un total de dureza menor de 1.1 mg/l, esto es, aguas conteniendo poco o ningún calcio disuelto y/o sales de magnesio, puede extraer el hidróxido de calcio de la pasta del cemento, pero son prácticamente inofensivas al concreto impermeable.

**Aceites y grasas.** Los aceites y grasas actúan de diferente manera en el concreto, dependiendo de su origen, composición química y otras propiedades físicas. Las grasas y aceites animales y vegetales pueden ser agresivas al concreto.

Las grasas y aceites minerales no son agresivas al concreto si no contienen ácidos, grasas o aceites animales o vegetales.

Tanto para las grasas y aceites de origen animal, vegetal o mineral, su efecto es despreciable en concretos impermeables.

**Suelos agresivos.** Los suelos que contienen sulfatos se presentan principalmente en las formaciones de los periodos Triásico, Jurásico y Terciario, en depósitos de anhidrita y yeso.

La turba contiene esencialmente calcio, que disuelve el ácido carbónico de la obra.

### **3.2.5 DESTRUCCIÓN DEBIDO A COMPONENTES QUÍMICOS**

El agua y el suelo pueden ser agresivos al concreto del Muro Milán si contienen ácidos libres, sulfitos, sulfatos, ciertas sales de magnesio, sales de amonio, aceites y grasas o ciertos componentes orgánicos.

En general, para concretos en contacto con agua o suelo con un valor de ph mayor de 6 no requieren precauciones, y el uso del cemento Portland normal es satisfactorio.

Para suelo o agua con una alcalinidad (ph) mayor de 6 o menor a 3.5, se recomienda el uso de cemento super sulfatado en concreto con relaciones a agua-cemento de 0.4 o menores.

### **3.2.6 AGENTES AGRESIVOS AL ACERO DE REFUERZO COLOCADOS EN EL MURO MILÁN**

Generalmente los pantanos y las zonas con desperdicios de minas, industriales o municipales son medios ambientes propicios para la corrosión del acero del Muro Milán.

La velocidad de corrosión depende de la composición del suelo, textura y profundidad de empotramiento del muro, y contenido de agua.

La disponibilidad de oxígeno es otro factor que debe considerarse para una evaluación de corrosión de elementos de concreto. Por ejemplo, en suelos gruesos, la corrosión puede acercarse a las condiciones atmosféricas; por otro lado, en arcillas la deficiencia de oxígeno puede resultar en condiciones de baja corrosión.

### **3.3 IMPACTO AMBIENTAL DESPUÉS DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

En la utilización del Muro Milán en las construcciones de obras civiles, se tendrá que analizar el Impacto ambiental después de la ejecución de la obra, considerando los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes, revisando que: cumple con el objetivo de identificar, desde la etapa de planeación del proyecto, las medidas de mitigación, prevención y control de los efectos negativos previsible que pueden ser ocasionados al ecosistema urbano; como consecuencia, se llevarán a cabo acciones que ayuden a mitigar los efectos negativos que se pudieran tener por efecto de la ejecución de la obra, estos pueden ser: que la obra cuenta con la infraestructura e instalaciones necesarias, acciones de limpieza, adecuaciones generales, revisar la no modificación de la dinámica de ningún cuerpo de agua, que tampoco se ha modificado la dinámica natural de las comunidades de flora y fauna, que las edificaciones aledañas no han tenido repercusiones de tipo estructural, que el uso y distribución de energéticos no se alterado y que el sistema de agua potable funciona normalmente, es decir que el estudio ambiental y de impacto urbano se cumplen.

### **3.4 IMPACTO AMBIENTAL EN LA OPERACIÓN DE LA OBRA**

Es necesario que la construcción ejecutada y puesta en operación esté bien llevada, es decir, tener personal preparado para poner en funciones las actividades que de acuerdo con la Ley Ambiental del Distrito Federal deben cumplirse de acuerdo a la licencia de construcción emitida y vigente.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

En esta etapa la obra en operación, el Muro Milán, ya quedó como una parte necesaria de la misma, más no como lo más importante; ahora las revisiones que por impacto ambiental se realicen serán prácticamente por la obra en general; se tendrán auditorias ambientales que se llevan a cabo por un examen metodológico de las actividades, operaciones y procesos, respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, así como el grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger los recursos naturales y el ambiente.

El ser humano depende directamente del medio que lo rodea, ya que de él obtiene sus alimentos, el aire que respira, el agua con la que satisface sus mas elementales necesidades, los materiales con los que construye todo tipo de objetos y prácticamente todo lo que utiliza en su vida diaria. Sin embargo, a pesar de que el hombre pertenece a su ecosistema, es el único que tiene la capacidad de alterarlo, situación que no siempre a aprovechado con racionalidad.

La comunidad de organismos (biocenosis) y el medio ambiente no viviente, escenario físico de la vida (biótopo), como en el caso del bosque, funcionan juntos como un sistema ecológico o ecosistema, que es en su más amplio sentido el término más técnico para decir naturaleza. Se concluye entonces que en la construcción del Muro Milán, así como en su operación y vida útil, el medio ambiente no debe verse afectado, contribuyendo así a su conservación.

Como recomendación que se puede llevar a cabo es necesario que a las investigaciones relacionadas con el medio ambiente se les de mayor atención y a su vez a esas investigaciones se les difunda, primero como enseñanza básica para que las futuras generaciones crezcan con la conciencia del equilibrio que la naturaleza tiene, y que no se altere más, ya que como se ve, la extinción de los seres vivos y la explotación sin control de los recursos no renovables cada día van en aumento, por otro lado los trabajos de investigación que se lleven a cabo, se deben transformar en leyes, y normas que limiten, y tiendan a mejorar los ecosistemas, que los técnicos que tienen

que observar las disposiciones y en sus manos está el cumplirlas, no lo vean sólo como un requisito.

A continuación se describe "PROCESO DE HABILITADO Y ARMADO DEL ACERO Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LOS MUROS" correspondiente al capítulo IV.

**CAPÍTULO IV**

**PROCESO DE HABILITADO Y**

**ARMADO DEL ACERO**

**Y COLOCACIÓN**

**DEL CONCRETO EN LOS MUROS**

## **CAPÍTULO IV**

### **PROCESO DE HABILITADO Y ARMADO DEL ACERO, Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LOS MUROS**

El objetivo principal de este capítulo es resaltar la importancia del método constructivo del armado y colado del Muro Milán.

En este capítulo se tratan fundamentalmente los aspectos técnicos de la colocación de las varillas de acero que forman el armado de refuerzo en los Muros Milán y del vaciado del concreto en los mismos; se considera una de las partes más importantes del proceso constructivo por ser lo que al final de cuentas formará en su conjunto al muro.

A lo largo del tiempo se ha intentado experimentar con otros tipos de material, como en su momento lo fue el armar y colar los muros fuera de la zanja y después cargarlos con una grúa para poderlos bajar a la zanja, procedimiento que casi no se utiliza por lo costoso que resulta el equipo con el cual se tienen que mover los muros ya hechos, la incomodidad de levantarlos verticalmente ya que hay obras en que los obstáculos colindantes no lo permiten, el tener que adicionar acero de refuerzo para que resista el muro el levantado de una posición horizontal a una vertical, necesitará de un gran espacio dentro de la obra para poder armar y colar los muros con el consiguiente problema que resulta el no poder mover el muro hasta que alcanza el concreto su resistencia de diseño, además si se fabrica a distancia de la obra se incrementa el costo en fletes y se generan problemas en maniobrabilidad. También se pensó en un tiempo que se podían hacer únicamente de acero pero por el incremento en los costos se desechó el procedimiento; al final de cuentas siempre se regresa a la utilización del concreto hidráulico y el acero de refuerzo que son materiales habilitados y manejados con facilidad dentro de la obra. A continuación se presentan las propiedades que deberán cumplir el concreto y el acero a utilizar.

#### **4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO Y DEL ACERO A UTILIZAR**

El concreto hidráulico y el acero de refuerzo para el armado y colado de los muros, son parte fundamental en el buen término de la obra a ejecutar, por lo tanto se tiene que procurar especial cuidado en la selección de materiales a utilizar y en el control de calidad de éstos al colocarlos durante el proceso constructivo.

Hay que colocar desde el principio con especial cuidado los tubos junta o las vigas "I" que sirven también de junta, para garantizar la impermeabilidad del muro y su continuidad, bajar a la zanja la parrilla de acero armado de refuerzo en un tiempo breve y vaciar el concreto en la zanja lo mas rápido posible para que el lodo no forme una capa indeseable en el acero que tenga como consecuencia una disminución en la adherencia, buscar los mecanismos para que el acero quede centrado dentro de la zanja y al descubrirlo no encontremos tramos importantes de acero sin recubrir.

Tener cuidado en colocar huecos en el armado de el acero que sirvan de rutas por donde bajen las trompas de colado sin obstáculos que normalmente son dos tubos, cuidar que el vaciado del concreto sea como lo especificado en el proyecto en cuanto a su fluidez y su resistencia, no prolongar demasiado el intervalo de tiempo de colado entre un vaciado y otro. Por último procurar una estrecha relación entre la obra con el laboratorio, para garantizar que la calidad de los materiales a utilizar sea la óptima.

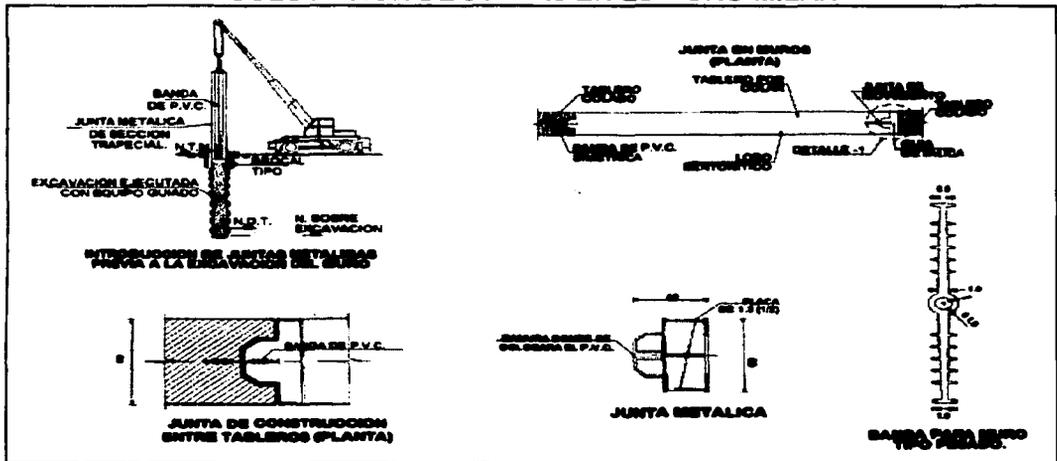
A la parrilla de acero se le dejan dos ganchos de acero, normalmente de la misma varilla con que se armó, para de ahí ser levantada por la grúa y colocada en la zanja.

#### **4.2 COLOCACIÓN DE LAS JUNTAS MACHO-HEMBRA**

Cuando se haya concluido la excavación, verificado la profundidad de la zanja y las características del lodo, se procederá a introducir las juntas metálicas y la parrilla formada por el acero de refuerzo con la ayuda de grúas, ya que debido a las dimensiones y peso de la misma no se puede hacer manualmente. Las juntas son tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular, que en una de sus caras tienen

la forma de macho o hembra y que contiene a la vez la banda de poli vinilo de cloruro (PVC) integrada, una parte de esta banda queda ahogada en el momento del vaciado del concreto en la zanja y la otra queda libre en el interior del tubo para ahogarse durante el vaciado del concreto en el muro contiguo, a la cara de la junta que queda en contacto con el concreto se le aplica una película de grasa de un liquido constituido por una resina epóxica de poliéster de un milimetro de espesor, para facilitar la extracción del tubo junta. Figura IV.1 "COLOCACIÓN DE JUNTAS EN EL MURO MILÁN".

**Figura IV.1  
COLOCACIÓN DE JUNTAS EN EL MURO MILÁN**



El uso de la junta se justifica, ya que permite que el Muro Milán tenga movimientos diferenciales longitudinales, que se transmiten por la deformación del suelo arcilloso; aparte de impedir filtraciones hacia adentro de la excavación durante el transcurso de la construcción, también lo hace en la vida útil de la misma y por lo mismo, evita asentamientos y hundimientos de las vialidades y las construcciones vecinas. De esta manera si baja el nivel freático en el subsuelo las deformaciones no se hacen esperar.

El cuerpo de la junta es una banda elástica con un bulbo central de 3 centímetros de diámetro que resiste los esfuerzos y deformaciones que transmiten los muros adyacentes y no permite la entrada de agua. El bulbo en la parte media de la banda es indispensable, porque aunque el material es muy dúctil para el alargamiento esperado, sufre agrietamientos y por lo tanto pierde sus cualidades; en cambio el bulbo por su geometría, toma la mayor parte de la deformación.

#### **4.3 HINCADO DEL TUBO JUNTA**

Al interior del tubo junta no deberá introducirse el concreto, por lo que habrá de tener sus extremos cerrados y en su parte inferior será colocada una caja metálica cerrada que se hincará y asentará firmemente en el fondo de la zanja; este proceso se lleva a cabo por el mismo peso propio del tubo junta o inducido por la grúa, que con fuerza lo empuja contra el fondo para evitar que se mueva o deforme durante el vaciado del concreto; a dicho tubo junta es necesario colocarle posteriormente un lastre para evitar su flotación.

#### **4.4 COLOCACIÓN DEL ACERO ARMADO DE REFUERZO**

Una vez instalados los tubos junta, se procede de inmediato a introducir la parrilla de varillas de acero de refuerzo dentro de la zanja estabilizada con lodo, se hace descender por su propio peso con la ayuda de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

Para evitar la tendencia a la flotación de el acero de refuerzo y garantizar que permanezca en su lugar, se instalarán dos gatos en la superficie apoyados contra el brocal, que impidan que la parrilla se mueva durante el colocado del concreto; es muy importante verificar cuidadosamente que el acero, a pesar de la tendencia a la flotación, haya quedado en su lugar y por ningún motivo se permitirá el colado del concreto del muro con la parrilla de acero flotando o fuera de su sitio.

Es conveniente cuidar que no quede obstruida la ruta por la que pasarán los tubos de colado, ya que con golpes o jaloneos, fallaría el proceso de colado.

## **4.5 TIEMPO MÁXIMO PARA INTRODUCIR EL ACERO DE REFUERZO EN EL LODO BENTONÍTICO**

No habrá de transcurrir entre el momento de meter la parrilla de acero de refuerzo en el lodo y el vaciado del concreto del muro más de cuatro horas, periodos mayores favorecen la formación de un recubrimiento de lodo en el acero y reduce la adherencia concreto-acero, por esta razón el colado del muro se iniciará inmediatamente después de introducida, debido a que no es conveniente sacar y meter nuevamente la parrilla del lodo porque en cada operación se pueden producir pequeños derrumbes indeseables que afectan la estabilidad de la zanja.

## **4.6 COMO EVITAR QUE EL ACERO DE REFUERZO QUEDE EXPUESTO**

Con objeto de garantizar el recubrimiento de los muros. A las parrillas de acero armado de refuerzo hay que colocarles roles de concreto prefabricado de 5 pulgadas de diámetro (127 milímetros), fijados al acero principal de la parrilla por medio de varillas de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19 milímetros) localizadas en ambas caras de la parrilla, instaladas de la siguiente manera: tres niveles equidistantes en el sentido vertical y cuatro también equidistantes en el sentido horizontal.

### **4.6.1 VARILLAS GUÍA PARA LOS TUBOS DE COLADO**

Es necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres de 60 x 60 centímetros con varillas verticales que hagan la función de guía para el paso de las trompas de colado y así evitar que se atoren al entrar y salir. Si estos espacios no existieran las trompas se atorarían a la entrada y salida, ya que entre más profundo sea el colado, mas complejo se hace el procedimiento

### **4.6.2 VACIADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN EL MURO MILÁN**

Después de colocado, centrado y nivelado el acero de refuerzo, se introducen a la zanja las trompas de colado por tramos (en algunos lugares conocidas también como tubos

tremie o trompas de elefante); los coples de unión de cada tramo de las trompas deben de ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto al bajar chupe aire o lodo del exterior. Cada tramo tiene que ser no mayor a los dos metros de largo y será de un diámetro no menor a los treinta centímetros.

Al tramo que sobresale en la superficie se le conecta un embudo o tolva; la boca de esta tolva debe de quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente en ella el concreto hidráulico desde las ollas revoledoras; todo el conjunto se sube y se baja durante el colado, haciendo una especie de chaqueteo, por lo que se tiene que contar con el equipo necesario para efectuar estos movimientos, además los tramos de tubo tienen que ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior en la trompa o boca de descarga se apoya en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado; una vez introducida la trompa de colado, se coloca entre la tolva y el tubo un tapón constituido por un balón de látex inflado, el cual desciende obligado por el peso del concreto vaciado, eliminando en esta forma la segregación y contaminación del concreto. De este modo se evita la descarga del concreto hidráulico con mucha energía evitando la mezcla del concreto con el lodo. Para iniciar el vaciado del concreto la trompa se levanta a una distancia de treinta centímetros del fondo de la zanja para permitir el libre flujo del colado.

#### **4.6.3 FLUIDEZ DEL CONCRETO HIDRÁULICO**

El concreto hidráulico debe ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrado penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero; la boca de descarga de la trompa de colado quedará ahogada por lo menos un metro con cincuenta centímetros en el concreto que se está colocando, para ayudar al mismo a fluir. Al principio puede desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada para que no exista contaminación del lodo con el concreto; a medida que el concreto sube en la zanja se le van quitando tramos al tubo para facilitar el alimentado del concreto ya que conforme se va sacando va ganando altura y se dificulta esta operación; de esta forma el lodo de la

zanja se va desplazando hacia la superficie por la diferencia de densidades, procediendo en este momento a la recolección del mismo.

El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga produce un efecto de arranque en el fondo del tablero dejándolo limpio de lodo; con un buen procedimiento de vaciado del concreto hidráulico, el lodo no se mezclará con él ya que éste lo llevará siempre por delante hasta rebozar, bien sea a un recipiente colector o bien al tablero contiguo; también es conveniente usar una bomba para succionarlo.

#### **4.6.4 CONTROL DEL TIEMPO DE VACIADO DEL CONCRETO EN EL TABLERO**

El concreto no ha de ser vaciado en la tolva de golpe y para lograr un flujo suave y continuo no debe haber recesos o suspensiones mayores a los quince minutos. Es necesario también un riguroso control de colado en obra, midiendo en forma permanente la variación del nivel del tirante del concreto y anotándolo en un registro con objeto de poder decidir el retiro oportuno de los tramos de las trompas de colado y programar adecuadamente el suministro del concreto para evitar pérdidas de tiempo.

En el caso de tramos de muro de seis metros, dos tubos de colado en la zanja serán suficientes, debido a las pendientes que desarrolla el concreto fluido dentro del lodo. Las dos trompas de colado se usan en forma simultánea y una vez iniciado el colado hay que cuidar que no se desplacen lateralmente dentro del tablero.

Se tiene que hacer llegar el concreto a un nivel de treinta centímetros arriba del nivel superior indicado en el proyecto; este excedente se considera contaminado y no contribuye dicha sección al trabajo estructural del muro.

Se puede considerar que el concreto se comporta como una sustancia de gran viscosidad dotada además de una cierta rigidez sometida a las condiciones de tixotropía, que como ya se dijo en el capítulo II, es la característica que permite al lodo bentonítico tener las cualidades de una gelatina en estado de reposo y de un líquido si a éste se le agita y de nuevo a gelatina si es dejado nuevamente en reposo.

#### **4.6.5 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR EL CONCRETO**

Los concretos utilizados son variados según el uso a que se vaya a destinar el muro. Si se trata de un simple muro impermeable puede elegirse obtener un concreto poco resistente y plástico, incluso adicionado con un aditivo impermeabilizante que pueda adaptarse sin rotura a las deformaciones del terreno; por lo tanto en este tipo de muros lo primordial será la impermeabilidad. En el caso de un muro de contención o que deba transmitir cargas, será importante la resistencia del concreto. Se entiende entonces que exista una gama grande de calidades de concreto, según las necesidades de cada caso.

Sin embargo, a todos ellos se les exige una cualidad especial; una elevada plasticidad que permita una colocación en obra correcta. Es preciso insistir en el punto siguiente: cuando se habla de concreto hidráulico para un Muro Milán, es necesario abandonar la idea extendida de que un concreto fluido es un mal concreto. Evidentemente, un concreto seco, bien dosificado, tiene unas cualidades incomparables, si su colocación en obra se realiza mediante vibración, en cuanto a resistencia y a retracción. Pero si se coloca este concreto en un Muro Milán, se empezará por tener graves problemas en la colocación, ya que no descenderá fácilmente por el tubo, y se tendrán desagradables sorpresas cuando se descubra el muro: juntas defectuosas, bolsas de lodo, armaduras de acero de refuerzo mal recubiertas. Se obtiene un muro de baja calidad con un concreto excelente lo cual es evidentemente absurdo.

#### **4.6.6 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO A UTILIZAR**

Los concretos empleados están generalmente dosificados con gran cantidad de cemento de 150 a 250 kg/m<sup>3</sup>, de manera que aunque la consistencia sea blanda se obtienen resistencias aceptables. En cuanto a fisuras debidas a contracción, en la práctica común no se ha observado que se produzcan y no hay que olvidar que se trata de obras que quedan alojadas en el subsuelo.

La plasticidad conveniente para una buena colocación en obra debe estar medida en el cono de Abrahams, entre 14 y 18 centímetros.

La composición del concreto depende evidentemente de los agregados pétreos disponibles; se puede decir, sin embargo, que los concretos para los Muros Milán, son ricos en arena y gravas de un tamaño no mayor a 25 milímetros. La siguiente es una dosificación aproximada por metro cúbico, para un muro resistente:

Cemento	400 kg
Arena	850 kg
Grava	900 kg
Agua	240 lt

Datos tomados del proporcionamiento o dosificación de los materiales que marca el American Concrete Institute (ACI). Las resistencias obtenidas con esta dosificación serán del orden de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  a los siete días y de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  a los veintiocho días. Los cementos utilizados con mayor frecuencia son cementos con alto contenido de óxido férrico debido a su resistencia a las aguas agresivas, pero se pueden utilizar también cementos Portland.

A menudo se utilizan aditivos plastificantes o retardadores de fraguado que deben escogerse con discreción. Se trata, en general, de conseguir un retardo en el endurecimiento más que de retardar el fraguado. En lo que concierne a los concretos plásticos es posible imaginar toda clase de mezclas de agregados, de cemento y arcilla. Hay que aclarar que las dosificaciones en cemento son generalmente pequeñas dando como resultado resistencias de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , a  $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$  y a veces menos. Para fabricar un concreto plástico se puede utilizar la bentonita, y será preciso emplearla bajo la forma de un mortero premezclado a fin de que la arcilla esté perfectamente distribuida en todo el concreto y se evite la formación de grumos.

#### **4.6.7 MÉTODOS DE CONTROL AL COLAR EL MURO MILÁN**

El colado de un panel de muro debe de efectuarse tan rápido como sea posible, siendo una condición importante para su buena ejecución. La velocidad de colocación del concreto debe ser por lo menos de 20 metros cúbicos por hora; en el caso de paneles grandes deben preverse varios tubos de colado, que serán necesarios para un buen reparto del concreto.

Es importante que el colado se realice de una forma ininterrumpida, aunque esto a veces no es fácil de conseguir sobre todo en obras urbanas en las que se utiliza generalmente concreto premezclado y transportado en camiones que sufren retrasos por los problemas de tránsito vehicular. Durante el colado se controla el llenado del panel en distintos puntos mediante una plomada. Toda anomalía en el llenado indica algún incidente, por ejemplo algún desprendimiento, por lo tanto es conveniente establecer para cada panel una gráfica indicando las cotas alcanzadas por el concreto para los distintos volúmenes colocados en obra y al comparar el volumen empleado con la cota esperada y de no coincidir, se tiene una idea inmediata de la calidad del muro y la situación de eventuales ensanchamientos.

Los ensanchamientos del muro realizado en relación al ancho teórico de la excavación son inevitables; en la mayor parte de los terrenos varían en gran medida desde casi despreciables en suelos consolidados, hasta incluso rebasar el 25 % en terrenos sin cohesión y de fácil disgregación.

El estado del lodo en el momento del colado es importante; lo ideal sería un lodo de color claro, en todo caso es indispensable que no tenga una viscosidad ni un contenido de arenas elevado (el 2 % se considera en general como un máximo para el contenido de arena). Si el lodo está muy cargado de arena al final de la excavación, es preciso desarenarlo, eventualmente fluidificarlo y en casos extremos sustituirlo.

Es preciso asegurarse de que el fondo de la excavación esté completamente limpio y exento de depósitos procedentes de la decantación del lodo; a veces es necesario asegurar una circulación del lodo en el interior del panel para evitar estos depósitos.

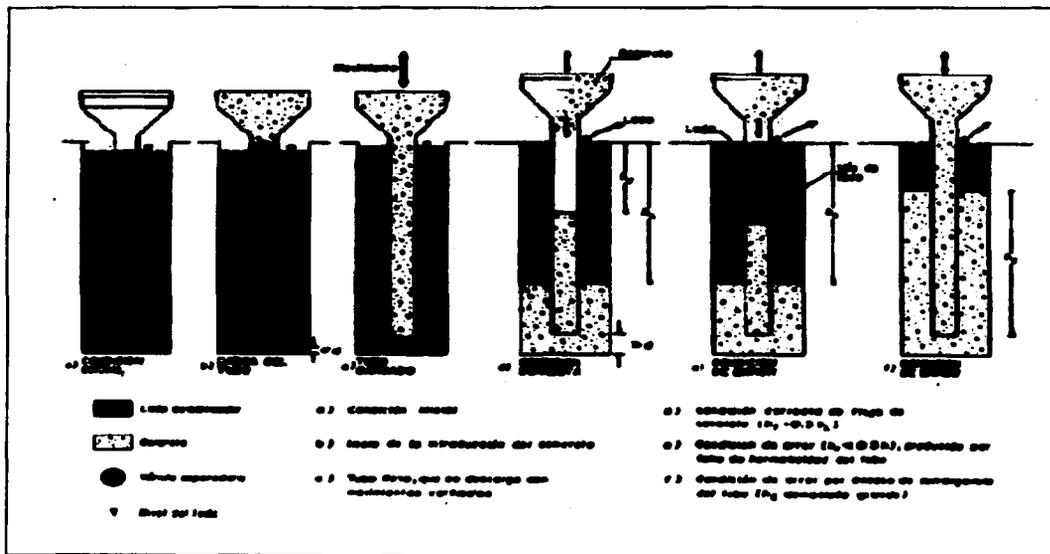
sobre todo si transcurre un tiempo demasiado largo entre la excavación de la zanja y la colocación del concreto; en este caso un sistema bastante simple de conseguir el citado movimiento consiste en utilizar el tubo de colado como emulsor, inyectándole por medio de una manguera aire comprimido.

Para evitar la segregación del concreto debido a que podría bajar con mucha velocidad por la altura a la que es vaciado por la revolvedora y para que no se contamine el primer concreto al entrar en contacto con el lodo en forma precipitada, se coloca antes de la primera colada en la boca del tubo "tremie" una bola de hule o látex inflada con aire, para que conforme vaya bajando con el peso del concreto, limpie el tubo de lodo y no deje que se precipite el concreto con fuerza hasta el fondo de la zanja. Este método de colado aparte de ingenioso ha dado excelentes resultados Figura IV.2 "OPERACIÓN DEL TUBO TREMIE AL COLAR EL MURO MILÁN". De acuerdo a la Figura IV.2 "OPERACIÓN DEL TUBO TREMIE AL COLAR EL MURO MILÁN", se observa que la correcta operación del tubo Tremie al colar el Muro Milán permite lograr muros de buena calidad, con la condición de respetar las reglas elementales de esta técnica. El tubo Tremie debe de ser un tubo de acero en tramos de 1 a 2 metros con uniones roscadas herméticas y de preferencia de paredes internas lisas; los coples no deben tener salientes que se atoren con el acero de refuerzo ya que causa problemas a la entrada y a la salida del tubo al momento del colocado del concreto. En la Figura IV.2 "OPERACIÓN DEL TUBO TREMIE AL COLAR EL MURO MILÁN", se ilustra la secuencia de operación desde la condición inicial, la fase (a) donde se introduce el tubo, la fase (b) en la cual se coloca la bola de hule látex inflado que dicho sea de paso tiene que ser lo mas hermético posible para que no se contamine el concreto con lodo bentonítico. En esta misma fase se inicia la colocación del concreto; la fase (c) donde el tubo se muestra lleno de concreto y se inicia el movimiento hacia arriba y hacia abajo para colocar correctamente el concreto en toda la zanja, la fase(d) que marca la forma correcta de todo el proceso, el concreto saliendo por el tubo pero dentro del mismo concreto y el lodo saliendo de la zanja al ser empujado por el concreto de mayor densidad; el libre movimiento del tubo sin salir del concreto para evitar ser mezclado en contacto con el lodo bentonítico .La fase (e) indica un tubo con la mitad de concreto y la otra mitad de lodo, dando como resultado una condición de error al no ser hermético el

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

tubo y dejar la entrada de lodo al interior; la fase (f) donde el tubo Tremie permanece sumergido más de lo correcto y el volumen de concreto ya colocado en la zanja impide que el que va bajando por el tubo fluya al interior.

**Figura IV.2  
OPERACIÓN DEL TUBO TREMIE AL COLAR EL MURO MILÁN**



En el siguiente capítulo se describe la importancia de la "MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCION A UTILIZAR EN EL MURO MILAN" que corresponde al capítulo V.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**CAPÍTULO V  
MAQUINARIA Y EQUIPO  
DE CONSTRUCCIÓN A UTILIZAR**

## **CAPÍTULO V**

### **MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN A UTILIZAR**

En este capítulo se analiza la maquinaria y el equipo, utilizados en la construcción del Muro Milán en obras civiles de la Ciudad de México como ejemplo en el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y el edificio La Torre Mayor.

Los equipos de construcción que intervinieron en la construcción del Muro Milán se seleccionaron de acuerdo al programa de obra para cada una de las actividades que lo integran y que se presentan a continuación.

#### **5.1 COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN A UTILIZAR**

La selección de la maquinaria y equipo de construcción que se usó en la construcción del Muro Milán en el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y el edificio La Torre Mayor en la Ciudad de México, se hizo tomando en cuenta dos aspectos.

- a) Disponibilidad del equipo de construcción con que cuenta la empresa o constructora y la existencia del equipo de construcción en el mercado.
- b) Variación en los equipos de construcción, es decir, se contaba con varios tipos de maquinaria que realizaban el mismo trabajo, como la draga de arrastre, la draga guiada con cucharón de almeja y la grúa móvil; otro caso sería el cargador frontal que puede usarse como empujador o excavador de hoja frontal, de ahí que se tuvo que realizar una selección tomando en cuenta las necesidades y los recursos de la obra.

Para la selección del equipo de construcción en este caso se debieron predecir de una manera precisa las diferentes variables y condiciones que se presentaron para evitar demoras en la elaboración de la obra.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

El rendimiento del equipo de construcción se ve afectado por los siguientes factores:

- 1) Demora de rutina. Ningún equipo de construcción debe trabajar continuamente a su capacidad máxima; hay que tomar en cuenta los tiempos para abastecerse de lubricantes y combustible, revisión periódica de tornillos, bandas, cables y neumáticos, factor humano representado por el operador con relación a su habilidad, experiencia, conocimientos en el manejo y mantenimiento de la maquinaria; fatiga, lo que significa una disminución en la rutina de trabajo.
- 2) Restricciones en la operación mecánica óptima, como ángulo de giro, profundidad de corte y coeficiente de rendimiento.
- 3) Condiciones del sitio de trabajo. Se refiere a las características propias del lugar en que está ubicada la obra, y condiciones de trabajo del equipo y son:
  - a) Condiciones físicas, como características geotécnicas del suelo, condiciones hidráulicas superficiales y subterráneas y control de las filtraciones.
  - b) Condiciones del clima, como las precipitaciones pluviales y efectos que éstas producen, como el tener que suspender las labores cuando éstas ocurran.
  - c) Condiciones de aislamiento, vías de comunicación disponibles para abastecimiento del material, distancia de los centros urbanos e industriales para obtener personal, fuentes de trabajo próximas para poder competir en algunos ramos de especialidad y capacidad.
  - d) Condición de adaptación y grado de adaptación del equipo de trabajo para sortear las características anteriores.

El desempeño en una obra de la maquinaria se entiende como rendimiento de un equipo de construcción; la cantidad de obra que realiza una máquina en la unidad de tiempo se puede valorar teóricamente de la siguiente manera:

**Rendimiento por medición directa.** Es el volúmen del material movido, durante la unidad de trabajo.

**Rendimiento por medio de reglas o fórmulas.** Se calcula el material que mueve la máquina en cada ciclo y éste se multiplica por el número de ciclos por hora y así se obtiene el rendimiento diario. Esta cantidad debe afectarse por un factor expresado en porcentaje que depende del tipo de material; este factor se puede obtener empíricamente para cada caso en particular por mediciones físicas o tomarse de los manuales de los fabricantes, pero deberán comprobarse.

**Rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante .**Las tablas se basan en pruebas de campo, simulación en computadora y la experiencia.

Para el factor correctivo los datos se basan en un cien por ciento de eficiencia, algo que es difícil conseguir, aún en condiciones óptimas en obra.

A continuación se presenta la elaboración de un programa de obra. Para iniciar la preparación del programa, el proyecto tendrá que dividirse en sus diferentes actividades; deberá determinarse la cantidad de trabajo que tenga que llevarse a cabo y deberá estimarse la rapidez de operación para cada actividad; se considerará el tiempo en que el equipo de construcción esté inactivo debido a lluvias y mal tiempo. Al estimar la rapidez con la que debe llevarse el trabajo es como se podrán seleccionar las unidades de los equipos de construcción necesarios, tomando en consideración la economía de la construcción del Muro Milán.

Cuando el programa de obra esté definido se tendrá cuidado que la utilización del equipo de construcción sea eficiente y deberá ser examinado críticamente para determinar si es conveniente hacerle modificaciones.

El empleo del equipo de construcción especializado es aconsejable para las obras donde la rapidez y economía son determinantes, ya que el tiempo y el costo se pueden optimizar considerando que el equipo pueda reemplazarse rápidamente y realice el mismo equipo diferentes operaciones y se deberá contar con un taller que pueda dar

mantenimiento y reparaciones de emergencia al equipo de construcción. Si el programa no fuera adecuado, el costo y el tiempo se incrementarían principalmente por la mala selección de los equipos de construcción del Muro Milán.

Debido a una mala selección se obtienen presupuestos bajos, conocimiento insuficiente de la obra, condiciones adversas del clima y administración y supervisión insuficiente.

A continuación se menciona una lista de la maquinaria y herramienta (principales características y descripción), que se utilizó para la construcción del Muro Milán y que puede ser usada en otras obras.

### **5.1.1 LISTA DE MAQUINARIA A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN**

- a) Vibrador para concreto
- b) Draga guiada o almeja montada sobre orugas
- c) Grúa sobre neumáticos
- d) Cargador frontal sobre neumáticos
- e) Camión de volteo
- f) Camión pipa para el traslado de lodos
- g) Olla revolvedora de concreto (Revolvedora en tránsito).

### **5.1.2 LISTA DE HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN**

- a) Palas
- b) Picos
- c) Marro
- d) Cuña
- e) Cuchara de albañil
- f) Plana
- g) Llana

- h) Pisón de mano
- i) Carretilla de mano
- j) Tránsito.

Descripción del equipo y la herramienta a utilizar en la construcción del Muro Milán.

**a) PALA**

Es una herramienta de mano compuesta de una placa metálica y un cabo de madera, la placa puede terminar recta y en este caso sirve para cavar zanjas, para hacer revolturas, morteros y mezclas. O puede terminar redondeada y en punta sirviendo entonces para excavar. Puede tener cabo recto y largo o más corto y terminado en un mango para ahí tomar la pala con la mano y con la otra el cabo.

**b) PICO**

Herramienta que consiste en un cabo o mango de madera con una pieza larga de hierro en su extremo; esta pieza puede termina en dos puntas o en una punta en un extremo y un corte angosto en el otro.

**c) MARRO**

Es una masa de hierro provista de un mango; se denomina según el peso de la masa de hierro y los hay de muchos tamaños; los más pequeños tienen el mango corto y se usan con una mano para clavar estacas o bien los albañiles lo emplean para rastrear piedras toscamente.

**d) CUÑA**

Herramienta consistente en una barra de acero cilíndrica de 30 o 40 cm. de largo y de 38 a 51 mm. de diámetro terminada en punta o como cincel, que se usa para romper piedras colocándola en las grietas y golpeando con un marro.

### **e) CUCHARA DE ALBAÑIL**

Es una herramienta de construcción que consiste en una hoja de acero de forma triangular con un mango de madera, que se utiliza en múltiples trabajos de albañilería; las grandes se emplean para mamposterías y aplanados, y las pequeñas para trabajar los detalles.

### **f) PLANA**

Consiste en un rectángulo de madera de 30 cm. de largo, 15 cm. de ancho y 2 cm. de grueso, que sirve para hacer acabados ásperos en aplanados y recubrimientos.

### **g) LLANA**

Es una placa de acero rectangular de 25 cm de largo por 15 cm de ancho, con mango de madera que sirve para hacer acabados finos.

### **h) PISON DE MANO**

Consiste en una masa pesada de madera provista de una barra de acero en posición vertical, que sirve para compactar materiales de terracerías, fondos de zanjas o rellenos de zanjas.

### **i) CARRETILLA DE MANO**

La carretilla de mano puede decirse que es un carrito de mano con una rueda delantera de hule o metálica sostenida en un eje apoyado a su vez en dos largueros con los que se empuja, y con una caja metálica gruesa que sirve para transportar materiales de todas clases; trabaja sobre el principio de la palanca, con una capacidad de 70 litros.

### **j) TRÁNSITO**

Para la ejecución de los levantamientos topográficos y nivelaciones se usa el tránsito; cuenta esta herramienta con dos limbos graduados, cuyos planos se cruzan en ángulo recto, que permiten medir ángulos horizontales y verticales; un telescopio que gira

sobre ejes centrales en los limbos, y una aliada en cada limbo provista de dos índices con su nonio. Todo lo anterior descansa sobre una base que a su vez se apoya en tres tornillos, con los cuales se nivela la herramienta. El tránsito se atornilla por medio de una base con rosca a un tripie de extensión.

## **5.2 MAQUINARIA PARA REALIZAR LA LIMPIEZA Y NIVELACION DEL TERRENO**

Para los levantamientos topográficos y nivelación del terreno se utilizó el tránsito. La limpieza del terreno se hizo para preparar el lugar donde se construyó el Muro Milán, quitando la basura, escombros o restos de construcciones anteriores; así mismo se debe nivelar el terreno en el caso en que existan montones de tierra o algún otro material.

Para retirar los escombros producto de la limpieza del terreno, y el material de demolición de los edificios que se ubicaban en el sitio, se utilizó un cargador frontal sobre neumáticos y a continuación se mencionan sus principales características, como potencia, peso, capacidad.

### **5.2.1 CARGADOR FRONTAL**

Marca	Caterpillar
Modelo	968G
Potencia	235 HP
Peso	22.9 toneladas
Capacidad	4.3 metros cúbicos
Vida económica	5 años
Tiempo trabajado por año	2,000 horas
Tipo de combustible	Diesel
Tipo de locomoción	Neumáticos
Vida económica de neumáticos	2,400 horas.

## **5.2.2 DESCRIPCIÓN DEL CARGADOR FRONTAL**

El cargador frontal es un equipo tractor que está montado sobre neumáticos. El usado en la construcción del Muro Milán, tiene un cucharón en su extremo frontal; el cucharón está instalado para excavar o cargar tierra o material granular, levantarlo, a llevarlo cuando sea necesario y vaciarlo desde cierta altura a los camiones de volteo.

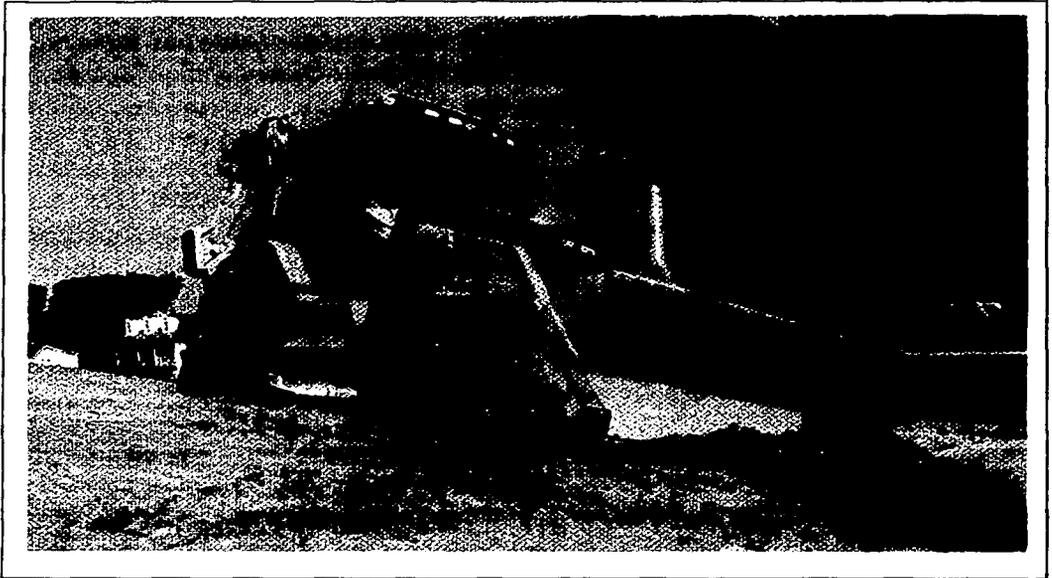
El cargador está diseñado con controles hidráulicos y extensores de los brazos, esto significa que parte del trabajo del cucharón lo hace el mecanismo que está integrado en el tractor.

Los cucharones varían en tamaño desde  $\frac{1}{4}$  de  $yd^3$  a  $25 yd^3$  ( $0.19 m^3$  a  $19.1 m^3$ ) de capacidad con copete; los cargadores de uso común y que se consiguen con facilidad son los de hasta  $5 yd^3$  ( $3.8 m^3$  de capacidad). Con el cucharón del cargador, que es un accesorio más usual en el tractor que una hoja topadora, el equipo a utilizar será el más adecuado según las necesidades del proyecto a construir.

Puede asegurarse de que exista un equilibrio cuidadoso entre el tamaño del cucharón y el del tractor. El diseño toma en consideración la condición extrema del trabajo, o sea, la del cucharón lleno soportado en su posición elevada con los brazos totalmente extendidos hacia el frente del tractor. La seguridad contra el volcamiento hacia adelante, bajo esa condición, recibe el nombre de capacidad estática de carga volcante y es importante tomarla en consideración para la seguridad del operario y del personal que labora en la obra.

Un factor de seguridad común es 2, lo cual significa que la carga que pudiera ocasionar la volcadura es del doble de la carga que puede contener el cucharón cargado a ras con material de  $1,780 kg/m^3$ ; se requiere este factor de seguridad para proteger el equipo de las condiciones de carga más severas que soporta al moverse. Debe existir un equilibrio entre el tamaño del tractor y del cucharón para obtener un cargar frontal balanceado.

**Figura V.1**  
**CARGADOR FRONTAL**



El cargador se usó en la operación de limpieza del terreno y nivelación donde se construyó el Muro Milán, así como en el relleno de la excavación hecha para la construcción del brocal.

La productividad de un cargador frontal se calcula en  $m^3$  por hora; puede determinarse estimando la carga real medida en banco de material, y calculando el tiempo que tome el manejar cada cucharón lleno y su ciclo.

El tamaño del cucharón que lleva el cargador lo da el tamaño de este último, solo que en yardas cúbicas ( $1 \text{ yd}^3 = 0.7646 \text{ m}^3$ ); se venden de  $1/2 \text{ yd}^3$ ,  $5 \text{ yd}^3$ ,  $15 \text{ yd}^3$ , y tamaños intermedios.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

El tiempo total de un ciclo de un cargador frontal para manejar cada cucharón, depende de tiempos fijos y variables; los tiempos variables son los que dependen de las distancias que recorre el cargador con cada cucharón lleno, velocidades de recorrido y retorno para la siguiente carga, acomodo de una nueva unidad de acarreo en su lugar para que la cargue el cargador. El tiempo fijo comprenderá aquellas partes del ciclo del cargador que son razonablemente constantes como cargar el cucharón, cambiar velocidades, girar y vaciar la carga. Figura V.1 "CARGADOR FRONTAL".

### **5.3 MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BROCALES**

Es importante mencionar que la excavación de los brocales se hace a mano hasta una profundidad de 1.50 metros, utilizando solamente herramientas como son el pico y la pala, esto con la finalidad como se ha mencionado con anterioridad de que si existen instalaciones de drenaje, gas, telefonía, energía eléctrica, o agua potable, no sean dañadas por la maquinaria que se utiliza, dado que la reparación de cualquier tipo de instalación, causaría una demora en la obra, así como un costo adicional.

Después de librada esta profundidad y una vez que fueron colados los brocales con concreto y agitada la mezcla con un vibrador que a continuación se describe, se inicia la excavación que alojará el armado del Muro Milán, con el equipo de construcción.

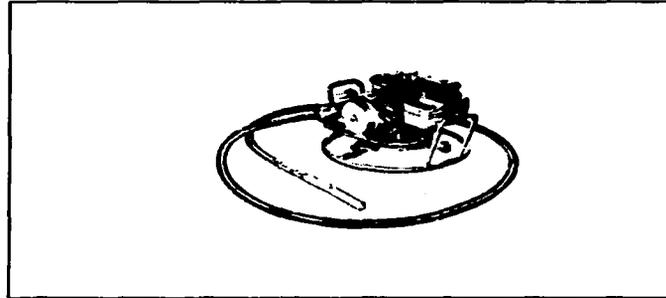
#### **5.3.1 VIBRADOR PARA CONCRETO**

Marca	Wacker
Modelo	M-5000/1988
Potencia	4 HP
Combustible	Gasolina
Vida económica	3 años
Horas trabajadas al año	1,600 horas
Cabezal de acero	7,000 revoluciones por minuto
Manguera flexible	32 milímetros
Longitud de la manguera	3 metros.

### **5.3.2 DESCRIPCIÓN DEL VIBRADOR PARA CONCRETO**

Este equipo consta de un cabezal tubular vibratorio que se sumerge completamente en el concreto. La potencia del motor se transmite al cabezal a través de una manguera y de un eje flexible llamado chicote; su aplicación permite eliminar bolsas de vacío de aire que se encuentran en el concreto antes de fraguar, un secado rápido y más resistencia del mismo. Figura V.2 "VIBRADOR PARA CONCRETO".

**Figura V.2  
VIBRADOR PARA CONCRETO**



### **5.4 MAQUINARIA PARA LA EXCAVACIÓN DE LA ZANJA**

La maquinaria usada para excavar las zanjas que contendrán el armado del Muro Milán, debe ser resistente para soportar los impactos al terreno, y que su operación sea rentable; como la draga guiada para lograr la vertical que requiere el terreno, provista de un cucharón de almeja, como se muestra en la Figura V.3 "EXCAVACIÓN DENTRO DEL BROCAL CON UNA DRAGA GUIADA".

A continuación se presenta la descripción y algunas características de una draga guiada con cucharón de almeja.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Figura V.3  
EXCAVACIÓN DENTRO DEL  
BROCAL CON UNA DRAGA GUIADA.**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **5.4.1 DRAGA GUIADA CON CUCHARÓN DE ALMEJA**

Las principales características de una draga guiada son las siguientes:

Marca	Link Belt
Modelo	LS118
Capacidad	40 toneladas
Longitud de la pluma	25 metros
Vida económica	5 años
Tiempo trabajado por año	2,000 horas
Tipo de combustible	Diesel
Medio de locomoción	Montada sobre orugas.
Cucharón	Tipo almeja.

### **5.4.2 DESCRIPCION DE LA DRAGA GUIADA CON CUCHARÓN DE ALMEJA**

La draga guiada con cucharón de almeja esta provista de una larga barra de guiado llamada "Kelly" que lleva fijo rigidamente el cucharón.

El cucharón esta equipado con dientes que facilitan la penetración en el terreno así como su disgregación y constituyen piezas de desgaste fáciles de cambiar; el cierre debe ser perfecto para evitar que se vacíe el lodo de perforación.

Con éste tipo de maquinaria no debe permitirse ni la rotación del cucharón ni la desviación de la vertical; el guiado es excelente, para aumentar el número de golpes del cucharón por hora.

Las dragas montadas sobre orugas pueden operar sobre superficies que sean blandas para los equipos montados sobre neumáticos, pero su velocidad de translación es lenta lo que hace necesario utilizar equipos de acarreo, para transportarlas de una obra a otra, cosa que no acontece con la unidad montada sobre neumáticos.

**Figura V.4  
DRAGA GUIADA CON CUCHARÓN  
DE ALMEJA MONTADA SOBRE ORUGAS**



El tamaño de una draga está indicado por la capacidad del cucharón expresado en yardas cúbicas y éste puede variar en capacidad dependiendo de la longitud de la pluma y de la clase de material que se esté excavando, La capacidad máxima de levantamiento de una draga está limitado por el peso, y si se rebasa esto hará que se volque la máquina; es necesario por tanto reducir el tamaño del cucharón cuando se emplea una draga larga. En la práctica, el peso combinado del cucharón cargado debe producir una fuerza no mayor del setenta y cinco por ciento de la fuerza requerida para volcar la máquina.

Las dragas son unidades excelentes para la excavación de zanjas, cuando se permite que los taludes conserven sus ángulos de reposo sin necesidad de ademarlos.

Las dragas permiten cargar el material producto de la excavación en camiones de volteo.

La draga montada sobre orugas, es la que se utilizó para la ejecución del Muro Milán, Figura V.4 "DRAGA MONTADA SOBRE ORUGAS".

El material producto de la excavación, depositado por el cucharón de la draga en camiones de volteo de 6 metros cúbicos de capacidad, es retirado para llevarlos al tiradero más cercano.

### **5.4.3 CAMIÓN DE VOLTEO**

Marca	Famsa
Modelo	725
Capacidad	6 metros cúbicos
Vida económica	5 años horas
Tiempo trabajado por año	2,000 horas
Tipo de combustible	Diesel
Vida económica de neumáticos	2,400 horas.

#### **5.4.4 DESCRIPCIÓN DEL CAMION DE VOLTEO**

Los camiones de volteo, son vehiculos que se desplazan a grandes distancias por medio de neumáticos y se diseñan para transportar a alta velocidad tanto maquinaria, como cargas y volúmenes de gran tamaño.

El camión de volteo es el medio de a carreo más eficiente para las obras donde las distancias son grandes y las calles se deben conservar en buen estado. Figura V.5 "CAMIÓN DE VOLTEO".

**Figura V.5  
CAMIÓN DE VOLTEO**



## **5.5 EQUIPO PARA LLEVAR A CABO EL ARMADO E IZADO DE LA PARRILLA DE REFUERZO**

Cuando se haya terminado la excavación, verificado la profundidad de la zanja y la calidad del lodo bentonítico, se hará a continuación la introducción de las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

El armado del Muro Milán está formado por una parrilla exterior y otra interior de acero, colocado vertical y horizontalmente formando con esto una armadura.

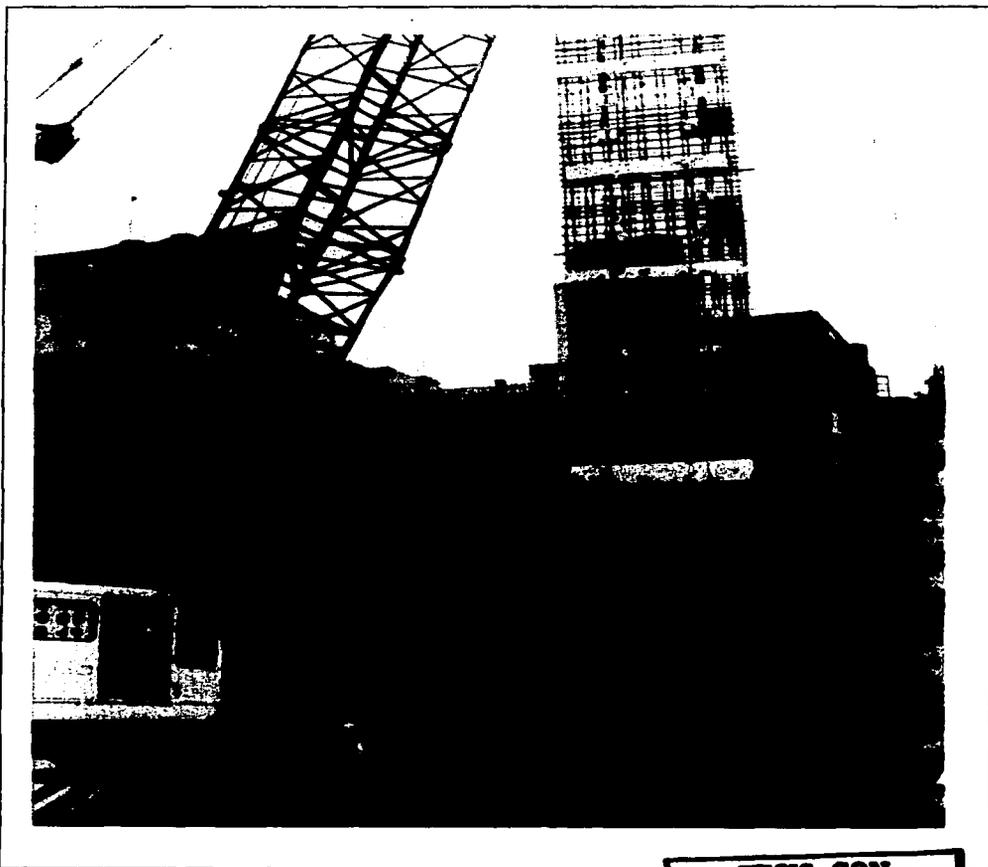
La armadura debe levantarse con la ayuda de una grúa; para ser introducida en la zanja que contiene el lodo bentonítico, se hace descender por su propio peso, verificando que se cumpla la verticalidad, el alineamiento y la profundidad. **Figura V.6 "PARRILLA DE REFUERZO IZADA POR LA GRÚA".**

La grúa usada para las maniobras de colocación en la zanja de la malla armada para el Muro Milán, se describe a continuación:

### **5.5.1 GRÚA**

Marca	Reichmann.
Modelo	RX
Capacidad	40 toneladas
Longitud de la pluma	32 metros
Vida económica	5 años
Tiempo trabajado por año	2,000 horas
Medio de locomoción	Montada sobre orugas
Tipo de combustible	Diesel
Potencia	112 H.P.

**Figura V.6  
PARRILLA DE REFUERZO IZADA  
POR LA GRÚA**



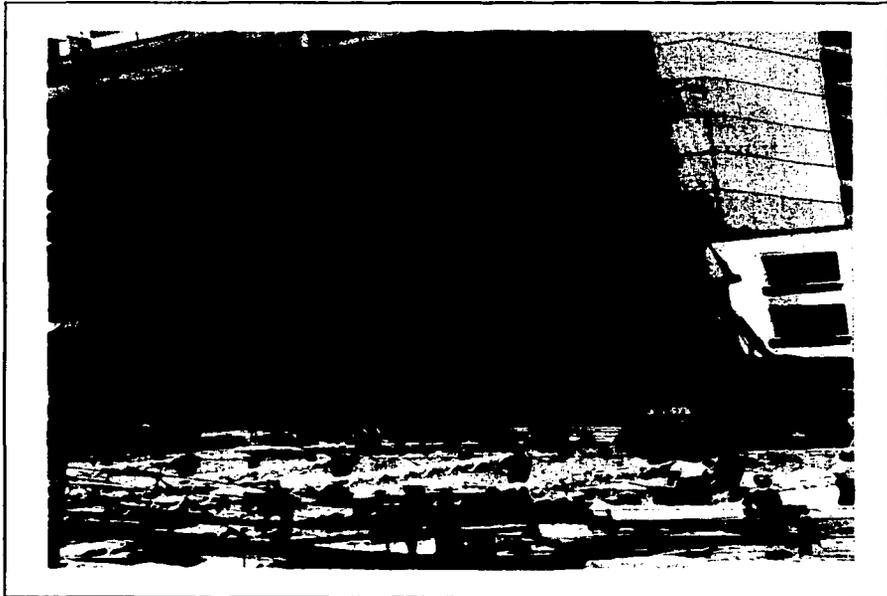
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **5.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA GRUA**

Esta máquina esta conformada por una unidad autopropulsora, montada sobre orugas; fundamentalmente consta de una pluma telescópica hecha con secciones de placas o ángulos de acero, su control es hidráulico y emplea contrapesos necesarios para su equilibrio. Figura V.7 "GRÚA MONTADA SOBRE ORUGAS".

Su función principal es levantar, girar y bajar cargas sostenidas por cables de movimiento.

**Figura V.7  
GRÚA MONTADA SOBRE ORUGAS**



## **5.6 EQUIPO PARA EFECTUAR EL COLADO DE CONCRETO EN EL MURO MILÁN**

Una vez colocada la parrilla armada con varillas y perfectamente apoyada en el fondo de la zanja y bien calzada por medio de gatos hidráulicos, se procede al colado con concreto hidráulico, cuidando que los tiempos de colado no se excedan de lo estipulado en el capítulo IV "PROCESO DE HABILITADO Y ARMADO DEL ACERO, Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LOS MUROS", comprobando las cotas de colado y que el concreto no se contamine con el lodo bentonítico, para que no varíe la calidad y la resistencia del Muro Milán, el concreto hidráulico es transportado al lugar de la obra con una máquina revolvedora, que a continuación se describe:

### **5.6.1 REVOLVEDORA DE CONCRETO**

Estas máquinas consisten en una olla metálica o de plástico soportada en un chasis con neumáticos, y accionados por un motor de gasolina o diesel que hace girar la olla mezclando los elementos que en ella se encuentran: arena, cemento y grava para la elaboración del concreto.

Las revolvedoras montadas sobre camión, llamadas revolvedoras de tránsito, se utilizan cuando el agregado y el cemento se cargan en la planta central de mezclado y el concreto se hace mientras la revolvedora viaja. La cuba agitadora solamente transporta el concreto premezclado, agitándolo para evitar la segregación. Figura V.8 "OLLA REVOLVEDORA DE CONCRETO" (REVOLVEDORA EN TRÁNSITO)

### **5.6.2 CAMIÓN PIPA PARA EL TRANSPORTE DE LODO BENTONÍTICO**

Marca	Ford
Modelo	F-600
Capacidad	6000 litros
Tipo de combustible	Gasolina
Potencia	160 H.P.
Vida útil	5 años

Tiempo trabajado por año      1,400 horas  
Medio de locomoción            Neumáticos

**Figura V.8  
OLLA REVOLVEDORA  
DE CONCRETO (REVOLVEDORA EN TRÁNSITO)**



**Figura V.9  
PIPA PARA EL TRANSPORTE  
DEL LODO BENTONÍTICO**



El lodo bentonítico usado para la estabilidad de la zanja es transportado a la obra por un camión pipa para lodos.

El camión pipa para lodos se usa para transportar el lodo bentonítico usado en el colado del Muro Milán y el que no cumple con las propiedades y límites especificados

en el capítulo II, que es desechado. Figura V.9 "CAMIÓN PIPA PARA EL TRANSPORTE DE LODO BENTONÍTICO".

El éxito de la construcción del Muro Milán en la Ciudad de México, desde el punto de vista de la maquinaria y equipo de construcción, depende de una buena planeación para la selección del equipo pesado, tomando en cuenta para ello la inversión que se tenga y el que se adquiera durante el proceso de la obra, pasando estas inversiones a formar parte del capital de la empresa.

Al seleccionar el equipo de construcción debe tomarse en cuenta que las operaciones que se plantearon en el programa de obra, lleguen a un final satisfactorio, con el costo más bajo posible, respetando los planes y especificaciones que se fijaron para la construcción del Muro Milán.

Las condiciones del subsuelo de la Ciudad de México, en lo que fué la zona del Lago de Texcoco, presentan gran inestabilidad por la cantidad de agua contenida en él y hay dificultad para cualquier maniobra en la edificación de una obra, teniendo condiciones no gratas para la estabilidad de la construcción. En estos casos se recurre a la construcción del Muro Milán, usando para ello la maquinaria y equipo descritos en el presente capítulo.

Concluye éste capítulo y a continuación se presenta el capítulo VI "MURO MILÁN EN CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE MÉXICO", que trata de la edificación del Muro Milán, utilizado en dos grandes obras de la Ciudad de México, que son el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y el edificio La Torre Mayor.

**CAPÍTULO VI**  
**MURO MILÁN EN**  
**CONSTRUCCIONES**  
**DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

## **CAPÍTULO VI**

### **MURO MILÁN EN CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

En este capítulo se presentan las ventajas del muro colado en el sitio, en obras que presentan problemas no viables con otros métodos constructivos.

En este capítulo se tratan "dos" obras representativas, para la utilización en la Ciudad de México del Muro Milán en la construcción de obras civiles, por considerarlas de las más importantes en los últimos años y que son el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y el edificio denominado La Torre Mayor ubicado en Paseo de la Reforma, el más alto de Latinoamérica (hasta el momento).

Cuando se vio la necesidad de transportar a grandes cantidades de población, se tomó la decisión de construir el Sistema de Transporte Colectivo (Metro), por considerarlo una solución óptima debido a que las condiciones que presentaba en la década de los años sesenta la Ciudad de México eran los de una urbe que combinaba la majestuosidad de la época Colonial y la modernidad del siglo XX.

Estas condiciones obligaban a que se construyera un transporte masivo, sin afectar las condiciones de tránsito vehicular ya caótico en ese entonces y la arquitectura existente que dicho sea de paso, no contempló el crecimiento desordenado de la ciudad al grado de llegar a ser la Ciudad más grande del mundo. Por otro lado, a últimas fechas y como un símbolo de modernidad, un grupo de inversionistas decide construir un edificio de gran altura en la avenida más importante de la Ciudad de México.

Se utilizó el predio que anteriormente ocupaba el cine Chapultepec y otro colindante en el cual por un largo tiempo solo hubo una construcción inconclusa, la cual de cierto modo daba mal aspecto a la zona. Se localiza frente a la entrada del Bosque de Chapultepec y cerca del histórico Castillo de Chapultepec. Es una ubicación privilegiada que dará un toque especial a la arquitectura del paisaje en la zona y que sin duda colocará a la Ciudad de México en un buen nivel mundial, arquitectónicamente



## **6.1 EL MURO MILÁN COMO SOLUCIÓN A LAS FILTRACIONES DE AGUA Y EMPUJE QUE SE PRESENTEN AL MOMENTO DE REALIZAR EXCAVACIONES EN LA ZONA LACUSTRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

La necesidad de realizar excavaciones profundas en la Ciudad de México, en la zona lacustre que ocupó en la antigüedad el Lago de Texcoco, obliga al constructor, a tomar las medidas necesarias para que al llevar a cabo los trabajos de excavación no se presenten derrumbes ni asentamientos que pongan en peligro tanto vidas humanas, como propiedades y construcciones vecinas.

La extracción de agua provoca el abatimiento del nivel freático y la consolidación de las arcillas y los limos, que al estar saturados de agua, ésta sostiene prácticamente flotando a las construcciones que no cuentan con una cimentación profunda. Por esta razón es importante, en la zona lacustre de la Ciudad de México, no extraer agua del subsuelo indiscriminadamente, ya que se producen asentamientos y hundimientos no deseados, que ponen en peligro las estructuras aledañas a la excavación.

El conjunto de Muros Milán que al ser construidos se les agrega un aditivo impermeabilizante que en términos comerciales se le conoce como Sikalite, Festergral o alguno similar, al completar su fraguado el concreto impida el paso de agua entre sus partículas que lo componen y al unirse entre sí por una junta impermeable de poli vinilo de cloruro (PVC), forman una pantalla impermeable que al ser apuntalada se convierte en un muro de contención temporal, el cual permite llevar a cabo una excavación en términos generales dentro de los límites de seguridad normales y que en otras condiciones, sería difícil lograr.

Por lo mismo el Muro Milán en construcción de obras civiles en la Ciudad de México, se ha convertido en una herramienta indispensable para realizar obras de importancia que no alteren el entorno ni física ni ecológicamente, proporcionando una alternativa viable.

## **6.2 SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)**

El Muro Milán ha sido un elemento de extraordinaria utilidad en la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (Metro) en la Ciudad de México. Al inicio de la obra, en 1967, se aplicó la tecnología del Muro Milán al subsuelo blando arcilloso de la Ciudad de México, empleándolo como muro tabla-estaca temporal para facilitar la excavación del cajón; en los primeros años se demostró también su confiabilidad como parte del cajón estructural definitivo, mediante un tramo de prueba de 100 metros lineales, modelo a escala natural para dos vías, en arcilla y usando el método de Muro Milán, figura VI.2 "MURO MILÁN TERMINADO USADO EN EL METRO".

**Figura VI.2  
MURO MILÁN TERMINADO USADO EN EL METRO**



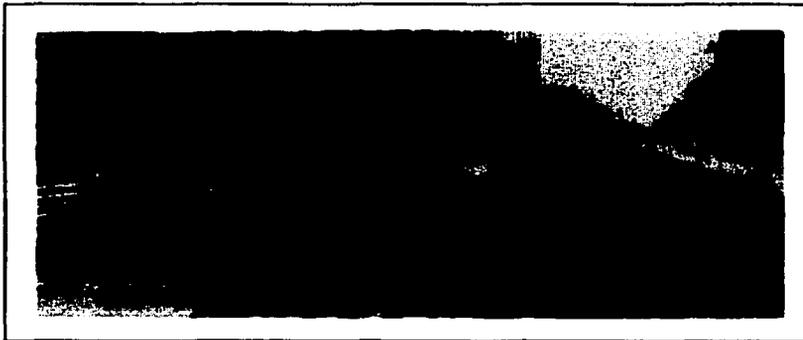
El sistema de construcción del Muro Milán se lleva a cabo construyendo muros cuyas dimensiones son las de la zanja que lo contiene; en el espacio que deja libre la excavación, se vierte todo bentonítico, cuya densidad es mayor que la del agua del suelo, mientras se continúa realizando la excavación; después se coloca el acero de refuerzo procediendo enseguida a hacer el colado del concreto que formará propiamente los muros.

Otro aspecto interesante del procedimiento constructivo de Muro Milán, fue el estudio de estabilidad de los taludes y del fondo de las excavaciones, y las limitaciones que en cada caso se señalaron para conservar los márgenes de seguridad mínimos requeridos.

Las herramientas usadas en la excavación y las precauciones que se tomaron para efectuarla, así como los cuidados especiales que se tuvieron durante los colados, son algunas de las características interesantes del método constructivo, mismo que se describe a continuación.

### **6.2.1 CONSTRUCCIÓN DE BROCALES O MUROS GUÍA**

**Figura VI.3  
CONSTRUCCIÓN DE BROCALES O MUROS GUÍA  
EN EL MURO MILÁN DEL METRO**

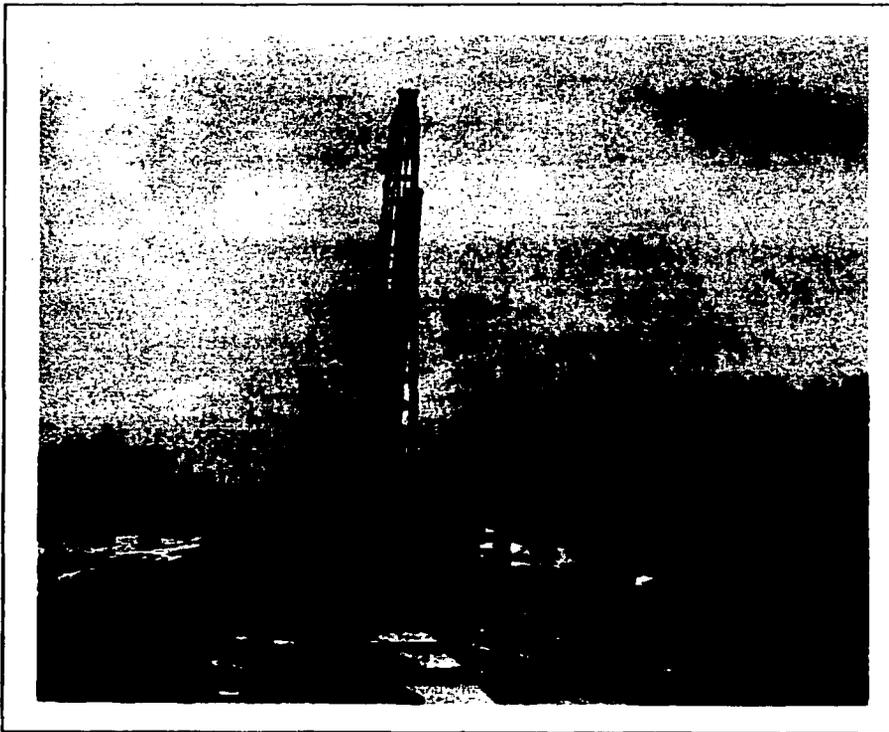


**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

Los brocales son dos piezas en forma de ángulo recto, de concreto armado, constituidas con un alero o losa que es la cara horizontal, y otro muro que es la cara vertical; dichos brocales tienen la finalidad de servir de guía a las dragas tipo almeja para realizar la excavación, Figura VI.3 "CONSTRUCCIÓN DE BROCALES O MUROS GUÍA EN EL MURO MILÁN DEL METRO", como ya se describió en el capítulo II de este trabajo.

**Figura VI.4  
ZANJA ESTABILIZADA CON LODO BENTONÍTICO EN EL METRO**



## **6.2.2 EXCAVACIÓN Y ADEMADO DE LAS ZANJAS**

La excavación de la zanja para la construcción del Muro Milán se limitó a tramos de 6 metros de longitud, con el objeto de garantizar el ademado de las paredes; las zanjas se hicieron de 0.80 metros de ancho y profundidad promedio de 9 metros, siendo variable esta última dimensión, de acuerdo con las condiciones del terreno y la cota de desplante del cajón.

Antes de empezar la excavación de un tablero, la zanja formada por los brocales se llena de lodo bentonítico, hasta el borde superior, manteniendo ese nivel durante todo el proceso de excavación y colado del tablero. El lodo bentonítico estabiliza las paredes y el fondo de la zanja por la diferencia de densidades entre éste y el agua del suelo. El lodo tiende a infiltrarse en los materiales más permeables, separándose parte del agua y dejando una costra plástica de residuo de bentonita, adherida a las paredes de la zanja; lo ideal es que su espesor sea pequeño para que trabaje como una membrana delgada y resistente que contenga al suelo, transmitiendo las presiones del lodo. Figura VI.4 "ZANJA ESTABILIZADA CON LODO BENTONÍTICO".

Se ha visto por experiencia que si una zanja se mantiene llena de lodo, pero éste no cumple con las especificaciones de densidad, contenido de arena o viscosidad, se obtiene un mal terminado del Muro Milán; es por ello que finalizada la excavación de cada tablero, se verificó que el lodo cumpliera con las características señaladas por el laboratorio; en caso de no ser así este se regenera hasta que se cumplieran.

## **6.2.3 PARRILLA DE ACERO DE REFUERZO**

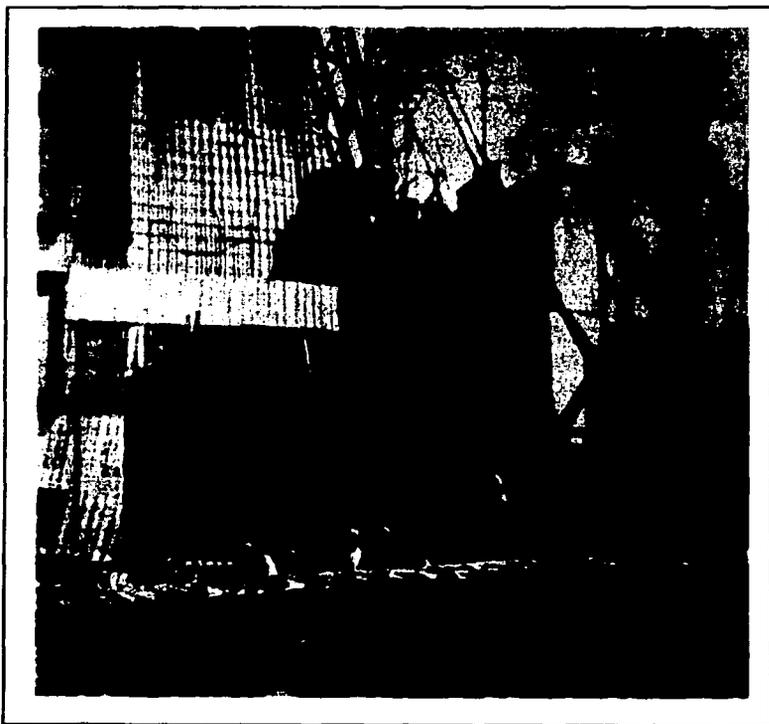
El armado del muro de Muro Milán está formado por una parrilla exterior y otra interior de acero vertical y acero horizontal; esto conforma una armadura que debe izarse e introducirse por gravedad en el lodo bentonítico para quedar situada hasta la profundidad inferior de la pata; en el centro de la parrilla se deja un hueco de 0.50 por 0.50 metros para dar paso a la trompa de colado. Figura VI.5 "COLOCACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN".

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

La colocación de esta parrilla implica también un problema adicional: a pesar del mayor cuidado en su colocación, provoca pequeños derrumbes en las paredes de la cepa. Por eso se necesita un elemento adicional: guías metálicas tubulares circulares que con facilidad permiten el deslizamiento de la parrilla hasta su posición final.

**Figura VI.5**  
**COLOCACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**  
**PARA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN**



## **6.2.4 COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN**

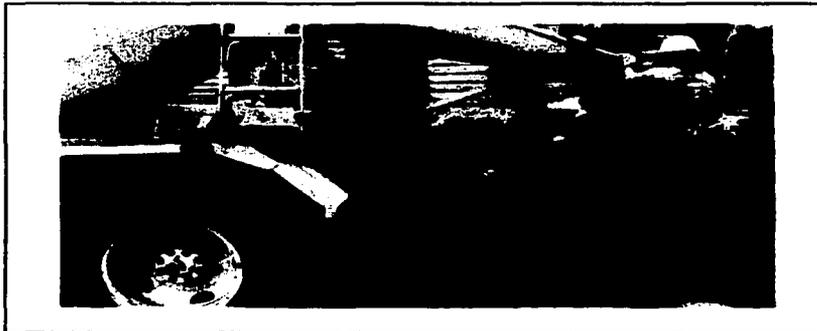
Ahora se procede al colado del muro, de abajo hacia arriba, mediante los tubos de colado llamados Tubos Tremie, proceso que, en los años noventa del siglo XX, se conoce con el nombre de Método Tremie. En éste el concreto debe ser de revenimiento muy alto, del orden de 20 centímetros, para que tenga la debida fluidez.

Durante las primeras operaciones de este proceso, el concreto se desparrama y los tubos quedan sumergidos en el concreto, por lo que se hacen dos adiciones, primero una pequeña tolva en la boca del tubo para vaciar el concreto premezclado y segundo, un malacate para mantener en movimiento alternativo vertical el tubo de colado; mediante el malacate se suspende el tubo para ir quitando el tramo superior que ya no es útil. Figura VI.6 "COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN EN LA TORRE MAYOR" y Figura VI.7 "COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN EN EL METRO".

El proceso de excavación de la cepa del Muro Milán con la grúa guiada, indica objetivamente que la longitud de tramo de muro debe ser de seis metros, pero con la intención de lograr mayor adelanto longitudinal, se intenta hacer cepas para muro, una a continuación de la otra, en longitudes del orden de los 100 metros, para lo cual se necesita que, entre un tramo del muro y el siguiente, se coloque una junta provisional

**Figura VI.6**

### **COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN EN LA TORRE MAYOR**

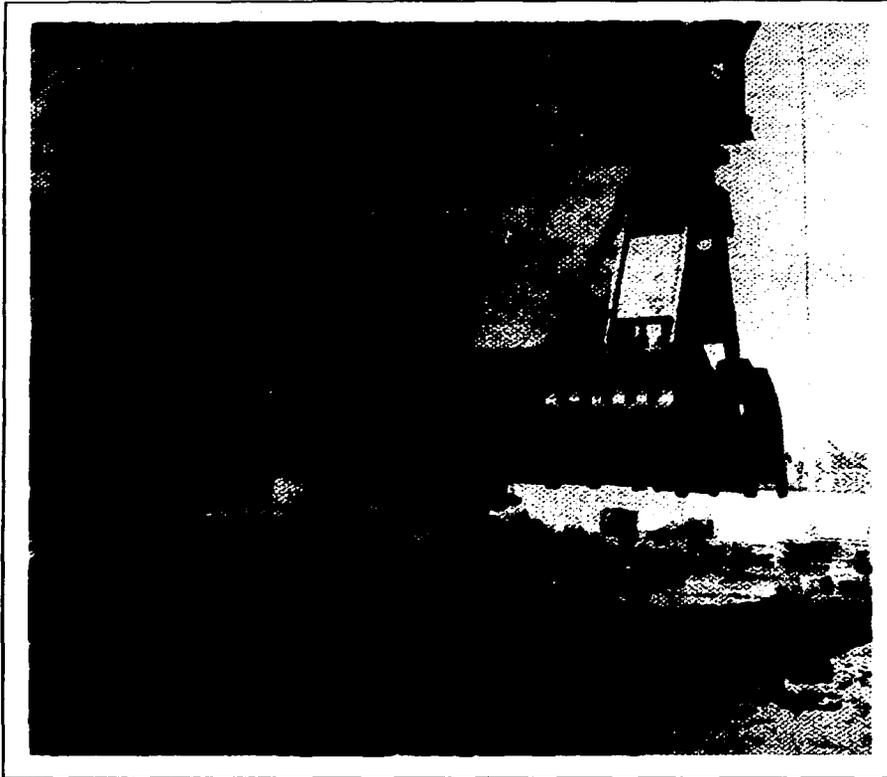


**Figura VI.7  
COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN EN EL METRO**



que al retirarse, permita la continuidad en el trabajo estructural de dichos tramos. Figura VI-8 "EXCAVACIÓN DE LA ZANJA PARA ALOJAR EL MURO MILÁN CON GRÚA GUIADA"

**Figura VI.8  
EXCAVACIÓN DE LA ZANJA PARA  
ALOJAR EL MURO MILÁN CON GRÚA GUIADA**



### **6.2.5 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE TABLEROS**

En el cajón construido con Muros Milán, y para permitir que el cajón tome con facilidad los movimientos diferenciales longitudinales que se transmiten por la deformación del

suelo arcilloso, se piensa al arranque de la obra que un tramo entre dos estaciones se divida en subtramos de longitud equivalente a la distancia de puenteo de la estructura apoyada en el terreno, la que resulta de 20 metros aproximadamente.

Entre cada dos subtramos debe de haber entonces una junta de construcción que permita los movimientos de la estructura y que evite la filtración del agua freática hacia el interior del cajón, para no producir asentamientos de las vialidades o construcciones vecinas. Para formar la junta, la solución es una banda elástica de polivinilo de cloruro, (PVC) con bulbo central, de suficiente espesor y ancho, que resista los esfuerzos y deformaciones que transmiten los cajones adyacentes y no permita la entrada del agua. El bulbo en la parte media de la banda es indispensable, porque aunque el material pierde sus cualidades, es muy dúctil para el alargamiento esperado y no sufre agrietamientos, en cambio el bulbo, por su geometría, toma la mayor parte de la deformación. Figura VI.9 "JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE TABLEROS".

Figura VI.9

**JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE TABLEROS**



Si bien las bandas de polivinilo de cloruro (PVC) para juntas ya se usan en el medio de la construcción, por las características que tienen, en el cajón del Metro fué necesario

hacer un diseño especial, con las debidas pruebas de laboratorio, que dan como resultado el tipo de banda apropiado para nuestro proyecto.

Algunas de las ventajas logradas con el método de construcción del Muro Milán son las siguientes:

Trabajo seguro entre dos paredes de gran rigidez, muros apuntados con elementos metálicos, como tubos o vigas en celosía, de acuerdo con las variaciones del claro, de la profundidad y de los empujes del terreno.

Trabajo en seco gracias al abatimiento del nivel freático, que permite trabajar más limpiamente en ausencia de agua.

Compensación de las excavaciones gracias al peso de la estructura de concreto; esto representó un interesante aspecto económico, ya que el Muro Milán funciona como estructura provisional durante la fase de excavación y como estructura definitiva y lastre al terminarse aquella, con lo que se evitan los costos adicionales que representa el uso de tablaestacas, que aunque son recuperables, no lo son ciento por ciento.

Sin embargo la mayor ventaja que ofrece el procedimiento constructivo Muro Milán es el corto tiempo de ejecución en su construcción.

A continuación se da paso a otra obra construida a finales del siglo XX y principios del XXI, el edificio La Torre Mayor, magna obra levantada sobre el Paseo de la Reforma frente al bosque de Chapultepec; en dicha obra, el Muro Milán cumplió las tres funciones a la perfección, la de pantalla impermeable, la de contención y la de cimentación al formar parte del cajón de cimentación.

No se registraron filtraciones importantes de agua durante la ejecución de la obra ni posteriormente; para contener los empujes del suelo se utilizaron troqueles de acero en hileras de cuatro; la losa de cimentación de tres metros de espesor se ancló al Muro Milán y al mismo tiempo a las cabezas de las pilas de cimentación.

### **6.3 EDIFICIO LA TORRE MAYOR**

La Torre Mayor es un edificio próximo a terminarse, construido en la zona nor-poniente de la Ciudad de México, el cual cuenta con 55 niveles a partir del de banquetas y 4 niveles de sótano, alojados dentro de un cajón que comprende un área en planta de 80 x 80 metros de superficie y con una profundidad de 16 metros. Su cimentación consiste en 251 pilas con diámetro de 1.0, 1.2, 1.5 metros, construidas hasta las profundidades de 46 y 52 metros, con respecto al nivel de banquetas.

El cajón de 80 x 80 x 16 metros, en el cual se alojan los cuatro niveles de sótano, está formado perimetralmente con Muro Milán. La razón por la cual se tomó la decisión de utilizar este método constructivo es porque como ya se dijo en el capítulo I, el riesgo de dañar a las edificaciones vecinas con la utilización de equipo de construcción como piloteadoras que con los impactos producidos al colocar los pilotes o las tablaestacas, ocasionarían daños a todas las construcciones que fueron hechas en décadas pasadas.

En cuanto a las características de los edificios colindantes, tanto al oriente como al poniente, son edificios cuya cimentación está en contacto con el muro perimetral del cajón; al norte del predio hay otros edificios, pero se encuentran separados por la calle de Río Atoyac y por lo que respecta a la colindancia sur, no hay ningún problema pues se localiza la vialidad del Paseo de la Reforma. Los edificios de la colindancia oriente cuentan con 5 niveles en promedio y todos tienen cimentaciones superficiales; además de ser antiguos son los más deteriorados y antes de iniciar la obra presentaban desplomes notorios a simple vista, según se muestra en la siguiente Figura VI.10 "EDIFICIOS DE LA COLINDANCIA ORIENTE DE LA TORRE MAYOR".

En visitas realizadas por el equipo de trabajo de esta tesis, los comentarios de varios ingenieros que trabajan en la misma, indican la posibilidad de que los edificios de la colindancia oriente, que están prácticamente junto a La Torre Mayor sean adquiridos por los mismos dueños de la Torre, para ser demolidos. Evaluaron también la posibilidad de ampliar los estacionamientos, para mayor comodidad de los usuarios y visitantes del edificio, así como el mejoramiento de la vialidad al aumentar los accesos.

**Figura VI.10**  
**EDIFICIOS DE LA COLINDANCIA ORIENTE DE LA TORRE MAYOR**



Por su parte, los inmuebles del lado poniente son más recientes y no presentan defectos visibles, el más importante es un edificio de 13 niveles con dos sótanos cuya cimentación consta de un cajón apoyado en pilotes de punta.

### **6.3.1 ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO EN LA ZONA DONDE SE EDIFICÓ LA TORRE MAYOR**

De acuerdo a la zonificación estratigráfica que establece el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1993 vigente, La Torre Mayor se localiza en la zona de transición, sin embargo en la estratigrafía, que se descubrió con el estudio

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

de campo que se realizó con anticipación, se encontró que, el sitio presenta características que concuerdan con el perfil típico de la zona lacustre.

El perfil estratigráfico del subsuelo bajo La Torre Mayor consta de cinco capas como sigue: Manto superficial, formación arcillosa superior, primera capa dura, formación arcillosa inferior y por último los depósitos profundos. Estos estratos se describen de la forma siguiente:

### **6.3.2 MANTO SUPERFICIAL**

De 0.0 a 5.0 metros, integrado por limos arenosos preconsolidados de consistencia firme, en los que el contenido de agua natural es del 50 % y la resistencia no drenada alcanza un valor de hasta  $6.4 \text{ ton/m}^2$ .

### **6.3.3 FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR**

De 5.00 a 25.5 metros, compuesta por arcillas de consistencia creciente con la profundidad, desde muy blanda hasta muy firme y bastante preconsolidadas; solamente en los primeros 8 metros del estrato, donde el contenido natural de agua promedio es del 250%, se tiene una resistencia no drenada baja del orden de  $3.1 \text{ ton/m}^2$ ; sin embargo después el valor medio del agua se reduce al 150 % y la resistencia va en aumento progresivamente hasta alcanzar un valor máximo de  $7.5 \text{ ton/m}^2$ .

### **6.3.4 PRIMERA CAPA DURA**

De 25.5 a 29.5 metros, constituida por suelos limo-arenosos de consistencia dura, con una resistencia no drenada de hasta  $17.5 \text{ ton/m}^2$ .

### **6.3.5 FORMACIÓN ARCILLOSA INFERIOR**

De 29.5 a 32.0 metros, compuesta por arcillas de consistencia firme a dura, con un contenido natural de agua promedio de 100% y una resistencia no drenada de  $14 \text{ ton/m}^2$ .

### **6.3.6 DEPÓSITOS PROFUNDOS**

De 32 a más de 60 metros, consisten principalmente en suelos areno-limosos muy compactos, con intercalaciones de lentes limo-arenosas o arcillo-arenosas de consistencia dura. En los suelos granulares el ángulo de fricción interna efectivo oscila entre valores de 37° y 44°. Con una resistencia superior a las 2800 ton/m<sup>2</sup>.

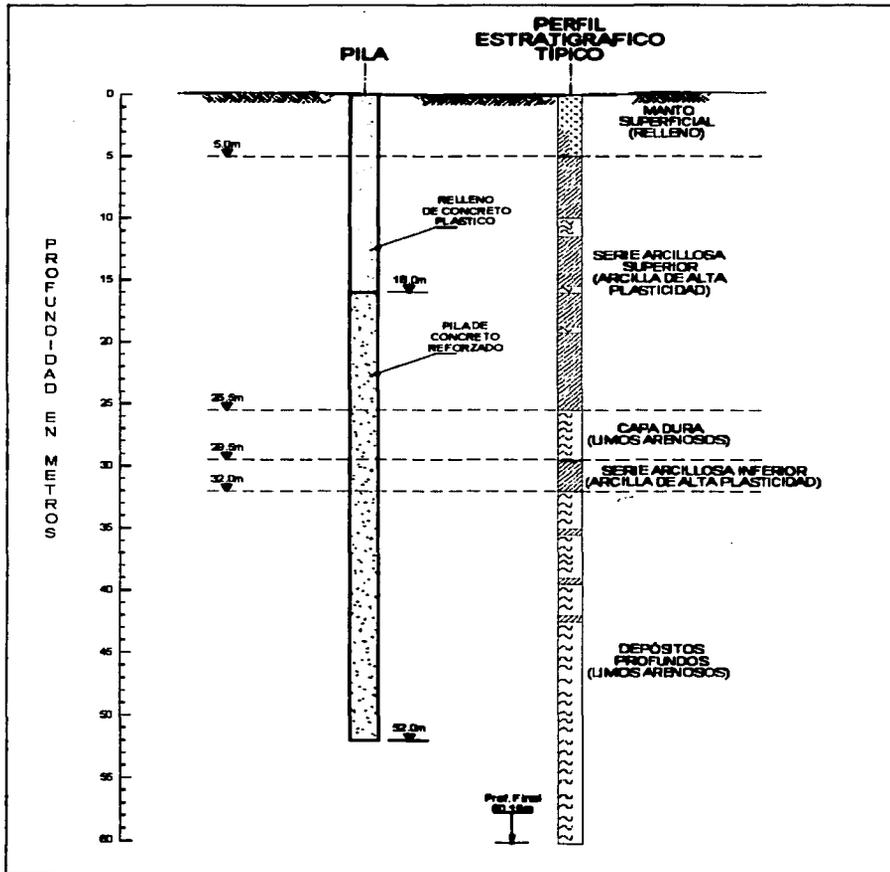
No se detectó un nivel freático (aguas subterráneas) como tal, sino un manto de agua con diferentes niveles entre 5 y 13 metros de profundidad; como todos los estratos del subsuelo se muestran en la siguiente Figura VI.11 "PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUBSUELO EN LA TORRE MAYOR".

### **6.4 EXTRACCIÓN DE PILOTES INSERVIBLES Y DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS ANTIGUAS**

Las edificaciones existentes en el predio antes mencionado, constituyeron cierta dificultad al tener que demolerlas así como retirar sus cimentaciones, algunas de las cuales tenían pilotes de madera, otras de concreto, por consiguiente hubo la necesidad de retirarlos previamente a la excavación. La extracción de los pilotes se efectuó de diversas formas, dependiendo del tamaño y profundidad de los mismos, en ocasiones jalándolos simplemente mediante una grúa con almeja si eran pequeños, o bien aplicando un procedimiento especial con martillos piloteadores o vibrohincadores, para aflojarlos y después extraerlos con más facilidad. Figura VI.12 "EXTRACCIÓN DE PILOTES INSERVIBLES EN EL AREA DE CONSTRUCCIÓN".

Se tuvo que dejar libre el terreno para poder iniciar los trabajos de colocación de las pilas de cimentación consistente en perforación, colocación de lodo bentonítico en la misma, armado y bajado del acero de refuerzo y colado del concreto hidráulico. Asimismo se inició la colocación de instrumentos de medición para monitorear los esfuerzos de las pilas de cimentación desde su colocado dentro de la excavación, el colado, la construcción de la losa de fondo, hasta que se fueron cargando poco a poco con el incremento de las cargas conforme avanzó la construcción.

Figura VI.11  
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUBSUELO EN LA TORRE MAYOR



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Hubo la necesidad de colocar una barda alrededor del predio hasta más allá de la banqueta, por ser una construcción de gran altura y para evitar accidentes por objetos caídos.

Para tener un control más estricto tanto del personal como de la herramienta manual, así como de objetos importantes, se adquirió el edificio de 5 niveles ubicado en la calle de Río Elba 59, con el doble objetivo de que sirviera de aduana y de oficinas de la obra a la vez. En dichas oficinas se encuentra el control del proyecto tanto en documentos como en personal calificado consistente en su mayoría por ingenieros que llevan la responsabilidad del buen término de los trabajos y en conjunto la realización del edificio en todos los aspectos, tanto de Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Arquitectura, instalaciones y acabados en general.

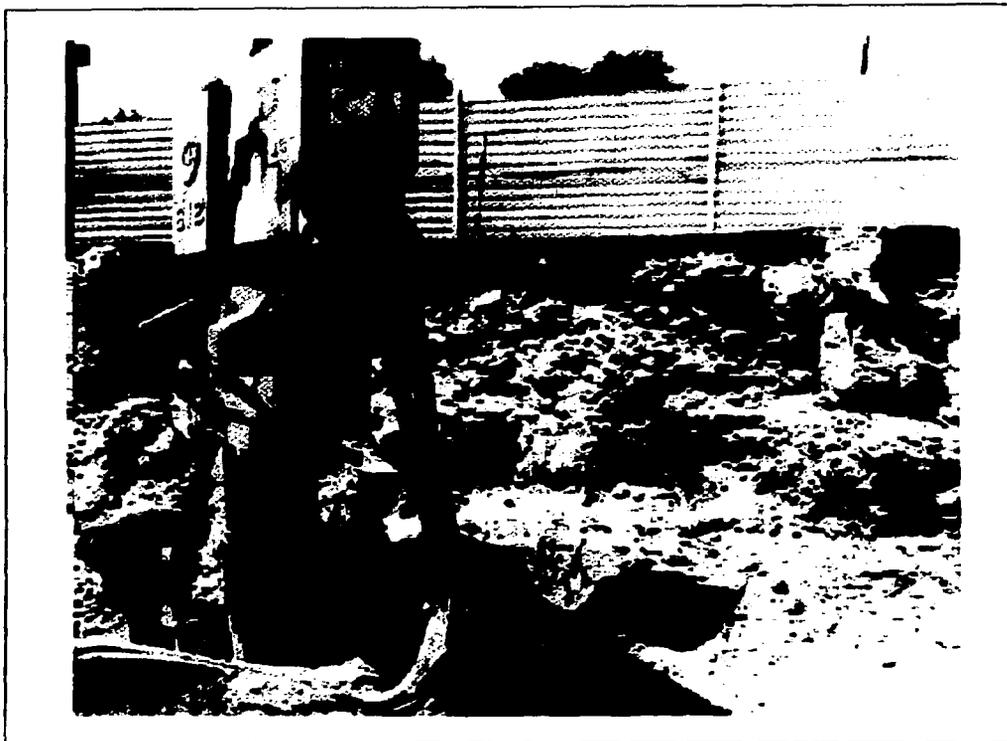
Los accesos para camiones pesados con materiales de construcción y todos los suministros en general, se hicieron por la avenida Reforma y por la calle de Río Atoyac.

#### **6.4.1 PILAS DE CIMENTACIÓN EN LA TORRE MAYOR**

Una vez despejada el área de trabajo, se inició la perforación de las 251 pilas de cimentación utilizando una perforadora rotatoria montada sobre una grúa, a la que se le acopló una broca helicoidal o un bote cortador, como se observa en la Figura VI.13 "PANORAMA DEL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN PARA PERFORAR". Como ya se dijo anteriormente, la profundidad de construcción de las pilas fue de 46 a 52 metros dependiendo de lo irregular del estrato de depósitos profundos; sin embargo su longitud efectiva a partir del fondo del cajón es de 30 a 36 metros, de manera que para descender el armado dentro de cada perforación hasta el estrato firme, se soldaron dos varillas de la longitud necesaria para llegar a este estrato.

Para las pilas se utilizó un concreto de  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y el colado se ejecutó de una forma similar a la descrita para el del Muro Milán, con tubería "Tremie" hasta cubrir el volumen de total de cada pila, de manera que el concreto subiera 30 centímetros por

**Figura Vi.12  
EXTRACCIÓN DE PILOTES INSERVIBLES  
EN EL AREA DE CONSTRUCCIÓN**



arriba de la losa de fondo del cajón. Una vez que el concreto cumplió 24 horas de haber sido colocado, se rellenó el resto de la perforación con concreto de  $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$  para que por su misma poca resistencia a la compresión, fuera más fácil demolerlo al hacer la excavación del cajón.

En este mismo capítulo, después de describir las diferentes etapas de la construcción del Muro Milán en el edificio de La Torre Mayor, se ve un breve panorama de la instrumentación que se colocó dentro de seis pilas de las 251 que integran todo el conjunto; a este sistema se le denominó Proyecto de Instrumentación Sismogeotécnica de la Cimentación de La Torre Mayor.

A partir de los diversos estudios geotécnicos llevados a cabo por los diseñadores, se definieron las características de la cimentación profunda requerida para el edificio, que como ya se dijo consiste en 251 pilas coladas en el lugar, con diámetros de 1.0, 1.2 y 1.5 metros, mismas que penetran hasta los estratos firmes.

Para llegar a esta solución se llevaron a cabo varias campañas de exploración del subsuelo con métodos directos e indirectos, detallados ensayos de laboratorio y pruebas de carga en pilas construidas ex profeso, e instrumentadas con tecnología de punta. También se corroboró como transmiten la carga al subsuelo que las envuelve.

#### **6.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN Y TABLAESTACAS EN LA TORRE MAYOR**

Para la contención del empuje de tierras alrededor del área por excavar y para evitar la filtración de agua hacia la excavación, se construyó un Muro Milán perimetral que cubrió las dos funciones. La conservación del tirante (nivel de aguas freáticas) a la misma altura que se encontraba antes de iniciar la obra, es importante, pues si bajara produciría importantes perjuicios en las construcciones vecinas y se presentarían hundimientos e inclinaciones en ellas, debido a que se formaría una especie de loma en el perfil del tirante, lo cual provocaría que los edificios colindantes que no cuentan con cimentación profunda se inclinarán hacia la dirección de la loma.

El Muro Milán perimetral tiene las dimensiones de 60 centímetros de espesor y 22 metros de profundidad, se llevó a cabo con un conjunto de paneles de longitud variable entre 2.5 y 6.0 m, utilizando vigas "I" como junta para que su unión fuese impermeable, con una capa de Poli Vinilo de Cloruro (PVC), para evitar filtraciones de agua.

**Figura VI.13  
PANORAMA DEL EQUIPO DE  
CONSTRUCCIÓN PARA PERFORAR**



Las vigas mencionadas sirvieron también para soldar a ellas los elementos estructurales del sistema de apuntalamiento, pues cuando se hace en forma diagonal en las esquinas se pueden presentar deslizamientos indeseables que pondrían en riesgo la estabilidad del muro. Figura VI.14 "COLOCACIÓN DE UNA JUNTA TIPO VIGA "I" ENTRE LOS PANELES DEL MURO MILÁN".

Los tableros de menor longitud se emplearon en la colindancia oriente, con objeto de tener un mayor control de la estabilidad de la zanja excavada (brocal) para el Muro Milán y causar la menor afectación a los edificios vecinos. Adicionalmente y como medida de precaución antes de trabajar en dicha colindancia, se construyó un muro de protección de las cimentaciones vecinas que después quedó adosado al Muro Milán.

Para iniciar los trabajos del Muro Milán, se empezó con la realización del trazo, y la nivelación del terreno se mejoró con una capa de balastro y otra de tepetate, con el objeto de dar estabilidad a la superficie por donde transitarían equipos de construcción de más de 30 toneladas de peso.

Ya estabilizado el terreno, se excavó de forma manual la zanja guía; se hizo a pico y pala prácticamente con la doble finalidad de encontrar instalaciones superficiales ya existentes que podrían ser dañadas con una retroexcavadora mecánica y por otro lado por ser la manera en la que no se provocan derrumbes en las paredes de la zanja. Los brocales se hicieron en forma de "L" invertida, con una separación de 65 centímetros y alerones de 50 centímetros y una profundidad de 1.50 metros; se amaron con varillas de acero de refuerzo en el sentido longitudinal de  $\frac{1}{2}$  pulgada (12.7 milímetros) y en el sentido transversal con varillas de  $\frac{3}{8}$  de pulgada (9.5 milímetros); se colaron con concreto hidráulico de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y se cimbraron con tarimas de madera. Figura VI.15 "CIMBRADO Y ARMADO DE BROCALES".

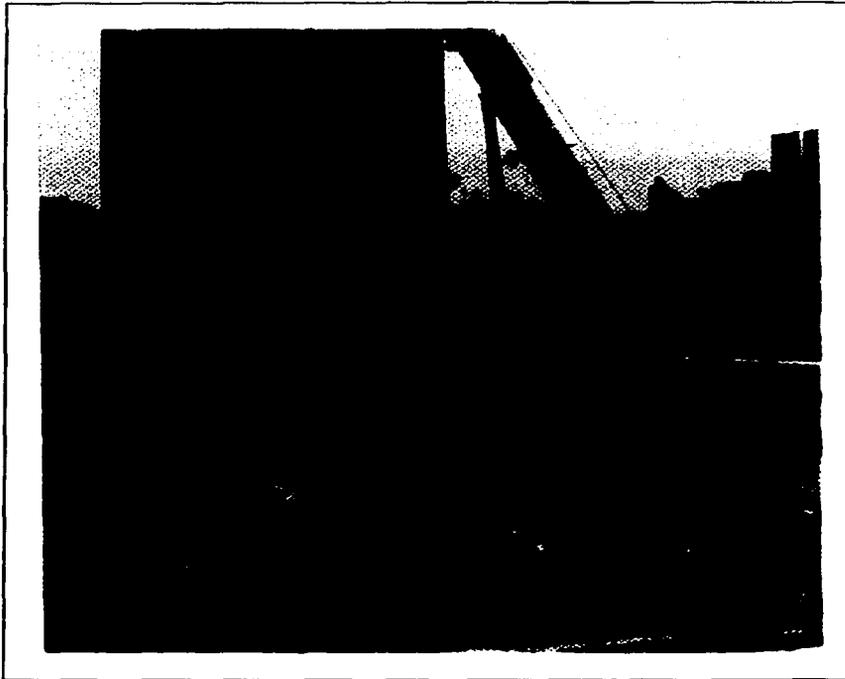
La draga provista con valvas tipo almeja, tiene 60 centímetros de ancho, por lo tanto si se hace la zanja guía exactamente de 60 centímetros de ancho, costaría trabajo introducir la almeja en ella; por este motivo se hace de 65 centímetros con la intención de que no se atore al meterla o sacarla.

**Figura VI.14  
COLOCACIÓN DE UNA JUNTA TIPO VIGA "I"  
ENTRE LOS PANELES DEL MURO MILÁN**



Para evitar que se inclinen los muros de concreto del brocal se apuntalan uno contra el otro con polines de madera, mismos que se retiran poco antes de iniciar la excavación definitiva del Muro Milán y ya que esté llena la zanja por lo menos hasta 40 centímetros del borde del brocal con lodo bentonítico. Figura VI.16 "HOLGURA DEL BROCAL PARA DAR PASO A LA DRAGA"

Figura VI.15  
CIMBRADO Y ARMADO DE BROCALES



Es importante que en todo momento se mantenga la zanja con lodo bentonítico, por lo menos hasta la zona del muro de concreto del brocal, pues se tiene por experiencia que si baja más de este punto al pasar cerca una máquina de construcción, el peso del equipo o con el empuje del mismo terreno, se producen fallas en la estabilidad del brocal, provocándose caídos, además de que parte de la excavación queda sin recubrir ya sea por el concreto del brocal o el lodo de perforación. Figura VI.17 "NIVEL DE LODO BENTONÍTICO DENTRO DE LA ZANJA"

**Figura Vi.16  
HOLGURA DEL BROCAL PARA DAR PASO A LA DRAGA**



El llenado de la zanja con lodo se hace simultáneamente con el avance de la excavación, de tal manera que se introduce en ella una manguera de 4 pulgadas (10.16 centímetros) para estar inyectando constantemente el lodo bentonítico dentro de la zanja. Figura Vi.18 "VACIADO DEL LODO BENTONÍTICO EN LA ZANJA".

Cabe hacer notar que el lodo bentonítico para estabilizar la zanja donde se va a construir el Muro Milán, se tiene que hidratar por lo menos doce horas antes de su primera utilización, en unos cilindros acomodados en batería cerca de la zanja para que con facilidad se suministre lodo a los tramos que se estén construyendo sin demoras ni interrupciones; debido al tiempo que permanece en reposo, es necesario agitarlo para que pase del estado semisólido (gelatinoso), al líquido, introduciendo una manguera de aire a presión dentro del lodo y conectada a un compresor. Figura Vi.19 "DEPÓSITOS DE ACERO PARA LA HIDRATACIÓN DEL LODO BENTONÍTICO".

**Figura VI.17**  
**NIVEL DE LODO BENTONÍTICO DENTRO DE LA ZANJA**



La bentonita utilizada para la fabricación del lodo es de importación, por tal motivo es necesario usarla las más veces posible para optimizar costos; es recomendable reciclarla hasta cuatro veces antes de mandarla a laboratorio a analizar para determinar si es reutilizable y adicionarle los químicos que hagan falta.

Al mismo tiempo y en otro sitio dentro de la obra se habilitó el acero de refuerzo para armar las parrillas con varillas corrugadas de 1 pulgada de diámetro (2.54 centímetros) en los dos sentidos y con una separación de 30 centímetros entre una y otra. Figura VI.20 "HABILITADO Y ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO".

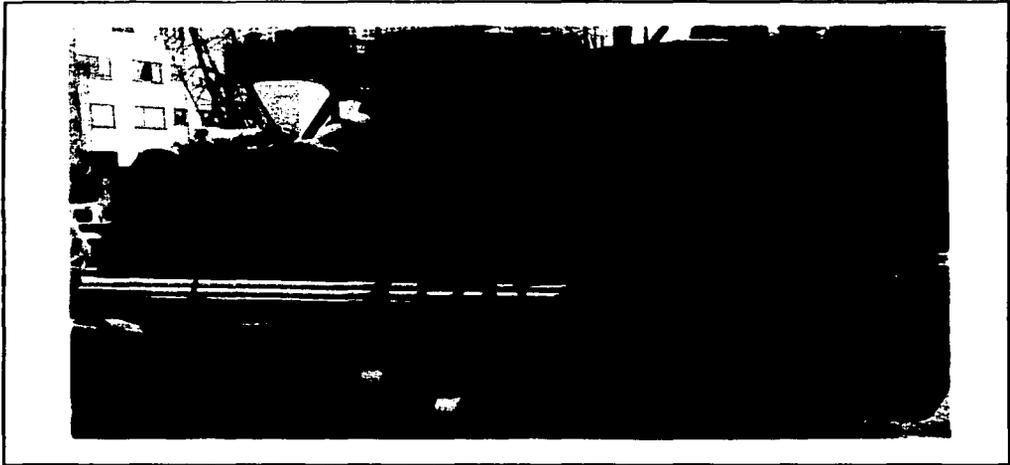
**Figura VI.18  
VACIADO DEL LODO BENTONÍTICO EN LA ZANJA**



Una parte fundamental en el reciclado del lodo bentonítico es el desarenado, por lo tanto es necesario hacer pasar el flujo de lodo por una criba vibratoria con la cual se separa el material que con el proceso de la excavación se va depositando en el lodo bentonítico, debido a que el suelo en el que se realizó la excavación es un limo arenoso poco consolidado, situación por la cual no es difícil que se mezclen los materiales. Figura VI.21 "EQUIPO DESARENADOR DE LODO BENTONÍTICO".

También se le colocó al armado tabletas de plástico espumoso en lugares estratégicos para que después de fraguado el muro y realizada la excavación, las varillas del Muro Milán queden expuestas y de ahí sean anclados los armados de las losas de estacionamiento para que se evite tener que romper el concreto, con la consecuente pérdida de dinero y de tiempo. Figura VI.22 "COLOCACIÓN DE PLÁSTICO (UNICEL), EN LOS ARMADOS".

**Figura Vi.19  
DEPÓSITOS DE ACERO PARA LA HIDRATACIÓN DEL LODO BENTONÍTICO**



**Figura Vi.20  
HABILITADO Y ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO**



**Figura VI.21  
EQUIPO DESARENADOR DE LODO BENTONÍTICO**



**Figura VI.22**  
**COLOCACIÓN DE PLÁSTICO**  
**(UNICEL), EN LOS ARMADOS**



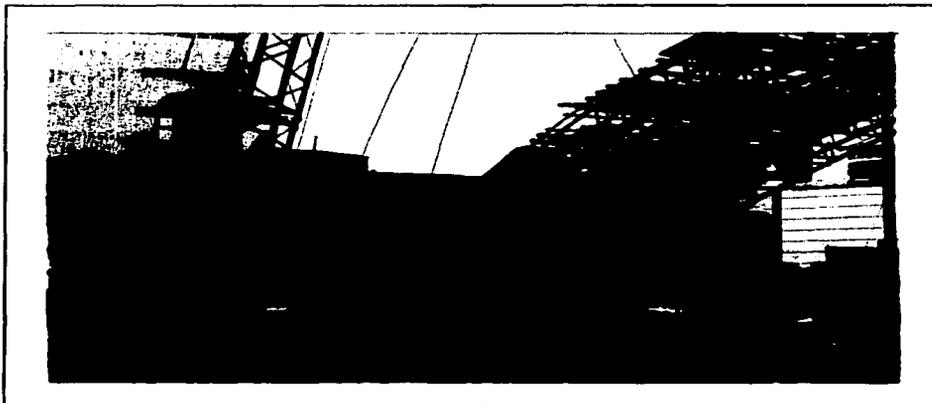
Ya colocado el unicel y terminado de armar el panel se procede a levantarlo con cuidado y la ayuda de una grúa. Figura VI.23 "SUJECIÓN DEL ARMADO DE REFUERZO". Para que no se presenten desprendimientos del plástico espumado, se le coloca también malla de alambre comúnmente llamada de gallinero. Figura VI.24 "LEVANTANDO CON GRÚA EL ARMADO DE REFUERZO".

Al bajar el armado en la zanja se debe tener cuidado de hacerlo despacio para no producir derrumbes en las paredes de la misma, ni golpear el brocal; se guían por medio de cables amarrados para tal función y con la ayuda de personal, pero con el cuidado debido para que no se produzcan accidentes con las personas que se desplazan en el entorno de la maniobra; es indispensable que el equipo de construcción elegido sea el adecuado para no correr riesgos de que se caiga al realizar la operación. Figura VI.25 "COLOCACIÓN DEL ARMADO DE REFUERZO EN LA ZANJA".

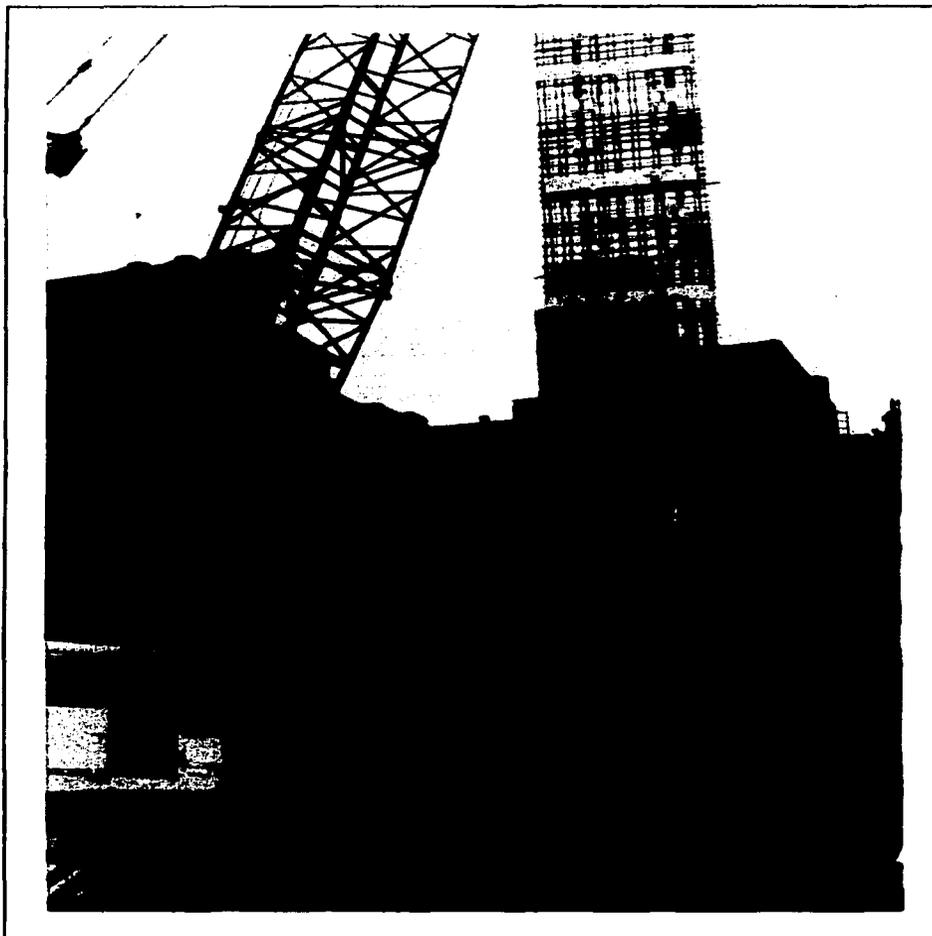
**Figura Vi.23  
SUJECIÓN DEL ARMADO DE REFUERZO**



**Figura Vi.24  
LEVANTANDO CON GRÚA EL ARMADO DE REFUERZO**



**Figura Vi.25**  
**COLOCACIÓN DEL ARMADO DE REFUERZO EN LA ZANJA**



### **6.4.3 INMOVILIZACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO**

Al terminar de colocar el acero de refuerzo dentro de la zanja, se procede a sujetar la parrilla de varillas de acero contra los brocales para que no emerja el acero al momento de vaciar el concreto, con la ayuda de polines de madera y para que no tenga movimientos laterales que produzcan derrumbes dentro de la excavación ni obstruyan el paso de los tubos de colado (tubos Tremie). Figura VI.26 "INMOVILIZACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO DENTRO DE LA ZANJA".

**Figura VI. 26  
INMOVILIZACIÓN DEL ACERO  
DE REFUERZO DENTRO DE LA ZANJA**



Cabe hacer notar que también es necesario colgar el armado de los mismos brocales, con la ayuda de varillas de acero para garantizar que no baje más de lo determinado por el proyecto y evitar que penetre en el fondo de la excavación.

#### 6.4.4 COLOCACIÓN DE LOS TUBOS DE COLADO DEL CONCRETO

Ya colocado el acero y bien sujetado en los lados, se procede a vaciar el concreto en lo que será el nuevo Muro Milán, por medio de los tubos Tremie, procurando que los tubos tengan acceso libre para que puedan bajar y subir sin obstáculos, con la ayuda de una grúa, procurando que el entorno del muro que se va a colar esté sin obstáculos que impidan el desempeño del equipo de construcción así como del personal, que podría estar en riesgo de sufrir accidentes. La olla revolovedora de concreto con capacidad de 8 metros cúbicos puede acercarse lo más posible sin temor a que haya hundimientos en el suelo debido al mejoramiento que se llevó a cabo antes de iniciar los trabajos. Figura VI.27 "BAJANDO EL TUBO TREMIE PARA INICIAR EL COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN".

**Figura VI.27**  
**BAJANDO DEL TUBO TREMIE PARA INICIAR**  
**EL COLADO DEL CONCRETO DEL MURO MILÁN**



#### **6.4.5 VERIFICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA ZANJA**

Antes de iniciar el colado del concreto del Muro Milán se procede a verificar la profundidad de la excavación con la finalidad de hacer el cálculo del concreto que se va a utilizar y el avance del concreto que se tiene hacia arriba, verificando con estos datos si hubo algunas desviaciones al hacer la excavación y poder pedir el faltante de concreto a la planta con anticipación. Este procedimiento se lleva a cabo con un carrete de cable de acero de 3/8" (9.6 milímetros), al cual se le coloca un contrapeso en el extremo para que el cable baje hasta encontrar el fondo de la excavación o el del nivel máximo del concreto entre una colada y otra. Figura VI.28 "VERIFICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN"

**Figura VI.28  
VERIFICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LA EXCAVACIÓN**



#### 6.4.6 MANEJO DEL TUBO DE COLADO (TUBO TREMIE)

El tubo Tremie por sus mismas condiciones de ser un tubo de acero formado en tramos de 1.5 a 2.0 metros, unidos con coples para incrementar su longitud, con diámetro de 30 centímetros y una tolva por donde es vaciado el concreto, en su conjunto acumula una buena cantidad en peso propio; por lo mismo es necesario manejarlo con dos orejas de acero soldadas a la tolva, a las cuales se le coloca el cable con el cual es levantado con la grúa. A medida que va subiendo el nivel del concreto dentro de la zanja, es necesario ir retirando los tramos de tubo para que la tolva no quede demasiado arriba al momento de vaciar el concreto, para lo cual es necesario sujetar el tubo y evitar que se vaya hacia adentro de la zanja, pudiendo ocasionar severos

Figura Vi.29  
DISPOSITIVO PARA SUJETAR EL TUBO TREMIE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

problemas; es necesario atorar el conjunto con un sistema de acero seccionado en dos partes, que con el mismo peso del tubo se cierra y lo sujeta, como se puede apreciar en la parte inferior izquierda de la anterior. Figura VI.29 "DISPOSITIVO PARA SUJETAR EL TUBO TREMIE".

#### **6.4.7 VACIADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA ZANJA**

El colado del concreto hidráulico se lleva a cabo conforme a lo establecido, procediendo a colocar la bola de hule o látex en la garganta de la tolva, para inmediatamente después vaciar el concreto dentro de los tubos y poco a poco ir desplazando a la bola hacia abajo para que del mismo modo, limpie el interior del tubo del todo de perforación y no permita que la primera colada baje con demasiada fuerza hacia el fondo de la zanja y evitar la segregación del concreto. Figura VI.30 "VACIADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO".

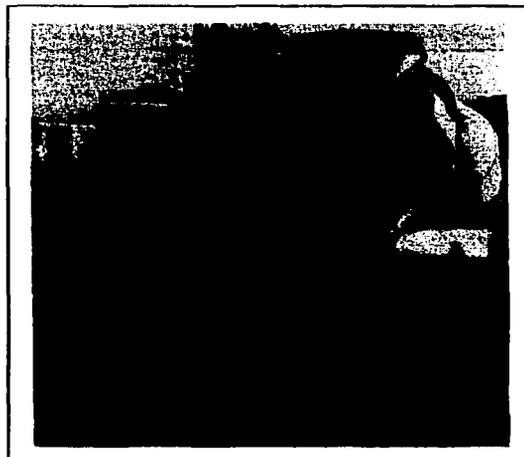
**Figura VI.30  
VACIADO DEL CONCRETO HIDRÁULICO**



### **6.4.8 RECUPERACIÓN DEL LODO BENTONÍTICO**

Durante el proceso de vaciado del concreto hidráulico en la zanja y a medida que va emergiendo el lodo bentonítico hacia la superficie, es necesario ir recuperándolo paulatinamente por medio de la bomba tipo jager y sus aditamentos como mangueras y pichanchas sumergidas en la zanja donde se realiza el Muro Milán, para poder pasar el lodo a otra zanja o en su caso a la máquina desarenadora si ya lleva varios ciclos de uso. Si es pertinente se vaciará en un camión pipa para llevarlo al laboratorio a analizar y si es factible, adicionarle los químicos que le hagan falta para poder regresarlo a la obra o en su defecto desecharlo. En la siguiente Figura VI.31 "BOMBA DE RECUPERACIÓN DEL LODO BENTONÍTICO TIPO JAGER", se aprecia a la izquierda la bomba y en primer plano, el lodo de perforación que por estar demasiado contaminado, ya se considera como desperdicio.

**Figura VI.31  
BOMBA DE RECUPERACIÓN  
DEL LODO BENTONÍTICO TIPO JAGER**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **6.4.9 EXCAVACIÓN EN LA TORRE MAYOR**

De esta manera se terminó de realizar propiamente lo que se conoce como el Muro Milán, procediendo a realizar la excavación que se tenía prevista, procurando dar estabilidad al Muro por medio de lárugas vigas de acero (troqueles) apoyadas de un Muro Milán al otro, con la finalidad de que al ir avanzando la excavación, no se inclinen hacia dentro debido al empuje del terreno y el empuje hidrostático del agua que se encuentra en el suelo saturado que se contiene. Antes de realizar la excavación, se extrajo el agua del subsuelo a excavar por medio de un bombeo permanente, como se aprecia en la siguiente Figura VI.32 "BOMBEO PERMANENTE EN LA EXCAVACIÓN".

**Figura VI.32  
BOMBEO PERMANENTE EN LA EXCAVACIÓN**



La disposición de las bombas se coloca a distancia para no entorpecer el movimiento del equipo de construcción que realiza la excavación, como son las retroexcavadoras, las dragas y para permitir el libre tránsito del personal.

## **6.5 CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE CIMENTACIÓN**

A partir de los diversos estudios geotécnicos llevados a cabo en el subsuelo de La Torre Mayor, se definieron las características de la cimentación profunda requerida para el edificio, consistente en 251 pilas coladas en el lugar, con diámetros de 1.0, 1.2, 1.5 metros, mismas que penetran en los depósitos profundos, alcanzando profundidades de 46 a 52 metros, con respecto al nivel de banqueteta.

Además de servir para elegir la profundidad de apoyo de las pilas, los estudios permitieron conocer en cierta medida la forma en que transfieren su carga al subsuelo que las rodea, al colocar a dos pilas instrumentos deformímetros eléctricos, distribuidos en toda su longitud.

Una vez elegidas las características geométricas de las pilas profundas, se procedió a su construcción y surgió entonces el planteamiento de continuar la verificación del diseño, proponiéndose para ello instrumentar algunas de las pilas de la propia estructura, para observar con mayor detalle el proceso de transferencia de carga al subsuelo que rodea a las pilas, durante la construcción y a lo largo de la vida útil de La Torre Mayor, tanto en condiciones estáticas como dinámicas.

Se anticipó entonces que los resultados de esta investigación se espera sean especialmente útiles para los futuros investigadores y diseñadores de las diferentes disciplinas, relacionadas con la ingeniería sísmica, de cimentaciones y estructural, en los diferentes centros de investigación que operan en el país, sobre todo en el campo de la Ingeniería Civil.

Los aspectos fundamentales a evaluar con la instrumentación de las pilas de cimentación son las siguientes:

- a) Los esfuerzos de tensión que se presentan en las pilas durante la excavación del cajón a 16 metros de profundidad.
- b) La participación porcentual de las capacidades de fricción y punta, de las pilas.

- c) El factor de escala aplicable a la capacidad por punta.
- d) El comportamiento de la cimentación a largo plazo.
- e) Los parámetros del sistema suelo-cimentación para el análisis de estructuras con los amortiguadores viscosos que se le colocaron a la estructura para absorber los efectos del sismo.

**Figura Vi.33  
EXCAVADORA ROTATORIA  
PARA PILAS DE CIMENTACIÓN**



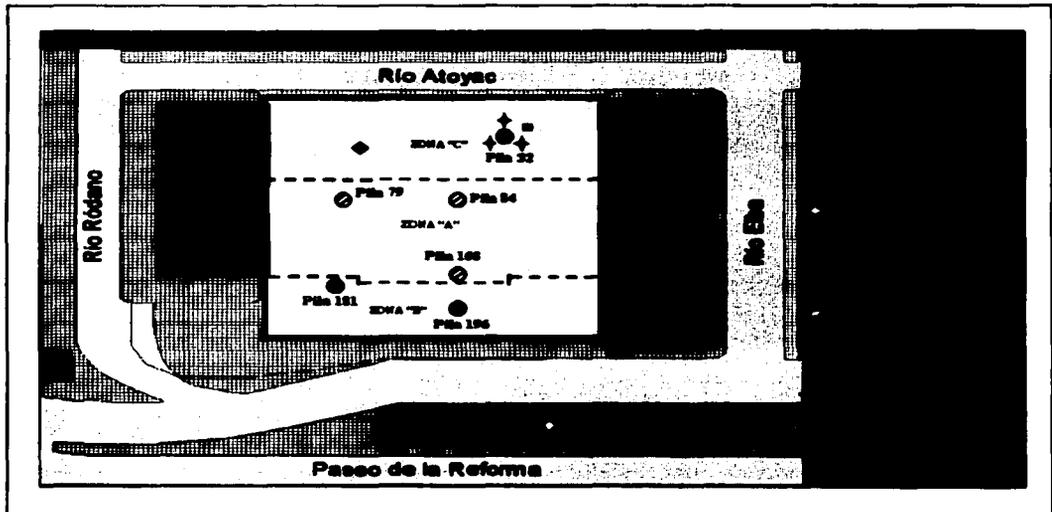
### **6.5.1 EXCAVACIÓN ROTATORIA PARA PILAS DE CIMENTACIÓN**

Una vez despejada el área de trabajo, se inició la perforación de pilas utilizando una perforadora rotatoria montada sobre una grúa marca Casagrande modelo C 50, a la que se le acopló una broca helicoidal o un bote cortador, como se aprecia en la anterior Figura Vi.33 "EXCAVADORA ROTATORIA PARA PILAS DE CIMENTACIÓN".

### 6.5.2 INSTRUMENTACIÓN SISMOGEO TÉCNICA EN 6 PILAS

Para cumplir con el objetivo planteado se instalaron transductores eléctricos de deformación y/o de carga, en 6 de las 251 pilas, seleccionándose para ello las de 1.5 metros de diámetro. En tres de ellas, la 32, la 181 y la 196, los instrumentos están distribuidos en toda su longitud y en las otras 3, la 79, la 84, y la 168, los instrumentos se colocaron solamente en su cabeza, la cual está unida estructuralmente a la losa de cimentación. La instrumentación de las tres últimas sirve para evaluar las cargas de trabajo que realmente les serán transmitidas, a fin de corroborar su magnitud, distribución y evolución; respecto a los valores calculados en el diseño, la distribución de éstas se observa en la figura VI.34 "PILAS DE CIMENTACIÓN INSTRUMENTADAS".

Figura VI.34  
PILAS DE CIMENTACIÓN INSTRUMENTADAS



Por otra parte, para conocer la contribución de la losa de fondo con respecto a la capacidad de carga, se instalaron junto a la pila 32, en la interfaz de ésta con el terreno de apoyo, tres celdas de presión que servirán para medir en forma directa la presión vertical transmitida al subsuelo, como se muestra en la siguiente Figura VI.35 "COLOCACIÓN DE TRES CELDAS DETECTORAS DE PRESIÓN".

**Figura VI.35  
COLOCACIÓN DE TRES CELDAS  
DETECTORAS DE PRESIÓN**



Para evaluar eventuales cambios dinámicos de presión de poro en la vecindad de las pilas de cimentación, se instalaron junto a la pila número 32, tres piezómetros con transductores de presión eléctrica resistivos a profundidades aproximadas de 5,15 y 30 metros. Figura VI.36 "CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS PIEZÓMETROS".

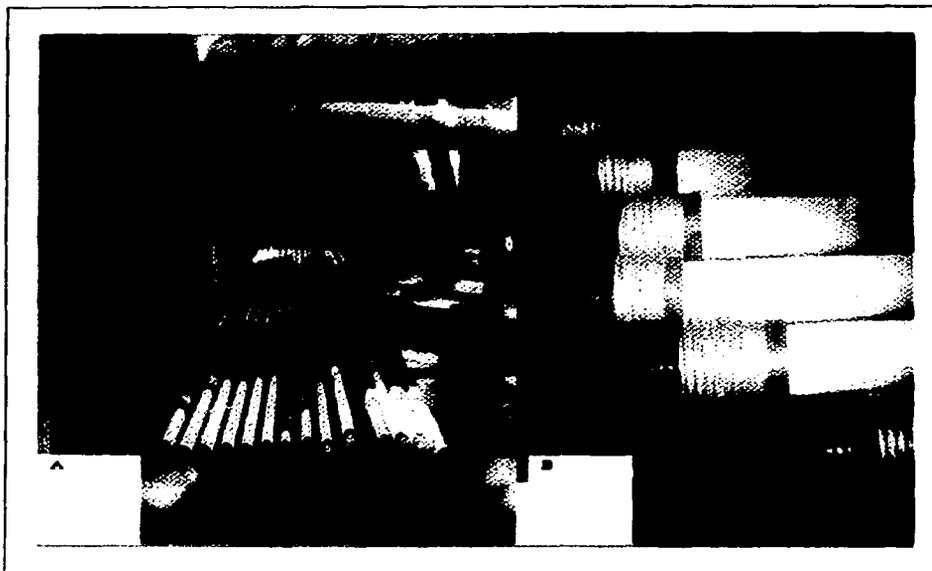
**Figura VI.36  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS PIEZÓMETROS**



Finalmente, para el seguimiento de la distribución del asentamiento con la profundidad y su evolución con el tiempo, se instaló en la zona nor poniente de la losa de fondo, un

banco de nivel múltiple de 67 metros de longitud aproximada, con referencias magnéticas a cada 4 metros en un ademe deformable. Como se muestra en la figura VI.37 "BANCO DE NIVEL MÚLTIPLE": en la a) los tramos sin atornillar y en la b) como se deforman.

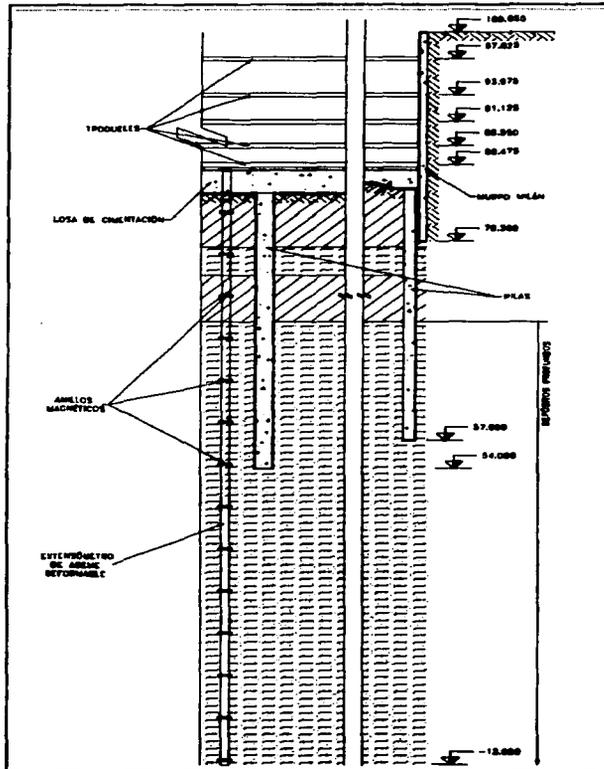
**Figura VI.37  
BANCO DE NIVEL MÚLTIPLE**



El banco de nivel múltiple o extensómetro de ademe deformable, está constituido por tramos de manguera elongable, unidos a segmentos pequeños de tubo rígidos de Poli Vinilo de Cloruro (PVC), los cuales cuentan con pequeños imanes colocados cerca de los coples, a cada 4 metros, que constituyen las referencias de nivel y su colocación es como sigue en la Figura VI.38 "LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE NIVEL O EXTENSÓMETRO DE ADEME DEFORMABLE".

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Figura VI.38  
LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE NIVEL  
O EXTENSÓMETRO DE ADEME DEFORMABLE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La manguera, por sus características de flexibilidad, sigue fielmente el movimiento del suelo circundante; por su parte el tubo interior rígido mantiene una posición fija por estar apoyado en el fondo. La instalación inició con la perforación de 15 centímetros de

diámetro que se llevó hasta una profundidad de 67 metros respecto al lecho bajo de la losa de fondo del cajón, empleando lodo bentonítico para asegurar la estabilidad del pozo.

Terminada la perforación, se hizo el intercambio del lodo bentonítico por un lodo fraguante de resistencia similar a la de los suelos finos atravesados, Entonces se introdujo la tubería rígida y el ademe deformable, iniciando con el tramo que tiene el muerto de concreto para que por su peso se fije en el fondo, empujándolo mediante barras delgadas de perforación que se fueron acoplando conforme descendía la tubería simultáneamente con los acoplamientos de la tubería rígida y del ademe deformable.

Para lograr que la tubería desplazara al lodo fraguante del interior del pozo, se llenó progresivamente con agua limpia y para mantener estirado el ademe deformable durante todo el tiempo que duró el descenso de la tubería, se sujetó a la torre de la perforadora mediante dos cables de polipropileno. Una vez que se terminó de introducir la tubería, se extrajeron lentamente las barras de perforación, inyectando agua limpia a través de ellas.

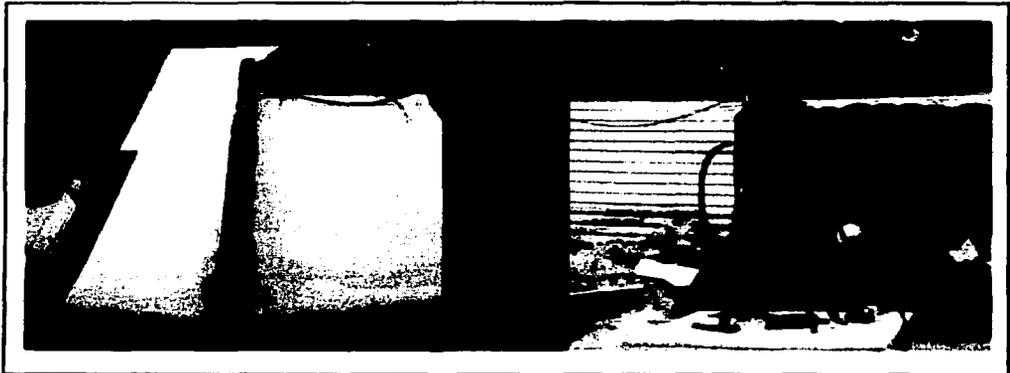
Días después de la instalación, se introdujo en la tubería del banco una sonda magnética provista de una cinta métrica para detectar la posición exacta de los imanes con respecto al brocal fijo y posteriormente a partir de mediciones subsecuentes poder definir la distribución del asentamiento con la profundidad y su evolución con el tiempo.

### **6.5.3 DEFORMÍMETROS PARA ACERO DE REFUERZO**

Para medir la carga actuante en la punta de las pilas se instalaron celdas de carga con transductores de tipo eléctrico resistivos, y para determinar la fricción desarrollada sobre su fuste, se colocaron deformímetros eléctricos tanto de tipo resistivo como de cuerda vibrante, distribuidos en toda su longitud, la mayoría adosados al acero de refuerzo y algunos embebidos en el concreto. Con los deformímetros instalados en la cabeza de las pilas se puede medir también la carga total que les transmitirá a cada una de ellas la superestructura del edificio La Torre Mayor y así conocer la distribución aproximada de carga entre pilas y losa de cimentación.

Para su integración al cuerpo del armado de acero de refuerzo, fueron montados sobre segmentos de varilla de acero corrugado con longitud de 1.4 metros, tomados de los mismos lotes empleados para el habilitado del acero de refuerzo de las pilas en la parte izquierda y un dispositivo para su calibración en la parte derecha de la Figura Vi.39 "DEFORMÍMETRO PARA ACERO Y DISPOSITIVO PARA SU CALIBRACIÓN".

**Figura Vi.39  
DEFORMÍMETROS PARA ACERO  
Y DISPOSITIVO PARA SU CALIBRACIÓN**



En estas condiciones se efectuó una revisión de su calibración mediante un dispositivo para tensar las varillas, que fue diseñado y construido en la misma obra, para tal fin. La carga máxima aplicada corresponde aproximadamente al 60 por ciento del límite de fluencia del acero. Una vez hecha la revisión de la calibración se soldaron extensiones de un metro, a cada una de las varillas instrumentadas. Finalmente, los deformímetros se integraron al armado de las pilas después de acoplar los tramos de varilla necesarios para completar las dos barras de refuerzo que quedaron adosadas a la sección de acero y ubicados en puntos diametralmente opuestos. Figura Vi.40 "COLOCACIÓN DE LOS DEFORMÍMETROS PARA ACERO EN EL ARMADO DE LAS PILAS".

**Figura VI.40  
COLOCACIÓN DE LOS DEFORMÍMETROS  
PARA ACERO EN EL ARMADO DE LAS PILAS**



Durante la instalación, se tuvo el cuidado de conservar agrupados de un mismo lado todos los instrumentos de un mismo tipo. En diferentes etapas del proceso se tomaron lecturas de los deformímetros para asegurar su correcto funcionamiento, cuidando que en el momento de su izamiento al momento de colocar el armado de acero de refuerzo, no sufrieran daño.

#### **6.5.4 DEFORMÍMETROS PARA CONCRETO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

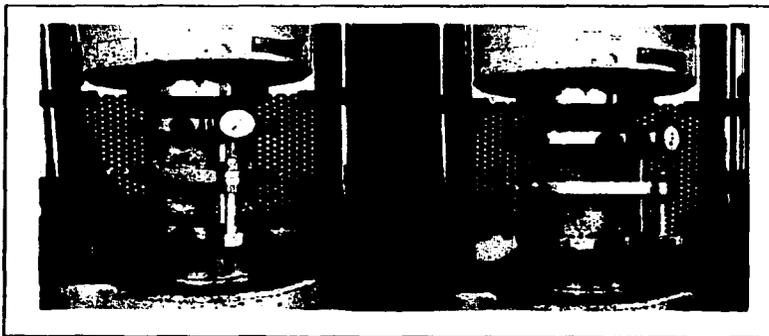
Para asegurar la posición vertical de los deformímetros para concreto y para protegerlos durante las maniobras de izaje del acero de refuerzo y al momento del colado del concreto con los tubos Tremie, se colocaron aquellos dentro de elementos de concreto con una geometría exterior irregular, a fin de mejorar su incorporación al concreto de la pila, para tener la certeza de que las deformaciones medidas fuesen



de los embates de la tubería Tremie de colado. También se tomaron lecturas durante todo el proceso de preparación e instalación de estos instrumentos.

Simultáneamente con el muestreo del concreto fresco de la pila 196, se fabricaron dos testigos de concreto que fueron instrumentados con deformímetros pertenecientes a dos lotes diferentes, para hacer más efectivo el muestreo, en los cuales se tiene una constante de calibración que es única para cada lote. Dichos testigos fueron empleados para determinar el módulo de elasticidad del concreto, bajo una carga máxima equivalente al 80 por ciento de la resistencia máxima y a la vez para verificar la calibración de los deformímetros embebidos en ellos. Figura VI.42 "REVISIÓN DE LA CALIBRACIÓN DE LOS DEFORMÍMETROS DE CONCRETO".

**Figura VI.42  
REVISIÓN DE LA CALIBRACIÓN  
DE LOS DEFORMÍMETROS DE CONCRETO**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **6.5.5 PILAS INSTRUMENTADAS EN SU CABEZA**

Para complementar la información que se obtendrá de las pilas instrumentadas en toda su longitud en cuanto a la carga total que soportarán, se instrumentaron otras tres pilas solamente en su cabeza, mediante deformímetros para acero y concreto, las cuales llevan los números 79, 84 y 168.

Estos instrumentos se colocaron cuando se terminó la excavación de la zona central hasta la profundidad de proyecto y para ello se descubrió la cabeza de las pilas, para colocar los instrumentos embebidos en el concreto, al momento de colar la losa de fondo del cajón. Figura VI.43 "DEMOLICIÓN DE LAS CABEZAS DE LAS PILAS".

**Figura VI.43  
DEMOLICIÓN DE LAS  
CABEZAS DE LAS PILAS**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Previo a la colocación de los instrumentos, se demolieron dos metros de pila, cortando cuatro de las varillas del armado para sustituir los segmentos por aquellos que tenían montados los deformímetros para acero, a modo de dejar los instrumentos en la elevación que corresponde a la unión pila losa. Para mayor rapidez, se hizo necesario el uso de pistolas neumáticas y cinceles montados en una retroexcavadora marca Caterpillar, considerando que entre menos tiempo de demolición mejor. Figura VI.44 "DEMOLICIÓN CON CINCEL HIDRÁULICO DE LAS CABEZAS DE LAS PILAS".

**Figura VI.44  
DEMOLICIÓN CON CINCEL HIDRÁULICO  
DE LAS CABEZAS DE LAS PILAS**



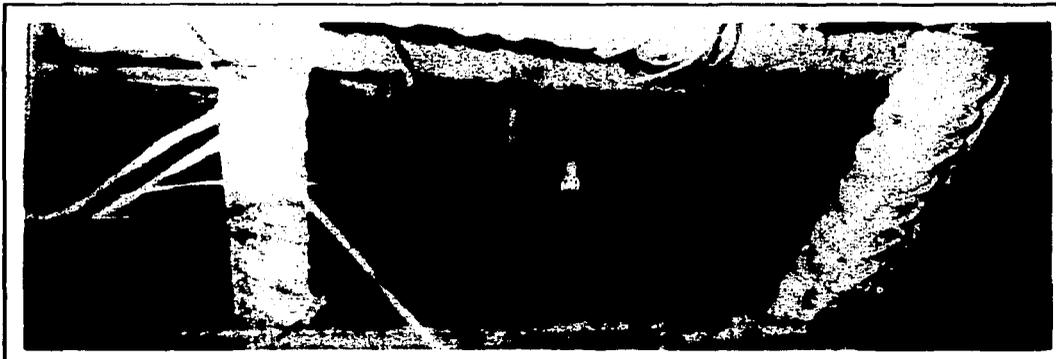
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Por lo que respecta a los deformímetros para concreto, se posicionaron también en la frontera pila losa, sujetándolas con alambón a una guía de acero, consistente en un par de bayonetas acopladas como se indica en la siguiente Figura VI.45 "COLOCACIÓN DE DEFORMÍMETROS DE CONCRETO EN EL TRASLAPE PILA LOSA DE CIMENTACIÓN, (VISTA SUPERIOR)" y en la Figura VI.46 "COLOCACIÓN DE DEFORMÍMETROS DE CONCRETO EN EL TRASLAPE PILA LOSA DE CIMENTACIÓN, (VISTA INFERIOR)". No se les hizo una protección especial como a aquellos colocados a diferentes elevaciones en el armado de las pilas instrumentadas en toda su longitud, ya que en este caso existió una supervisión directa del colado de la

**Figura Vi.45**  
**COLOCACIÓN DE DEFORMÍMETROS DE CONCRETO**  
**EN EL TRASLAPE PILA LOSA DE CIMENTACIÓN, (VISTA SUPERIOR)**



**Figura Vi.46**  
**COLOCACIÓN DE DEFORMÍMETROS DE CONCRETO**  
**EN EL TRASLAPE PILA LOSA DE CIMENTACIÓN, (VISTA INFERIOR)**



losa de fondo. Durante el colado se puso especial cuidado en no hacer el vibrado del concreto en la cercanía de los instrumentos de medición, para no ser afectados.

### **6.5.6 INSTRUMENTACIÓN EN LA LOSA DE CIMENTACIÓN**

Al concluir la excavación en la zona "C" y descubrir la cabeza de la pila 32 para colocarle los deformímetros para concreto que marca el proyecto, se instalaron tres celdas de presión alrededor de la pila, en la interfaz de la losa de cimentación con el terreno de apoyo, para medir ahí la presión vertical total.

Las celdas de presión son dispositivos hidráulicos formados por dos platos de acero de 9 pulgadas (22.9 centímetros) de diámetro unidos en su periferia, que contienen un fluido a presión el cual responde al esfuerzo de compresión que actúa sobre ellos, circulando a través de un pequeño tubo de acero hacia un transductor eléctrico resistivo, el cual transforma la presión hidráulica en una señal eléctrica, misma que puede ser leída a distancia en una unidad de registro, manual o automática. Figura VI.47 "CELDAS DE PRESIÓN PARA UBICAR DENTRO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN"

**Figura VI.47  
CELDAS DE PRESIÓN PARA UBICAR  
DENTRO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN**

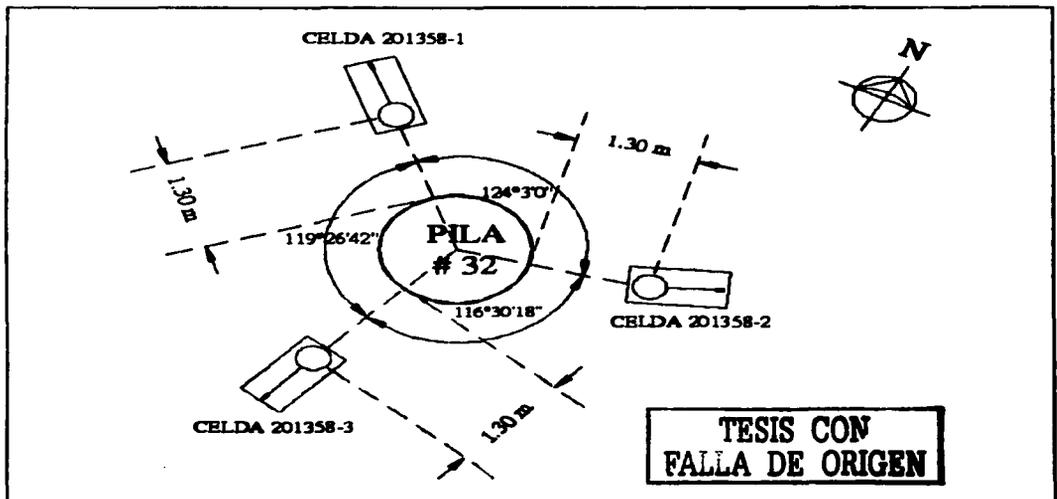


**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Dichas celdas poseen una capacidad nominal de medición de 200 lb/pulg<sup>2</sup>, equivalente a 141 ton/m<sup>2</sup>, y cuentan con un registro de calibración expedido por el proveedor. Antes del colado de la plantilla, se marcaron los sitios de colocación de las tres celdas, alrededor de la pila sobre líneas radiales a cada 120° aproximadamente y a una distancia de 1.3 metros de la pila.

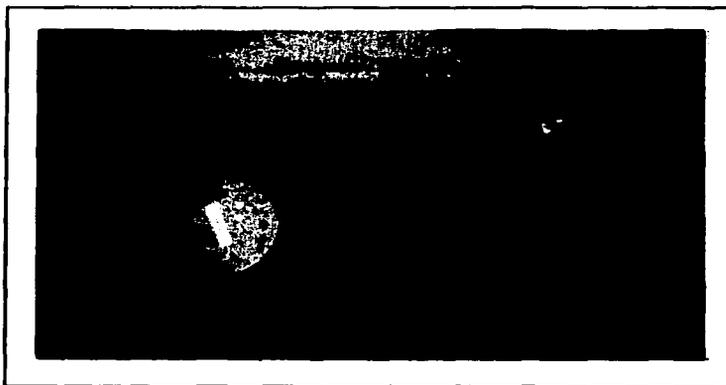
En cada sitio se dispuso una cimbra rectangular para dejar una caja con dimensiones de 1.0 x 0.5 metros, con su eje más largo orientado en forma radial a la pila. En la Figura VI.48 "CROQUIS DE INSTALACIÓN DE CELDAS DE PRESIÓN BAJO LA LOSA DE CIMENTACIÓN, JUNTO A LA PILA 32", se muestra la posición real de las cajas donde finalmente se colocaron las celdas, después de haber librado algunos obstáculos menores.

**Figura VI.48**  
**CROQUIS DE INSTALACIÓN DE CELDAS DE PRESIÓN**  
**BAJO LA LOSA DE CIMENTACIÓN, JUNTO A LA PILA 32**



Concluido el tiempo de fraguado de la plantilla, se removió de las tres cajas el material suelto y se rellenaron con arena fina para conformar una base uniforme. La arena se compactó con pisón de mano hasta alcanzar un nivel ligeramente inferior al lecho superior de la plantilla; entonces se colocaron las celdas de manera que su cara superior coincidiera con el nivel de la plantilla, como se aprecia en la Figura VI.49 "CELDA DE PRESIÓN SOBRE UNA CAMA DE ARENA COMPACTA, QUE DESCANSA A SU VEZ SOBRE EL TERRENO NATURAL".

**Figura VI.49  
CELDA DE PRESIÓN SOBRE UNA CAMA DE ARENA COMPACTA,  
QUE DESCANSA A SU VEZ SOBRE EL TERRENO NATURAL**



Para evitar que las celdas fueran golpeadas durante el habilitado del acero de refuerzo de la losa, se dejó una tapa de madera sobre cada caja, la cual fue retirada poco antes del colado.

### **6.5.7 COMPORTAMIENTO DE LAS PILAS INSTRUMENTADAS**

Desde que se habilitaron las celdas de carga para ser colocadas en la punta de las pilas comenzó la toma de lecturas. Así las primeras lecturas corresponden a la etapa de

precarga y también al momento en que las celdas se integran al acero de refuerzo. Luego se tomaron lecturas durante todo el proceso de construcción que incluye; la introducción del acero a la perforación, el colado de las pilas hasta la elevación de proyecto, el colado del relleno complementario y finalmente la inyección de la punta, para asegurar que las celdas tuvieran un apoyo adecuado.

Por lo que respecta a los deformímetros para acero y concreto montados sobre el armado, aunque también se tomaron lecturas durante todo el proceso de construcción, gran parte de ellas denotan únicamente las deformaciones inducidas por las maniobras de izaje y descenso del armado dentro de la perforación, de ahí que muestren ciertas irregularidades. En realidad solamente las lecturas posteriores al colado son indicativas de la carga actuante sobre el fuste de las pilas, una vez que se constituyeron como tales.

Después del colado de las pilas 32,181 y 196, se inició la excavación para el cajón de cimentación en la parte central del predio, entonces se produjo una reducción en la magnitud de las fuerzas de compresión iniciales que actuaron principalmente a lo largo del fuste, hasta que incluso se volvieron fuerzas de tensión. Este cambio obedece a la descarga provocada por la excavación.

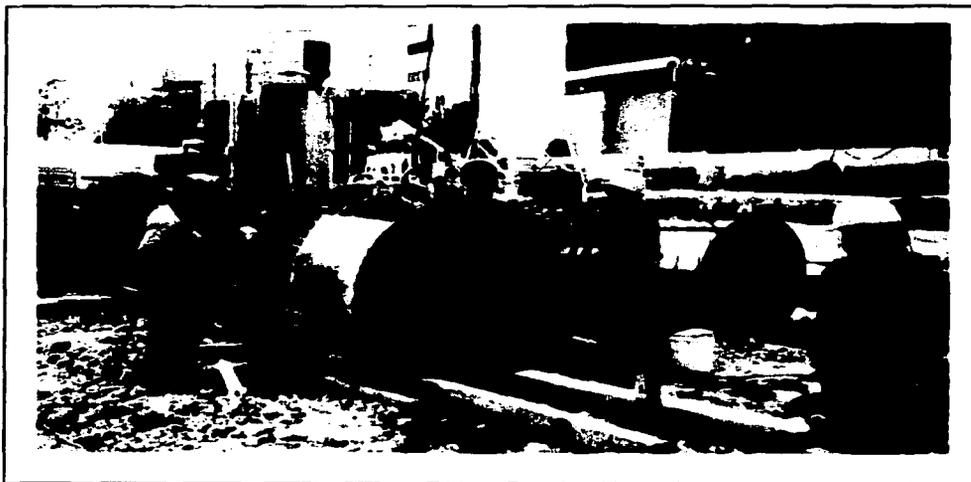
Al tiempo que iba terminando la excavación en cada una de las tres zonas (A,B,C), avanzaba la construcción de la subestructura. Sin embargo, al final de su construcción, se observó que aún prevalecían las fuerzas de tensión en las pilas. En la punta de las pilas no se observó mayor cambio, dado que casi inmediatamente después de su colado, la carga se redujo notoriamente y prácticamente se mantuvo sin variación desde entonces.

Más adelante se vio la evolución que tuvieron las cargas actuantes sobre las pilas. En su punta las cargas se midieron de manera directa a través de las celdas colocadas a propósito, mientras que en el fuste las cargas se calcularon a partir de las deformaciones registradas con los deformímetros para acero y concreto, considerando las propiedades de esfuerzo deformación respectiva.

### **6.5.8 UNIÓN DE LAS CELDAS DE PRESIÓN CON EL ARMADO**

Después de armar las bases compuestas por las tres celdas de carga, se colocaron en posición horizontal para soldarlas al extremo inferior del armado de cada pila, como se ve en la siguiente Figura VI.50 "COLOCACIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA EN EL ARMADO DE REFUERZO DE LAS PILAS".

**Figura VI.50**  
**COLOCACIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA**  
**EN EL ARMADO DE REFUERZO DE LAS PILAS**



### **6.5.9 INTRODUCCIÓN DEL ARMADO EN LA PERFORACIÓN**

Una vez que se concluyó la instalación de los demás instrumentos en el armado de las pilas, éste fue izado para introducirlo a la perforación previa de 1.5 metros de diámetro y 47 metros de profundidad y estabilizada con lodo bentonítico. Figura VI.51 "INTRODUCCIÓN DEL ARMADO EN LAS PILAS EN LA EXCAVACIÓN".

Figura VI.51  
INTRODUCCIÓN DEL ARMADO EN LAS PILAS EN LA EXCAVACIÓN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Al introducir el acero de refuerzo en la perforación y apoyado en el fondo, se presentó un incremento de la carga en la punta de las pilas 32, 181 y 196, con toda su magnitud de 6.0, 5.7 y 10 toneladas respectivamente; la longitud de cada armado fue de 30 metros aproximadamente, de manera que para descenderlos hasta el fondo de las perforaciones se hizo necesario el soldar un par de extensiones de varilla, para alcanzar la profundidad de proyecto.

En las pilas 32 y 181 la carga medida es comparable con el peso de todo el acero de refuerzo gravitando sobre el fondo de la perforación, estimado en 7.5 toneladas ya considerada su condición sumergida. Las diferencias de -1.8 y -1.5 toneladas pueden deberse a la fricción que hubo entre el acero y las paredes de la perforación, la cual por cierto dificultó en ambos casos descender el armado hasta su posición de proyecto.

En la pila 196 la carga medida difiere en 2.6 toneladas más y no hubo dificultad alguna para introducir el armado a la perforación, de manera que en este caso pudo haber cierta transferencia del peso del armado hacia la base de la pila. Cabe señalar que la presión hidrostática que actúa sobre la caja metálica que contiene las celdas está equilibrada, dado que no se encuentra totalmente sellada y el agua puede entrar, de otra forma cabría esperar que las celdas en conjunto actuaran como un gran piezómetro, el cual debía registrar una presión igual a la columna de lodo bentonítico.

## **6.6 COLADO DE CONCRETO EN LAS PILAS**

El vaciado del concreto hidráulico dentro de la perforación excavada en el subsuelo, comprendió únicamente una longitud de 30 metros a partir del fondo de las perforaciones cuya profundidad máxima fue de 47 metros, ya que posteriormente se rellenó la parte restante con concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup> de f.c. Al vaciar el concreto hidráulico en las perforaciones de las tres pilas de 1.5 metros de diámetro, se registraron incrementos inmediatos de carga en su punta con una magnitud de 24 a 34 toneladas, los cuales corresponden aproximadamente al peso del concreto fresco vertido a la perforación, estimado en 37 toneladas. Considerando un peso volumétrico sumergido de 1.25 ton/m<sup>3</sup>. El hecho de que la carga medida haya sido un poco menor

que la calculada pudo deberse a un cierto arqueó del concreto fresco, debido al cual no gravitó completamente sobre la base.

Al día siguiente del colado de las pilas, nuevas lecturas de las celdas indicaron una disminución de la carga total actuante en su punta, con magnitud de 7 a 16 toneladas; esta disminución puede explicarse suponiendo que al momento de fraguar el concreto, una parte de la carga se transfiere a las paredes de la perforación por el incremento de la adherencia con el suelo circundante. En este momento la carga total registrada en la punta de las tres puntas correspondía aproximadamente al 10% de su propio peso total, estimado en 127 toneladas.

### **6.6.1 CONCRETO COMPLEMENTARIO PARA RELLENO DE LAS PILAS**

Se llevó a cabo el colado complementario de las pilas que en realidad hizo la función de relleno, pero no se registró ningún incremento de carga en las puntas instrumentadas con celdas de presión; en su lugar se presentó una disminución en la carga posiblemente originada por el incremento de adherencia del fuste de la pila hacia el suelo al continuar el fraguado del concreto. La carga que prevaleció en la punta de las tres pilas durante esta actividad fue de 12 a 17 toneladas.

### **6.6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE FONDO**

Las pilas que se ubican en la parte central de lo que es la base de el edificio La Torre Mayor y que en orden de construcción son las denominadas con los números 84, 168 y 79, fueron instrumentadas hasta después de que se descubrió su cabeza con la excavación de la zona "A", y los cambios que han experimentado en ellas han sido debidos principalmente a la construcción de la subestructura. En términos generales, durante el colado de la losa de fondo se registró una fuerza de compresión que corresponde aproximadamente al peso del área tributaria respectiva; posteriormente se observó una disminución gradual de la carga, no obstante que estaba aumentando el peso de la subestructura con la construcción de los entresijos.

Durante el colado de la losa de fondo se registró una fuerza de compresión en el momento mismo del vaciado del concreto, cuya magnitud fue de 108, 82 y 91 toneladas para las pilas 84, 168 y 79 respectivamente; en el primer caso la carga registrada corresponde apenas al 50% del peso del área tributaria respectiva, lo cual se explica porque dicha área es relativamente grande y el concreto aún estaba fresco, sin embargo en los otros dos casos en que las áreas son menores la carga se acerca bastante al peso correspondiente de la losa.

En los deformímetros para concreto también se tomaron lecturas durante el colado, únicamente para corroborar su correcto funcionamiento, ya que las deformaciones carecen de significado. Sin embargo resulta interesante comentar la variación de temperatura registrada durante el fraguado del concreto de la losa de 2.8 metros de espesor, con los termisores que tienen integrados los deformímetros de cuerda vibrante; inicialmente estuvo alrededor de 20°C pero un par de días después del colado llegó a alcanzar un valor máximo de 70°C y finalmente regresó a los 20°C, pero después de tres meses.

Al día siguiente del colado de la losa, la carga registrada en cada una de las pilas comenzó a disminuir gradualmente mientras fraguaba el concreto, es decir, que estaba ocurriendo una transferencia de carga hacia la losa conforme ella adquiría una mayor rigidez.

### **6.6.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS ENTREPISOS DEL CAJÓN**

Al seguir con la construcción de la subestructura y con la construcción de los entrepisos del cajón, aunque estaba aumentando el peso del conjunto, su peso no estaba siendo registrado por los deformímetros para acero de las pilas, de donde se asume que fue transmitido directamente a la losa de cimentación. La carga que finalmente quedó gravitando sobre la cabeza de las pilas 84, 168 y 79 corresponde a porcentajes de 13,13 y 31%, respectivamente del peso de la subestructura, mientras el resto está siendo soportado por la losa de cimentación.

También en los deformímetros para concreto se registraron fuerzas de compresión que denotan la contribución de la losa para soportar el peso de la subestructura.

#### **6.6.4 MEDICIONES OBTENIDAS EN LAS PILAS**

A partir de la interpretación de las mediciones de las seis pilas instrumentadas efectuadas durante su construcción y la excavación para iniciar la construcción de la subestructura, se pudieron obtener los siguientes resultados:

- a) Al presente, que ya está terminada la subestructura, todos los instrumentos que fueron instalados a diferentes profundidades en las pilas 181, 196 y 32 funcionan adecuadamente. De manera similar, los instrumentos instalados en la cabeza de las pilas 84, 168 y 79 trabajan bien.
- b) La evolución que tuvo la carga registrada en la punta y el fuste de las pilas 181, 196 y 32, responde fielmente a las diferentes subetapas de la construcción y puede resumirse como sigue:
  - 1º) La carga máxima registrada en la punta de las pilas a través de las celdas de carga corresponde aproximadamente al peso del concreto fresco vaciado durante el colado; al día siguiente la carga comenzó a disminuir notoriamente.
  - 2º) Por lo que respecta a las cargas registradas a lo largo del cuerpo de las pilas a través de los deformímetros para acero, desde un principio se registraron fuerzas de compresión debidas al peso propio del armado y del concreto fresco que gravitó sobre él durante el colado. Al día siguiente del colado, con la integración del concreto con el acero de la pila, las fuerzas de compresión aumentaron a valores que también se aproximan razonablemente al peso total estimado. En todos los casos, las fuerzas máximas se localizan alrededor de la sección correspondiente a la mitad de la longitud de cada pila; posteriormente comenzó a disminuir la carga, lo cual es indicativo de la adherencia que estaba desarrollándose entre el concreto y el subsuelo circundante.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

- 3º) Al final de la construcción de las pilas, cuando se terminó el colado del relleno complementario, la forma en que quedó distribuido el peso total de las mismas, estimado en 187 toneladas, fue en proporciones de 6 a 8% sobre la punta y de 92 a 94% sobre el fuste.
- c) Por su parte, la evolución de la carga actuante sobre la cabeza de las pilas 84, 168 y 79 estuvo de acuerdo también con lo esperado, como se resume a continuación:
- 1º) Durante el colado de la losa de fondo, se registró una fuerza de compresión cuya magnitud corresponde aproximadamente al peso del área tributaria respectiva.
- 2º) Posteriormente se observó una disminución gradual de la carga, no obstante que estaba aumentando el peso de la subestructura con la construcción de los entrepisos, de donde se infiere que estaba ocurriendo una transferencia de carga hacia la losa conforme ella adquiría mayor rigidez.
- 3º) La carga que finalmente quedó gravitando sobre la cabeza de las pilas corresponde a porcentajes de 13 y 31% del peso de la subestructura, y se infiere que el resto de la carga está siendo transmitida a la losa de cimentación.
- d) El comportamiento posterior que tuvieron las pilas 181, 196 y 32 instrumentadas en toda su longitud a raíz de la excavación, puede resumirse como sigue:
- 1º) Las pilas instrumentadas en toda su longitud han manifestado un alivio de presión en la punta y tensiones a lo largo del fuste. La magnitud neta de las fuerzas de tensión estuvo comprendida entre 25 y 40 toneladas en las pilas 181 y 196, y llegó a 130 toneladas en la pila 32. Tales valores corresponden a porcentajes de 3.3, 5.2, y 17.0% respectivamente, del esfuerzo de fluencia del acero. La fuerza ascendente a la que están sujetas las pilas está siendo contrarrestada en parte por el peso de la subestructura, el peso propio de las pilas y del suelo circundante, pero sobre todo por la resistencia al esfuerzo cortante de los estratos inferiores en los que se encuentran empotradas.

- 2º) Haciendo a un lado los efectos inducidos por situaciones particulares del proceso constructivo, se encontró que la respuesta de las tres pilas fue muy similar durante la excavación, ya que el total de las fuerzas de tensión fue de 80 a 100 toneladas en las pilas 196 y 181 y de casi 150 toneladas en la pila 32.
- e) En las pilas instrumentadas en su cabeza la 84, 168 y 79, no se detectó mayor cambio a causa de la excavación dado que los deformímetros fueron colocados hasta después de que se descubrió su cabeza con la excavación de la zona "A" y por ello los cambios que han experimentado se deben principalmente a la construcción de la subestructura.
- f) Desde el colado de la losa de fondo en la zona "C", que se hizo poco después de haber instalado las celdas de presión en la unión suelo losa, la carga que en promedio registraron fue aproximadamente igual al peso del concreto que gravitó directamente sobre ellas. No obstante el aumento de peso que hubo posteriormente con la construcción de la subestructura, las celdas aún no registran un incremento de carga significativo.
- g) En términos generales, lo que registraron los tres piezómetros instalados bajo la subestructura y en la vecindad de la pila 32, fue una presión de agua casi nula, excepto en la formación arcillosa inferior, donde hubo una lectura de 0.60 ton/m<sup>2</sup>. Sin embargo, de todas formas la presión registrada es inferior a la que existe fuera del predio, a la misma profundidad, según las otras estaciones piezométricas que existen sobre el Paseo de la Reforma.

El ver como el Muro Milán se convierte en parte de obras que al final de cuentas sirven para el desarrollo de una Ciudad como la de México, de su gente y de sus instituciones, hace que se considere no como un elemento estructural aislado sino como parte de un todo. Como muro de contención subterráneo e impermeable, resulta una solución adecuada, debido a que desde el momento de su construcción inicia la contención del empuje del material, y el hidrostático que se genera en un suelo completamente saturado de agua.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

En la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), en su fase subterránea, simple y sencillamente no hubiera sido posible su realización con otros sistemas constructivos o simplemente se habrían tardado el doble o más de tiempo que con el Muro Milán, al tener que pasar sus rutas por zonas estrechas; en la zona del antiguo Lago de Texcoco (zona lacustre), se vieron en este capítulo las virtudes que tiene el sistema constructivo por sobre otros métodos constructivos.

El Edificio La Torre Mayor incorporó en su construcción, adelantos que en otros edificios no se habían utilizado, como la instrumentación de sus pilas de cimentación, el uso de amortiguadores viscosos en su estructura para absorber la inercia que le somete a una estructura un sismo. Para la solución de su cimentación, se vio que el uso del Muro Milán resultó lo más óptimo, ya que al final de cuentas formó parte del cajón de cimentación formado por el Muro Milán, la losa de fondo y las losas de entrepiso.

No necesariamente al utilizar el Muro Milán en la construcción de una cimentación de un edificio, quiere decir que va a formar parte de ella, ya que en algunos casos solamente se utiliza para contener los empujes del subsuelo circundante en lo que se forma la cimentación, para luego ser demolido.

La base de toda obra de Ingeniería Civil, es la posibilidad económica para su realización, por lo tanto en el siguiente capítulo se aborda la Factibilidad Económica del Muro Milán, haciendo un estudio detallado de los costos, que determinan la posibilidad de su realización.

**CAPÍTULO VII**  
**FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

## **CAPÍTULO VII**

### **FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

El estudio de esta etapa se formula con datos generados por fuentes confiables de información; las variables se cuantifican con la mayor precisión posible, de tal manera que los aspectos económicos y financieros se valoren con detalle y justifiquen plenamente la inversión del proyecto.

Por tal motivo, en este capítulo se analiza la viabilidad financiera del procedimiento constructivo del Muro Milán, en la construcción de obras civiles en la Ciudad de México

La realización de una excavación profunda en la zona lacustre de la Ciudad de México, en lo que en la antigüedad ocupó el Lago de Texcoco, resulta ser una tarea aparte de difícil, de un costo elevado, tanto económica como en tiempo, que al final de cuentas redundará también en lo económico, ya que el tiempo es dinero; en esta parte de la investigación se revisan los costos directos e indirectos, con lo cual se determina el costo financiero del Muro Milán, situación que no deja de ser un presupuesto, el cual sirve de punto de partida para determinar que como tal resulta un muro de un alto costo económico al construir. Pero si se toman los beneficios en tiempo y realización de la excavación, en donde con otros medios no sería factible, dará como resultado un costo justificado y que sin duda vale por ser el óptimo entre otros procedimientos constructivos.

Al Muro Milán se le reconoce la dualidad de funciones que en un momento dado puede cumplir al ser considerado en muchas ocasiones aparte de impermeable y muro de contención, como parte de la cimentación de una estructura como es en el caso de La Torre Mayor, en donde el Muro Milán terminó siendo parte del cajón que junto con la losa de fondo, se ancló a las pilas de cimentación y formó parte de un todo; o como en la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), donde el Muro Milán forma parte del cajón por donde circulan finalmente los trenes del sistema.

Como se sabe la factibilidad económica es el estudio que determina en último término la aprobación o rechazo del proyecto. Este mide la rentabilidad que retoma la inversión todo medido en base monetaria.

El estudio de la factibilidad económica viene del análisis de costos y beneficio del proyecto que en este caso es la construcción del Muro Milán

Se comparan los costos contra los beneficios, esperando que los beneficios excedan a los costos.

Los costos deben cuantificarse lo más realmente posible para que se puedan determinar cuales serán los beneficios y como consecuencia obtener mejores utilidades, que es la finalidad de un proyecto de esta naturaleza.

## **7.1 COSTOS Y BENEFICIOS AL CONSTRUIR EL MURO MILÁN.**

Con relación al tiempo también se puede afirmar que el nuevo control técnico de programación da al hombre moderno la posibilidad de realizar cualquier obra en condiciones de tiempo que anteriormente se podrían considerar imposibles.

Es más común en esta época la palabra incosteable que la palabra irrealizable o inalcanzable y en última instancia podemos decir que el elemento costo de una obra como el Muro Milán en la construcción de obras civiles en la Ciudad de México está dentro de los rangos lógicos acostumbrados para este momento o época histórica; es posible de realizar la misma obra reduciendo los tiempos de ejecución.

Un costo balanceado sería aquel cuyas especificaciones tanto gráficas como escritas definieran sin lugar a dudas qué es lo que se desea construir, y que dichas especificaciones permitan cuantificar lo más exactamente posible los volúmenes de conceptos que se pretenden hacer intervenir, así como sus características detalladas, y finalmente conocidos el qué y el cuánto se puedan proceder a analizar el procedimiento constructivo y obtener el costo parcial de cada uno de dichos procesos.

Se analizará el costo y beneficio al construir el Muro Milán en la zona lacustre de la Ciudad de México; la ventaja económica de esta construcción es cuando el Muro Milán tiene dos funciones, una es la contención del empuje de tierra, y la otra la de formar parte del cajón de cimentación de la estructura.

La planeación, proyecto y programación de un Muro Milán, está basada en los estudios de mecánica de suelos, los cuales determinan la forma de construcción a seguir.

Establecida la naturaleza del subsuelo y habiendo determinado que el Muro Milán es el método más apto, habrá que realizar el proyecto ejecutivo dando las dimensiones y características necesarias.

Los tiempos de excavación en presencia de lodo bentonítico dependen de la naturaleza del terreno, del tipo de equipo de construcción a utilizar y de los turnos de trabajo necesarios.

La construcción del Muro Milán puede variar de espesor de un mínimo de 0.60 m al máximo de 1.50 m y se aplicará el criterio que el diseño estructural determine de acuerdo a las necesidades estáticas.

Establecido el proyecto y evaluados los metros cúbicos de Muro Milán que hay que colar, se establece un programa de ejecución de obra.

Una vez realizada la excavación se prevé que el vaciado de concreto se haga en forma continua desde que se inicia en el fondo de la zanja hasta su terminación en la cota superficial prevista.

El equipo de perforación y de excavación a utilizar tendrá que ser montado en el lugar donde se construirá el Muro Milán; así también los tanques de almacenamiento de circulación y depuración del lodo bentonítico, y los de alimentación tendrán que estar en proximidad de la planta de bombeo de lodo y la de preparación del concreto.

Todo lo anterior no sería posible si no se cuenta con un control económico, realizando la cuantificación de obra con anterioridad para conocer los volúmenes de obra, junto

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

con los rendimientos de construcción en sus diferentes etapas; los costos indirectos más la utilidad de quién lo va a construir, para poder establecer con precisión el precio final del Muro Milán y determinar su factibilidad económica.

### **6.2 CONTROL ECONÓMICO**

Aparte del control técnico de los trabajos del Muro Milán no hay que perder de vista el control económico de la obra y la recopilación sistemática de todos los datos que permitan planear mejor las obras futuras.

El control económico consiste en tener conocimiento exacto de las cantidades de obra efectuadas diariamente en los distintos frentes y turnos, su concentración semanal y finalmente su estimación mensual. Se debe tener en cuenta el hecho de que las obras de inyección salvo casos excepcionales, tienen una duración menor a un año y por lo tanto solo con el control semanal de estimación y costo se podrá reaccionar oportunamente ante situaciones no consideradas en el presupuesto.

Para llevar un control diario efectivo, debe diseñarse para cada obra una hoja en la cual se incluyan en forma ordenada todos los conceptos previstos por ejecutarse.

Para conocer la evolución de la obra se acostumbra el reporte semanal que debe incluir datos técnicos, avance de obra y costos con objeto de poder conocer en forma expedita cualquier variación de la técnica y su origen, el avance de la obra con respecto al último programa aprobado, el estado económico general y las necesidades de personal, equipo de construcción y almacén.

Finalmente se deberá realizar al terminar cada periodo una síntesis del mismo que permita aplicar la experiencia adquirida en obras futuras, conociendo más profundamente el comportamiento y el procedimiento de construcción en los diferentes tipos de suelo, y rendimientos que habrán de conducirnos al objetivo inicial de lograr el mejor Muro Milán al menor costo y al menor tiempo posible.

Para tener el conocimiento de los costos de operación se elabora un catalogo de conceptos que intervienen en la construcción del Muro Milán, para saber cuál es el

personal a contratar, los insumos de materiales de construcción por adquirir, y la maquinaria de construcción ligera y pesada que se usarán.

Con la relación de conceptos, personal, materiales de construcción y la maquinaria se elaboran los precios unitarios, cuantificándose cada uno de ellos y obteniéndose el presupuesto unitario el cual será la base para obtener el presupuesto total.

Como los salarios que se publican en el Diario Oficial de la Federación no son todos los que intervienen en este tipo de obra; se tomarán en cuenta para hacer los precios unitarios los acordados entre el trabajador y la compañía constructora, considerándose como salarios de mercado, pero apejándose al tabulador de salarios mínimos publicados en el Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 2002, los cuales se reflejan en la tabla VII.1.

**TABLA VII.1**

<b>CATALOGO DE MANO DE OBRA PARA TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN</b>							
Clave	Categoría	Unidad	Salario Mínimo	Factor de Mercado	Salario base de Mercado	Factor de Salario Real	Salario real Integrado
			A	B	C = A x B	D	E
JOSB-0T	Ayudante general	jornal	\$ 42.15	2.0712	\$ 87.30	1.7364	\$ 151.59
JOSB-02	Cabo de oficios	jornal	\$ 90.50	2.1600	\$ 195.48	1.7364	\$ 339.43
TABL-07	Carpintero obra negra	jornal	\$ 57.25	3.2481	\$ 185.95	1.7364	\$ 322.88
POST-04	Estadaleiro	jornal	\$ 48.50	2.5045	\$ 121.47	1.7364	\$ 210.92
FERO-06	Fierrero	jornal	\$ 59.20	3.7128	\$ 219.80	1.7364	\$ 381.66
SEBO-01	Sobrestante	jornal	\$ 130.00	2.2223	\$ 288.89	1.7364	\$ 501.63
POST-00	Topógrafo	jornal	\$ 129.09	2.7118	\$ 350.07	1.7364	\$ 607.86
HERO-02	Herrero	jornal	\$ 82.50	2.3746	\$ 195.90	1.7364	\$ 340.16

**Nota:** Los salarios de los operadores de la maquinaria de construcción están considerados dentro de los costos horarios.

A) Comisión Nacional de Salarios Mínimos de 2002 vigente

B) Este factor se obtiene de un sondeo en el mercado de la construcción

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Integrados los salarios se procede a realizar una investigación de mercado de los precios de adquisición de los materiales que se utilizan en la construcción del Muro Milán, siendo muy importante considerar la fecha de compra, ya que el proveedor pudiera durante la ejecución de la obra incrementarlos, lo cual impactaría en el costo original del presupuesto En la tabla VII.2 se muestran los precios de adquisición de los materiales que intervienen para la construcción del Muro Milán en el Distrito Federal.

**TABLA VII.2**

<b>Catálogo de materiales e insumos para la construcción</b>			
<b>Los costos de los materiales corresponden al mes de julio de 2002</b>			
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
ACMA-00	Agua	m <sup>3</sup>	\$ 20.00
PREM-11	Concreto premezclado f'c = 150 kg/cm <sup>2</sup> y 20 cm de revenimiento	m <sup>3</sup>	\$ 1,246.00
PREM-12	Concreto premezclado f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup> y 20 cm de revenimiento	m <sup>3</sup>	\$ 1,352.00
CIME-05	Cimbra metálica con tarima de guarnición.	m <sup>2</sup>	\$ 67.71
LODB-45	Polvo bentonítico	kilogramo	\$ 1.35
A1BA-05	Varilla grado 42 de cualquier diámetro	ton	\$ 4,434.80
COMB-04	Aceite para motor diesel	litro	\$ 18.50
ACOM-12	Aceite para motor gasolina (mexlub)	litro	\$ 23.00
GRES-21	Diesel	litro	\$ 5.83
GTRL-18	Gasolina	litro	\$ 6.13
LLAN-020	Neumáticos para cargador frontal (2 piezas)	juego	\$ 19,200.00
LLAN-015	Neumáticos 1100-20 para camión tanque o volteo 1 de (6 piezas)	juego	\$ 16,200.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Una parte fundamental en la construcción del Muro Milán es el análisis del costo horario del equipo a utilizar el cual se muestra en forma aleatoria en las siguientes tablas.

<b>COSTO HORARIO DE EQUIPO</b>			
<b>Descripción</b>			
Clave: AAAX-004			
Tránsito electrónico marca Leta modelo T-1000			
Unidad: \$/hora		Fecha de cotización: Julio de 2002	
<b>Datos Generales</b>			
Va = Vabr de adquisición =	\$ 320,000	Phom = Potencia nominal =	H.P.
Pa = Vabr de piezas especiales =	\$ -	Tipode Combustible motor =	---
Vn = vabr neto =	\$ 320,000	Pc = Precio del combustible =	\$/litro
r = Factor de rescate =	10%	Cc = Capacidad del motor =	litros
Vr = Vabr de rescate =	\$ 320,000	Tc = Tiempo cambio de aceite =	horas
i = Tasa de interés =	27%	Fl = Factor lubricante =	---
S = Prima de seguro =	3%	Pac = Precio de aceite =	\$/litro
Ko = Factor de mantenimiento =	40%	Gh = Cantidad de combustible =	litros
Ve = Vida económica =	9,000	Co = Coeficiente combustible =	---
Va = Vida económica piezas especiales =	-	Hsa = Tiempo trabajo al año =	1,500 horas
Concepto	Formulas	Operaciones	Total
<b>Cargos fijos</b>			
Depreciación:	$D = (Vn - Vr) / Ve =$	$( \$ 320,000 - \$ 320,000 ) / 9,000$	$= \$ 3200$
Inversión:	$Im = (Vn + Vr) / (2 \times Hsa) =$	$( \$ 320,000 + \$ 320,000 ) / ( 2 \times 1,500 )$	$0.27 = \$ 3168$
Seguro:	$Sm = (Vn + Vr) / (2 \times Hsa) =$	$( \$ 320,000 + \$ 320,000 ) / ( 2 \times 1,500 )$	$0.03 = \$ 352$
Mantenimiento:	$Mn = Ko \times D =$	$0.40 \times \$ 3200$	$= \$ 1280$
			<b>Suma de cargos fijos = \$ 6000</b>
<b>Operación</b>			
Sr = Salario real de operación =	\$ 60786		
Ht = Horas efectivas por unidad de trabajo =	6	x 0.75 =	6 = \$ 10131
$Po = \frac{Sr}{Ht} =$	$\frac{\$ 60786}{6}$		<b>Suma de Operación = \$ 10131</b>
			<b>Costo Horario = \$ 10131</b>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

COSTO HORARIO DE EQUIPO			
Descripción:			
Clave: FLOD-021			
Camión Ford modelo F-600 con tanque para transportar lodo bentonítico con capacidad de 6000 litros			
Unidad: S/hora		Fecha de cotización: Julio de 2002	
Datos Generales:			
Vad = Valor de adquisición =	\$ 1,750,000.00	Prnm = Potencia nominal =	210 H.P.
Pa = Valor de piezas especiales. =	\$ 750,000.00	Tipo de Combustible Motor =	Diesel
Vn = valor neto =	\$ 1,000,000.00	Pc = Precio del combustible =	\$ 5.63 \$/litro
r = Factor de rescate =	10%	Cc = Capacidad del carter =	12 litros
Vr = Valor de rescate =	\$ 175,000.00	Tc = Tiempo cambio de aceite =	100 horas
i = Tasa de interés =	27%	Fl = Factor lubricante =	0.003
S = Prima de seguro =	3%	Pac = Precio de aceite =	\$ 18.50 \$/litro
Ko = Factor de mantenimiento =	80%	Gh = Cantidad de combustible =	15 litros
Ve = Vida económica =	10,000.00 horas	Cco = Coeficiente combustible =	0.15
Va = Vida económica piezas especiales =	2,000.00 horas	Hsa = Tiempo trabajo al año =	2,000 horas
Concepto	Formulas	Operaciones	Total
<b>Cargos fijos</b>			
Depreciación:	$D = (Vn - Vr) / Ve =$	$( \$ 1,000,000.00 - \$ 175,000.00 ) / 10,000$	$= \$ 82.50$
Inversión:	$Im = (Vn + Vr) / (2 \cdot Hsa) =$	$( \$ 1,000,000.00 + \$ 175,000.00 ) / ( 2 \times 2,000 )$	$0.27 = \$ 78.31$
Seguro:	$Sm = (Vn + Vr) / (2 \cdot Hsa) \cdot S =$	$( \$ 1,000,000.00 + \$ 175,000.00 ) / ( 2 \times 2,000 ) \cdot 0.03$	$= \$ 8.81$
Mantenimiento:	$Mh = Ko \cdot X \cdot D =$	$0.80 \times \$ 82.50$	$= \$ 66.00$
			<b>Suma de cargos fijos = \$ 236.63</b>
<b>Consumos</b>			
Combustibles:	$Co = Gh \cdot X \cdot Pc =$	$15 \times \$ 5.63$	$= \$ 84.45$
Lubrificantes:	$Lb = Cc / Tc + Fl \cdot X \cdot Prnm =$	$12 / 100 + 0.003 \times 210$	$= \$ 25.20$
Piezas especiales:	$Pe = Pa / Va =$	$\$ 750,000.00 / 2,000$	$= \$ 375.00$
			<b>Suma de Consumos = \$ 487.65</b>
<b>Operación</b>			
Sr = Salario real de operación =	\$	393.35	
Ht = Horas efectivas por turno de trabajo =		8	x 0.75 = 6 = \$ 65.58
$Po = \frac{Sr}{Ht} =$	\$	$\frac{393.35}{6}$	<b>Suma de Operación = \$ 66.58</b>
			<b>Costo Horario = \$ 788.83</b>

<b>COSTO HORARIO DE EQUIPO</b>			
<b>Descripción:</b>			
<b>Clave:</b> AMAPE-036			
Grúa Link Belt LS-118 capacidad de 40 ton, longitud de pluma de 25 m y equipo especial de almeja			
<b>Unidad:</b> \$/hora		<b>Fecha de cotización:</b> julio de 2002	
<b>Datos Generales:</b>			
Vad = Valor de adquisición =	\$ 4,750,000.00	Prnm = Potencia nominal =	400 H.P.
Pa = Valor de piezas especiales =	\$ 1,250,000.00	Tipo de Combustible Motor =	Diesel
Vn = valor neto =	\$ 3,500,000.00	Pc = Precio del combustible =	\$ 5.83 \$/litro
r = Factor de rescate =	10%	Cc = Capacidad del carter =	40 litros
Vr = Valor de rescate =	\$ 350,000.00	Tc = Tiempo cambio de aceite =	150 horas
i = Tasa de Interés =	27%	Fl = Factor lubricante =	0.0035
S = Prima de seguro =	3%	Pac = Precio de aceite =	\$ 16.50 \$/litro
Ko = Factor de mantenimiento =	80%	Gh = Cantidad de combustible =	15 litros
Ve = Vida económica =	10,000.00 horas	Cco = Coeficiente combustible =	0.15
Va = Vida económica piezas especiales =	3,000.00 horas	Mes = Tiempo trabajo al año =	2,000 horas
Concepto	Formulas	Operaciones	Total
<b>Cargos fijos</b>			
Depreciación:	$D = (Vn - Vr) / Ve =$	$( \$ 3,500,000.00 - \$ 350,000.00 ) /$	$10,000 = \$ 315.00$
Inversión:	$Im = (Vn + Vr) / (2 \times Mes) =$	$( \$ 3,500,000.00 + \$ 350,000.00 ) / ( 2 \times 2,000 )$	$0.27 = \$ 259.56$
Seguro:	$Sm = (Vn + Vr) / (2 \times Mes) =$	$( \$ 3,500,000.00 + \$ 350,000.00 ) / ( 2 \times 2,000 )$	$0.03 = \$ 28.56$
Mantenimiento:	$Mh = Ko \times D =$	$0.80 \times \$ 315.00$	$= \$ 252.00$
			<b>Suma de cargos fijos = \$ 894.76</b>
<b>Consumos</b>			
Combustibles:	$Co = Gh \times Pc =$	$15 \times \$ 5.83$	$= \$ 87.45$
Lubricantes:	$Lb = Cc / Tc + Fl \times Prnm =$	$40 / 150 + 0.0035 \times 400 =$	$\$ 108.66$
Piezas especiales:	$Pe = Pa / Va =$	$\$ 1,250,000.00 / 3,000$	$= \$ 416.67$
			<b>Suma de Consumos = \$ 612.78</b>
<b>Operación</b>			
Sr = Salario real de operación =	\$ 448.29		
H = Horas efectivas por turno de trabajo =	6	$\times 0.75 =$	$6 = \$ 74.72$
$Po = \frac{Sr}{H} =$	$\frac{\$ 448.29}{6} =$		
			<b>Suma de Operación = \$ 74.72</b>
			<b>Costo Horario = \$ 1,582.26</b>

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

<b>COSTO HORARIO DE EQUIPO</b>				
<b>Descripción:</b>				
Clave: PDT-035				
Bomba de diafragma para todos marca JAGER modelo 2002 de 3" de diámetro				
Unidad: \$/hora		Fecha de cotización: julio de 2002		
<b>Datos Generales.</b>				
Vad = Valor de adquisición =	\$ 39,200.00	Phom = Potencia nominal =	12 H.P.	
Pa = Valor de piezas especiales. =	\$ 7,200.00	Tipo de Combustible Motor =	gasoline —	
Vn = valor neto =	\$ 32,000.00	Pc = Precio del combustible =	\$ 6.13 \$/litro	
r = Factor de rescate =	10%	Cc = Capacidad del carter =	0.5 litros	
Vr = Valor de rescate =	\$ 3,920.00	Tc = Tiempo cambio de aceite =	30 horas	
i = Tasa de interés =	27%	Fl = Factor lubricante =	0.003 —	
S = Prima de seguro =	3%	Pac = Precio de aceite =	\$ 23.00 \$/litro	
Ko = Factor de mantenimiento =	80%	Gh = Cantidad de combustible =	1.5 litros	
Ve = Vida económica =	6,000.00 horas	Cco = Coeficiente combustible =	0.15 —	
Va = Vida económica piezas especiales =	2,000.00 horas	Hea = Tiempo trabajo al año =	1,200 horas	
Concepto	formulas	Operaciones		Ycto
<b>Cargos fijos</b>				
Depreciación:	$D = (Vn - Vr) / Ve =$	( \$ 32,000.00 - \$ 3,920.00 ) /	6,000	= \$ 4.68
Inversión:	$Im = (Vn + Vr) / (2 \cdot Hea) =$	( \$ 32,000.00 + \$ 3,920.00 ) / ( 2 x	1,200 )	0.27 = \$ 4.04
Seguro:	$Sm = (Vn + Vr) / (2 \cdot Hea) \cdot s =$	( \$ 32,000.00 + \$ 3,920.00 ) / ( 2 x	1,200 )	0.03 = \$ 0.46
Mantenimiento:	$Mn = Ko \cdot X \cdot D =$	0.80 x \$ 4.68		= \$ 3.74
				<b>Suma de cargos fijos = \$ 12.91</b>
<b>Consumos</b>				
Combustibles:	$Co = Gh \cdot X \cdot Pc =$	1.5 x \$ 6.13		= \$ 9.20
Lubricantes:	$Lb = Cc / Tc + Fl \cdot X \cdot Phom =$	0.5 / 30 +	0.003 x 12 =	\$ 0.20
Piezas especiales:	$Pe = Pa / Va =$	\$ 7,200.00 /	2,000	= \$ 3.60
				<b>Suma de Consumos = \$ 12.99</b>
<b>Operación</b>				
Sr = Salario real de operación =	\$ 151.59			
Ht = Horas efectivas por turno de trabajo =	8	x 0.75 =	6	= \$ 25.27
$Po = \frac{Sr}{Ht} =$	\$ 151.59			
				<b>Suma de Operación = \$ 25.27</b>
				<b>Costo Horario = \$ 31.17</b>

**COSTO HORARIO DE EQUIPO**

Descripción.			
Clave:	BOMWA-05		
Vibrador para concreto marca Wacker modelo M5000 motor a gasolina			
Unidad:	\$/hora	Fecha de cotización:	julio de 2002
Datos Generales.			
Vad = Valor de adquisición =	\$	13,064.00	Pnom = Potencia nominal = 5 H.P.
Pa = Valor de piezas especiales. =	\$	-	Tipo de Combustible Motor = gasolina
Vn = valor neto =	\$	13,064.00	Pc = Precio del combustible = 6.13 \$/litro
r = Factor de rescate =		10%	Cc = Capacidad del carter = 0.5 litros
Vr = Valor de rescate =	\$	1,306.40	Tc = Tiempo cambio de aceite = 30 horas
l = Tasa de interés =		27%	Fl = Factor lubricante = 0.003
S = Prima de seguro =		3%	Pac = Precio de aceite = 23 \$/litro
Ko = Factor de mantenimiento =		80%	Gh = Cantidad de combustible = 1.5 litros
Ve = Vida económica =		4,800.00 horas	Co = Coeficiente combustible = 0.15
Va = Vida económica piezas especiales =		- horas	Hea = Tiempo trabajado al año = 1,600 horas
Concepto	formulas	Operaciones	Total
<b>Cargos fijos</b>			
Depreciación:	$D = (Vn - Vr) / Ve =$	$( \$ 13,064.00 - \$ 1,306.40 ) / 4,800$	$= \$ 2.45$
Inversión:	$Im = (Vn + Vr) / (2 \times Hea) =$	$( \$ 13,064.00 + \$ 1,306.40 ) / ( 2 \times 1,600 )$	$0.27 = \$ 1.21$
Seguro:	$Sm = (Vn + Vr) / (2 \times Hea) \times s =$	$( \$ 13,064.00 + \$ 1,306.40 ) / ( 2 \times 1,600 ) \times 0.03$	$= \$ 0.13$
Mantenimiento:	$Mn = Ko \times D =$	$0.80 \times \$ 2.45$	$= \$ 1.96$
			<b>Suma de cargos fijos = \$ 6.76</b>
<b>Consumos</b>			
Combustibles:	$Co = Gh \times Pc =$	$1.5 \times \$ 6.13$	$= \$ 9.20$
Lubricantes:	$Lb = Cc / Tc + Fl \times Pnom =$	$0.5 / 30 + 0.003 \times 5$	$= \$ 0.08$
Piezas especiales:	$Pe = Pa / Va =$	$\$ - / -$	$= \$ -$
			<b>Suma de Consumos = \$ 9.28</b>
<b>Operación</b>			
Sr = Salario real de operación =	\$	252.43	
Ht = Horas efectivas por turno de trabajo =		6	$\times 0.75 = 6 = \$ 42.07$
$Po = \frac{Sr}{Ht} =$	\$	$\frac{252.43}{6}$	<b>Suma de Operación = \$ 42.07</b>
			<b>Costo Horario = \$ 57.11</b>

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Como ya se tienen los insumos de construcción, mano de obra, y los costos horarios de la maquinaria que se usará en la obra; se procede a formular las cuadrillas con las que se analizan los precios unitarios como se muestra en la tabla VII.3.

**TABLA VII.3**

<b>Catálogo de cuadrillas para trabajos de construcción</b>									
<b>Cuadrilla 1</b>					<b>Cuadrilla 2</b>				
Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total	Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total
Sobrestante	0.05	jornal	\$ 501.63	\$ 25.08	Sobrestante	0.05	jornal	\$ 501.63	\$ 25.08
Cabo de oficios	0.1	jornal	\$ 339.43	\$ 33.94	Topografo	1.0	jornal	\$ 607.88	\$ 607.88
Ayudante general	1.0	jornal	\$ 151.59	\$ 151.59	Estadístico	1.0	jornal	\$ 210.92	\$ 210.92
				<b>Costo \$ 210.61</b>					<b>Costo \$ 843.68</b>
Excavación, acarreas, limpieza y afine de taludes					Trazo y nivelación				
<b>Cuadrilla 3</b>					<b>Cuadrilla 4</b>				
Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total	Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total
Sobrestante	0.05	jornal	\$ 501.63	\$ 25.08	Sobrestante	0.05	jornal	\$ 501.63	\$ 25.08
Fierrero	1.0	jornal	\$ 381.66	\$ 381.66	Carpintero	1.0	jornal	\$ 322.88	\$ 322.88
Ayudante general	1.0	jornal	\$ 151.59	\$ 151.59	Ayudante general	1.0	jornal	\$ 151.59	\$ 151.59
				<b>Costo \$ 538.33</b>					<b>Costo \$ 486.65</b>
Habilitado y armado de acero de refuerzo					Cimbrado, colado de concretos e inyección de lodos				
<b>Cuadrilla 5</b>					<b>Cuadrilla 6</b>				
Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total	Concepto	Cantidad	Unidad	Salario	Total
Sobrestante	0.01	jornal	\$ 501.63	\$ 5.02	Sobrestante	0.01	jornal	\$ 501.63	\$ 5.02
Cabo de oficios	0.4	jornal	\$ 339.43	\$ 136.77	Cabo de oficios	0.6	jornal	\$ 339.43	\$ 203.66
Ayudante general	4.0	jornal	\$ 151.59	\$ 606.36	Ayudante general	6.0	jornal	\$ 151.59	\$ 909.54
				<b>Costo \$ 747.15</b>					<b>Costo \$ 1,118.21</b>
Habilitado y armado de acero en brocales y orientaciones					Excavación por medios mecánicos				

Con las cuadrillas ya elaboradas se analizan cada uno de los precios unitarios del catálogo de conceptos, los cuales al multiplicarlos por cada una de las cantidades de obra se obtiene el presupuesto. Como se muestra en las tablas de la página VII-13 a VII-18.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Limpieza de terreno a mano incluye, apile de material hasta una distancia de 4 m, mano de obra y herramienta					
Rendimiento 26			Unidad metro cuadrado		
Clave 1.1	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Mano de obra	cuadrilla 1	jornal	0.0325	\$ 210.61	\$ 6.84
* Herramienta			3%	\$ 6.84	\$ 0.21
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 7.05</b>
				Indirectos 25%	\$ 1.76
				Utilidad 8%	\$ 0.56
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 9.38</b>
Nueve pesos 38/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Trazo y nivelación con aparatos topográficos en terreno plano de 1000 a 2000 metros cuadrados incluye, topografo, estadalero, material, mano de obra y herramienta					
Unidad metro cuadrado			Unidad metro cuadrado		
Clave 1.2	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
Materiales	madera	pt	0.05	\$ 9.25	\$ 0.46
	calhidra	lote	1.00	\$ 0.50	\$ 0.50
Mano de obra	cuadrilla 2	jornal	0.0078	\$ 843.86	\$ 6.58
Aparato	tránsito	hora	0.0009	\$ 181.31	\$ 0.16
* Herramienta			3%	\$ 6.58	\$ 0.20
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 7.71</b>
				Indirectos 25%	\$ 1.93
				Utilidad 8%	\$ 0.62
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 10.26</b>
Diez pesos 25/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Excavación a mano en cepas en terreno clase I, con una profundidad hasta 1.50 m, incluye mano de obra y herramientas					
			<b>Unidad</b>		<b>metro cubico</b>
<b>Clave 1.3</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Mano de obra	cuadrilla 1	jornal	0.21094	\$ 210.61	\$ 44.43
* Herramienta			3%	\$ 44.43	\$ 1.33
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 45.76</b>
			Indirectos	25% \$ 45.76	\$ 11.44
			Utilidad	8% \$ 45.76	\$ 3.66
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 60.86</b>
Sesenta pesos 86/100 M.N.					

\* La herramienta necesaria para su correcta ejecución

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Excavación por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 m, incluye mano de obra, herramienta y equipo de excavación.					
			<b>Unidad</b>		<b>metro cuadrado</b>
<b>Clave 1.4</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Mano de obra	cuadrilla 6	jornal	0.03421	\$ 1,118.21	\$ 38.25
* Herramienta			3%	\$ 38.25	\$ 1.15
	Almeja sobre orugas LS				
Maquinaria	118	Hora	0.1517	\$ 1,541.25	\$ 233.74
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 273.14</b>
			Indirectos	25% \$ 273.14	\$ 68.29
			Utilidad	8% \$ 273.14	\$ 21.85
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 363.28</b>
Trescientos sesenta y tres 28/100 M.N.					

\* La herramienta necesaria para su correcta ejecución

<b>Análisis de Precio Unitario</b>						
<b>Descripción</b>						
Afine de taludes hasta una profundidad de 1.50 m incluye, traspaleo de material de afine, mano de obra y herramienta						
Clave 1.5	Descripción	Unidad	Unidad		metro cubico	
			Cantidad	Costo	Total	
Mano de obra	cuadrilla 1	jornal	0.05085	\$ 210.61	\$	10.67
* Herramienta			3%	\$ 10.67	\$	0.32
<b>Costo Directo</b>					<b>\$</b>	<b>10.99</b>
			Indirectos	25%	\$ 10.99	\$ 2.75
			Utilidad	8%	\$ 10.99	\$ 0.88
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$</b>	<b>14.61</b>
					Catorce pesos 61/100 M.N.	
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución						

<b>Análisis de Precio Unitario</b>						
<b>Descripción</b>						
Acarreo de tierra en carretilla producto de la excavación a 20 m de distancia horizontal incluye, carga y descarga						
Clave 1.6	Descripción	Unidad	Unidad		metro cubico	
			Cantidad	Costo	Total	
Mano de obra	cuadrilla 1	jornal	0.19689	\$ 210.61	\$	41.42
* Herramienta			3%	\$ 41.42	\$	1.24
<b>Costo Directo</b>					<b>\$</b>	<b>42.67</b>
			Indirectos	25%	\$ 42.67	\$ 10.67
			Utilidad	8%	\$ 42.67	\$ 3.41
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$</b>	<b>56.75</b>
					Cincuenta y seis pesos 75/100 M.N.	
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución						

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Acarreo de material producto de la excavación en camión volteo de 7 m <sup>3</sup> de capacidad, a banco foráneo de desperdicio, incluye carga manual y herramientas y equipo					
Clave 1.7	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	metro cubico
Mano de obra	cuadrilla 1	jornal	0.21025	\$ 210.61	\$ 44.28
* Herramienta			3%	\$ 44.28	\$ 1.33
Equipo	camión volteo	hora	0.0714	\$ 789.83	\$ 56.39
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 102.00</b>
Indirectos			25%	\$ 102.00	\$ 25.50
Utilidad			8%	\$ 102.00	\$ 8.16
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 135.66</b>
Ciento treinta y cinco pesos 66/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Acero de refuerzo de 3/8" de diametro, en brocal incluye material, habilitado, armado, ganchos, descalibre, acarreo, traslapes y desperdicios.					
Clave 2.1	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
material	varilla 3/8"	tonelada	1.05	\$ 4,438.80	\$ 4,660.74
mano de obra	cuadrilla 3	jornal	4.86097	\$ 558.33	\$ 2,714.03
Acarreo	cuadrilla 5	jornal	0.4	\$ 747.15	\$ 298.86
*Herramienta y equipo de protección			8%	\$ 3,012.89	\$ 241.03
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 7,914.66</b>
Indirectos			25%	\$ 7,914.66	\$ 1,978.66
Utilidad			8%	\$ 7,914.66	\$ 633.17
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 10,526.49</b>
Diez mil quinientos veintiseis pesos 49/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Concreto premezclado $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ con un revenimiento de 20 cm bombeable para elementos verticales incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta					
Clave 2.2	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
	concreto $f_c=150$				metro cúbico
material	kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1.05	\$ 1,246.00	\$ 1,308.30
	cimbra metálica	m <sup>2</sup>	0.0833	\$ 67.71	\$ 5.64
mano de obra	cuadrilla 4	jornal	0.4917	\$ 499.55	\$ 245.63
*Herramienta y equipo de protección			8%	\$ 245.63	\$ 19.65
				<b>Costo Directo \$ 1,579.22</b>	
				Indirectos	25% \$ 1,579.22 \$ 394.80
				Utilidad	8% \$ 1,579.22 \$ 126.34
				<b>Precio Unitario \$ 2,100.38</b>	
				Dos mil cien pesos 38/100 M.N.	

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

\* La herramienta necesaria para su correcta ejecución

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Inyección de lodo bentonítico hasta una profundidad de 10 m incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta					
Clave 2.3	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
	lodo Bentonítico	kg	757.63	\$ 1.35	\$ 1,022.79
	Agua	m <sup>3</sup>	0.325	\$ 20.00	\$ 6.50
mano de obra	cuadrilla 5	jornal	0.1061	\$ 747.15	\$ 79.28
*Herramienta y equipo de protección			8%	\$ 79.28	\$ 6.34
Equipo	bomba Jager	hora	0.2500	\$ 51.17	\$ 12.79
				<b>Costo Directo \$ 1,127.71</b>	
				Indirectos	25% \$ 1,127.71 \$ 281.93
				Utilidad	8% \$ 1,127.71 \$ 90.22
				<b>Precio Unitario \$ 1,499.85</b>	
				Un mil cuatrocientos noventa y nueve pesos 85/100 M.N.	

\* La herramienta necesaria para su correcta ejecución

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Acero de refuerzo f'y = 4,200 kg/cm <sup>2</sup> de 3/4" de diametro en cimentación incluye, material, habilitado, armado, descalibre, acarreo, traslapes y desperdicios					
Clave 2.4	Descripción	Unidad	Unidad		Tonelada
			Cantidad	Costo	Total
material	varilla 3/4"	tonelada	1.03	\$ 4,438.80	\$ 4,571.96
mano de obra	cuadrilla 3	jornal	5.00	\$ 558.33	\$ 2,794.00
Acarreo	cuadrilla 5	jornal	0.40	\$ 747.15	\$ 298.86
*Herramienta y equipo de protección			8%	\$ 3,092.86	\$ 247.43
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 7,912.25</b>
Indirectos			25%	\$ 7,912.25	\$ 1,978.06
Utilidad			8%	\$ 7,912.25	\$ 632.98
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 10,523.30</b>
Diez mil quinientos veintitres pesos 30/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

<b>Análisis de Precio Unitario</b>					
<b>Descripción</b>					
Concreto premezclado, bombeado para muro milán de f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup> con un revenimiento de 20 cm. Incluye, material, mano de obra, equipo de bombeo y herramienta					
Clave 2.5	Descripción	Unidad	Unidad		metro cubico
			Cantidad	Costo	Total
material	concreto f'c= 250 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1.05	\$ 1,352.00	\$ 1,419.60
mano de obra	cuadrilla 4	jornal	0.16	\$ 499.55	\$ 79.54
*Herramienta y equipo de protección			8%	\$ 79.54	\$ 6.36
Maquinaria	Grúa Link Belt LS-118	hora	0.15	\$ 1,541.25	\$ 230.58
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 1,736.09</b>
Indirectos			25%	\$ 1,736.09	\$ 434.02
Utilidad			8%	\$ 1,736.09	\$ 138.89
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 2,309.00</b>
Dos mil trescientos nueve pesos 00/100 M.N.					
* La herramienta necesaria para su correcta ejecución					

Con la obtención del catálogo de conceptos las cantidades de obra y los análisis de precios unitarios se elabora el presupuesto de un metro lineal de Muro Milán considerando una profundidad de 10 metros y un ancho de 60 centímetros.

Este presupuesto sirve de base para la elaboración del presupuesto general, con objeto de obtener el costo aproximado de un metro cúbico de Muro Milán.

**PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN METRO LINEAL DE MURO MILÁN CONSIDERANDO 10 METROS DE PROFUNDIDAD Y 60 CENTÍMETROS DE ANCHO.**

**PRESUPUESTO**

**Preliminares**

Número	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1.1	Limpieza de terreno plano a mano, incluye apile de material hasta una distancia horizontal de cuatro metros	m <sup>2</sup>	0.80	\$ 9.38	\$ 7.50
1.2	Trazo y nivelación con aparatos topográficos en terreno plano de 1000 a 2000 m <sup>2</sup> , incluye materiales, mano de obra y herramientas	m <sup>2</sup>	0.80	\$ 10.25	\$ 8.20
1.3	Excavación a mano en cepas en terreno clase I, con una profundidad de 0.00 a 1.50 m, incluye mano de obra y herramientas	m <sup>3</sup>	1.20	\$ 60.86	\$ 73.03
1.4	Excavación por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 m, incluye mano de obra, herramienta y equipo de excavación.	m <sup>3</sup>	6.00	\$ 363.28	\$2,179.68
1.5	Afíne de taludes hasta una profundidad de 1.50 m incluye, traspaleo de material de afíne, mano de obra y herramienta	m <sup>2</sup>	9.93	\$ 14.61	\$ 145.08
1.6	Acarreo de tierra en carretilla producto de la excavación a 20 m de distancia horizontal incluye, carga y descarga	m <sup>3</sup>	1.56	\$ 56.75	\$ 88.53
1.7	Acarreo de material producto de la excavación en camión volteo de 7 m <sup>3</sup> de capacidad, a banco foráneo de desperdicio, incluye carga manual y herramientas y equipo	m <sup>3</sup>	8.06	\$ 135.66	\$1,093.42

**sub-total preliminares \$ 3,595.44**

CONSTRUCCION DE BROCAL Y MURO MILÁN

Número	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
2.1	Acero de refuerzo de 3/8" de diámetro, incluye material, habilitado, armado, ganchos, descalibre, acarreo, traslapes y desperdicios.	ton	0.043	\$10,526.49	\$ 452.64
2.2	Concreto premezclado f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> con un revenimiento de 20 cm bombeable para elementos verticales incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta	m <sup>3</sup>	0.400	\$ 2,100.36	\$ 840.14
2.3	Inyección de lodo bentonítico hasta una profundidad de 10 m incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta	m <sup>3</sup>	6.000	\$ 1,499.12	\$ 8,999.22
2.4	Acero de refuerzo f'y = 4,200 kg/cm <sup>2</sup> de 3/4" de diámetro en cimentación incluye, material, habilitado, armado, descalibre, acarreo, traslapes y desperdicios	ton	0.900	\$10,523.30	\$ 9,470.97
2.5	Concreto premezclado, bombeado para Muro Milán de f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup> con un revenimiento de 20 cm. Incluye, material, mano de obra, equipo de bombeo y herramienta	m <sup>3</sup>	10.120	\$ 2,309.00	\$23,367.08

sub-total Construcción de brocal y Muro Milán **\$43,130.05**

Preliminares	sub- total	<b>\$ 3,595.44</b>
Construcción de brocales y Muro Milán	sub-total	<b>\$ 43,130.05</b>
<b>Total de Presupuesto</b>		<b>\$ 46,725.49</b>

El presupuesto para un metro lineal de Muro Milán, 0.60 m. de ancho y 10.00 m. de profundidad, importa la cantidad de \$ 46,725.49 (Cuarenta y seis mil setecientos veinticinco pesos 49/100 M.N.)

Por lo tanto para un metro cúbico de Muro Milán el costo es de \$ 7,787.58 (Siete mil setecientos ochenta y siete pesos 58/100 M.N.)

Basándose en el presupuesto unitario se elaboró el presupuesto general de obra del Muro Milán, para una longitud total de 320 metros lineales.

**PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA**

**Preliminares**

Número	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1.1	Limpieza de terreno plano a mano, incluye apilado de material hasta una distancia horizontal de cuatro metros	m <sup>2</sup>	258.00	\$ 9.38	\$ 2,401.28
1.2	Trazo y nivelación con aparatos topográficos en terreno plano de 1000 a 2000 m <sup>2</sup> . Incluye materiales, mano de obra y herramientas	m <sup>2</sup>	258.00	\$ 10.25	\$ 2,624.00
1.3	Excavación a mano en cédapa en terreno clase I, con una profundidad de 0.00 a 1.50 m, incluye mano de obra y herramientas	m <sup>3</sup>	384.00	\$ 60.86	\$ 23,370.24
1.4	Excavación por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 m, incluye mano de obra, herramienta y equipo de excavación.	m <sup>3</sup>	1,920.00	\$ 363.28	\$ 697,497.60
1.5	Afine de taludes hasta una profundidad de 1.50 m incluye, traspaleo de material de afine, mano de obra y herramienta	m <sup>2</sup>	3,177.60	\$ 14.61	\$ 46,424.74
1.6	Acarreo de tierra en carretilla producto de la excavación a 20 m de distancia horizontal incluye, carga y descarga	m <sup>3</sup>	499.20	\$ 56.75	\$ 28,329.60
1.7	Acarreo de material producto de la excavación en camión volteo de 7 m <sup>3</sup> de capacidad, a banco foraneo de desperdicio, incluye carga manual y herramientas y equipo	m <sup>3</sup>	2,579.20	\$ 135.66	\$ 349,894.27

**sub-total preliminares \$ 1,180,841.73**

**Construcción de brocal y Muro Milán**

Número	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
2.1	Acero de refuerzo de 3/8" de diametro, en brocal incluye material, habilitado, armado, ganchos, descalibre, acarreos, traslapes y desperdicios.	ton	13.78	\$10,526.49	\$ 144,644.50
2.2	Concreto premezclado f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> con un revenimiento de 20 cm bombeable para elementos verticales incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta	m <sup>3</sup>	128.00	\$ 2,100.36	\$ 268,646.08
2.3	Inyección de lodo bentonítico hasta una profundidad de 10 m incluye, material, mano de obra, equipo y herramienta	m <sup>3</sup>	1,920.00	\$ 1,499.87	\$ 2,879,750.40
2.4	Acero de refuerzo fy = 4,200 kg/cm <sup>2</sup> de 3/4" de diametro en cimentación incluye, material, habilitado, armado, descalibre, acarreos, traslapes y desperdicios	ton	288.00	\$10,523.30	\$ 3,030,710.40
2.5	Concreto premezclado, bombeado para muro milán de f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup> con un revenimiento de 20 cm. Incluye, material, mano de obra, equipo de bombeo y herramienta	m <sup>3</sup>	3,238.40	\$ 2,309.00	\$ 7,477,486.60

**sub-total construcción de brocal y muro milán \$ 13,851,816.58**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TOTAL \$ 14,982,188.71**

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

**El presupuesto total, genera la cantidad de \$ 14,952,158.71 (Catorce millones novecientos cincuenta y dos mil ciento cincuenta y ocho pesos 71/100 M.N.)**

Para que el estudio efectuado anteriormente justifique plenamente el proyecto de obra se tendrán que hacer los programas que a continuación se mencionan, programa de obra, página VII.23 programa de materiales para la construcción del Muro Milán página VII.24, programa de utilización de la mano de obra página VII.25, programa de uso del equipo de construcción página VII.26 y programa financiero página VII.27.

# PROGRAMA DE OBRA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN EN EL EDIFICIO LA TORRE MAYOR

Número	Concepto	Cantidad	Unidad	SEGUNDO MES						TERCER MES					
				2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				<b>Preliminares</b>											
1.1	Limpieza de terreno	258.00	m <sup>2</sup>	■											
1.2	Tazo y nivelación	258.00	m <sup>2</sup>	■											
1.3	Excavación a mano en cagas	384.00	m <sup>3</sup>	■	■	■									
1.4	Excavación por medios mecánicos	1,820.00	m <sup>3</sup>	■	■	■	■	■							
1.5	Alba de taludes	3,177.80	m <sup>2</sup>		■	■	■	■	■						
1.6	Acarreo de tierra a 20 metros	488.20	m <sup>3</sup>	■	■	■	■	■							
1.7	Acarreo de material en camión	2,579.20	m <sup>3</sup>	■	■	■	■	■	■						
<b>Construcción de Brecal y Muro Milán</b>															
2.1	Suministro y instalación de acero de 3/4"	13.76	ton	■	■	■	■	■	■						
2.2	Concreto f'c= 180 kg/cm <sup>2</sup> , brecal	128.00	m <sup>3</sup>		■	■	■	■	■	■					
2.3	Inyección de todo bastillo	1,828.00	m <sup>3</sup>		■	■	■	■	■	■					
2.4	Suministro y instalación de acero de 3/4"	288.80	ton			■	■	■	■	■					
2.5	Concreto f'c= 250 kg/cm <sup>2</sup> , Muro Milán	3,238.40	m <sup>3</sup>				■	■	■	■	■	■	■	■	

**PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DEL MURO MILÁN EN EL EDIFICIO DE LA TORRE MAYOR**

Clave	Descripción	PRIMER MES			SEGUNDO MES			TERCER MES					
		SEMANAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ACMA-00	Agua para lodo bentonítico												
PREM-11	Concreto premezclado $f'c = 150$ kg/cm <sup>2</sup> y 20 cm de revenimiento												
PREM-12	Concreto premezclado $f'c = 250$ kg/cm <sup>2</sup> y 20 cm de revenimiento												
CIME-05	Cimbra metálica con tarima de guarnición.												
LODB-45	Polvo bentonítico												
A1BA-05	Varilla grado 42 de cualquier diámetro												

**PROGRAMA DE MANO DE OBRA PARA TRABAJOS DE LA CONSTRUCCIÓN  
DEL MURO MILÁN EN EL EDIFICIO DE LA TORRE MAYOR**

Categoría	PRIMER MES			SEGUNDO MES				TERCER MES				
	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CUADRILLA 1</b> Excavación, acarreo, limpieza y alba de taludes												
<b>CUADRILLA 2</b> Trazo y nivelación												
<b>CUADRILLA 3</b> Habilidad y armado de acero de refuerzo												
<b>CUADRILLA 4</b> Cimentado, colado de concreto e inyección de talcos												
<b>CUADRILLA 5</b> Habilidad y armado de acero en bridas y cimentaciones												
<b>CUADRILLA 6</b> Excavación por medios mecánicos												

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**

## PROGRAMA DE EQUIPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO MILÁN EN EL EDIFICO DE LA TORRE MAYOR

Clave	Descripción	PRIMER MES			SEGUNDO MES				TERCER MES							
		SEMANAS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
AAAX-004	Tránsito electrónico marca Leica modelo T-1000															
PLOD-021	Camión Ford modelo F-400 con tanque para transportar lodo bentonítico con capacidad de 8000 litros															
AMAPE-038	Cable Link Bell LS-118 capacidad de 40 ton, longitud de pluma de 25 m y equipo especial de almacenamiento															
PDT-035	Bomba de diafragma para lodos marca JACIER modelo 2002 de 3" de diámetro															
BOMNA-05	Vibrador para concreto marca Wecker modelo M8000 motor a gasolina															



**CAPÍTULO VIII**  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

## **CAPÍTULO VIII**

### **INGENIERÍA DE SISTEMAS**

En la década de 1940 a 1950 el pensamiento fue del símbolo al lenguaje, de ahí a la comunicación para pasar finalmente al control o mejor dicho a la cibernética. Es decir, partió de un elemento particular (el símbolo), hacia concepciones más estructuradas; fue expansionista, no reduccionista o analista, por lo que se dice que la cibernética es la ciencia del control por medio de la comunicación. La atención se vuelve hacia el concepto de Sistemas un concepto no nuevo pero que aparece como determinante en el apoyo del pensamiento científico moderno.

**Concepto de Sistema:** Todo sistema está formado por objetos, ideas o actividades relacionadas de tal manera que permiten su identificación como un todo coherente, como una unidad lógica y funcional.

El uso mismo de la palabra sistema con referencia a una unidad aislada implica una actitud especial hacia ella: el interés analítico de las relaciones que vinculan sus elementos o partes.

De aquí que todo el mundo constituye un sistema y todas sus partes son sistemas menores diversamente combinados.

Todas las unidades ordenadas son sistemas, por definición, pero sólo algunas de ellas son consideradas como tales. Muchas otras entidades podrian ser consideradas genéricamente como sistemas, pero solo excepcionalmente se tratan como tales.

El que una unidad o entidad sea admitida o no como sistema, depende del tipo de interés que se tenga en ella.

Puede identificarse un enfoque, a objetos y fenómenos, desde el punto de vista de sistemas o sistémico, cuando se centra la atención en las interacciones de sus partes como un todo funcional. La palabra sistémico se utiliza principalmente para hacer notar la diferencia entre el punto de vista de sistemas y lo que es meramente sistemático en

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

el sentido de lo que sólo es metódico u ordenado. El estudio de los sistemas se emprende por razones muy diversas y con diferente profundidad.

Los sistemas en los que existen interacciones más complejas, exigen correspondientemente una comprensión más profunda de los detalles de funcionamiento, si el objetivo es alcanzar un nivel de operación óptimo. Las personas que intervienen en el sistema constructivo de un Muro Milán, como miembros de la dirección, supervisión o como parte del personal obrero, sólo pueden cumplir acertadamente sus funciones, cuando poseen ideas claras acerca de la naturaleza global del sistema del que forman parte. El sistema planificado, llamado también sistema inventado o sistema realizado por el hombre, es el producto del ingenio humano.

Una idea presente en la mayoría de las definiciones es que el **sistema tiene un objetivo, y un, para que**. No tiene sentido hablar de un sistema o estudiarlo, si no se obtiene un resultado final de él, como se verá a continuación para el diseño estructural, de programación y factibilidad económica de la construcción del Muro Milán, donde intervienen diferentes sistemas o programas que interrelacionados forman un sistema que tiene por objetivo facilitar la construcción del Muro Milán.

### **8.1 SOFTWARE DISPONIBLE**

La palabra software como se sabe quiere decir programas; se usa de manera común porque se identifica con todos los términos que se emplean en el mundo de la computación, La palabra hardware se refiere a la parte física de las computadoras como el teclado, el monitor, el ratón (mouse), y la unidad central de procesamiento cuyas siglas en ingles son (cpu).

En la actualidad la computadora personal y el manejo de los diferentes programas de aplicación que existen en el mercado se han convertido en una herramienta útil para el desarrollo de diversos trabajos; en la ingeniería se ha desarrollado la Ingeniería de Sistemas en forma vertiginosa, apoyada por las computadoras y los programas de aplicación que se han creado para las diferentes ramas de la ingeniería; para este caso

se da una semblanza de estos programas que apoyan a la ingeniería civil, tanto en el Diseño Estructural como en la Planeación, Programación e Ingeniería de Costos, teniendo especial cuidado en que para la construcción del Muro Milán el uso de estas herramientas es obligado.

Estos programas llegaron a México en los años de 1960 y a partir de esa fecha se convirtieron en una herramienta indispensable. En la actualidad, se han adecuado en nuestro país diferentes programas para la solución de los diferentes problemas que se presentan; como es sabido estos programas se actualizan periódicamente. A continuación se presenta una lista de programas para el diseño estructural del Muro Milán.

**Programa denominado Extended Threedimensional Analysis Beams Structural (ETABS).**

Programa que llegó a México, de los Estados Unidos de Norte América en la década de los años setentas del siglo XX, primero con fines didácticos, posteriormente en forma comercial; programa de diseño estructural que permite, entre otros, el diseño estructural del Muro Milán, cálculo de acero, concreto, madera y mampostería. El actual programa se llama Super ETABS, es uno de los pocos programas de diseño estructural que está preparado para el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Es compatible con los sistemas operativos Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows NT4.0, y Windows XP; se debe contar con una computadora personal compatible Pentium o Celeron,

**Programa denominado Structural Analysis Program (SAP).**

Programa que llega a México en los años setentas del siglo XX; en la actualidad recibe el nombre de SAP 2000, sus actualizaciones, se realizan cada dos años aproximadamente. Es un programa de diseño estructural que calcula el diseño de Muros Milán, estructuras de acero y concreto por el método de Elementos Finitos. Es necesario contar con una computadora personal compatible Pentium o Celeron; los sistemas operativos pueden ser: Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

NT4.0 y Windows XP; como en éste y los otros programas, las actualizaciones los hacen más versátiles y menos complicados, con el consecuente ahorro de tiempo en el trabajo...

### **Programa denominado Structural Threedimensional Analysis American and Design III ( STAAD III)**

Programa de diseño estructural que llega a México en el año de 1990, aplicable para el diseño estructural del Muro Milán, acero, concreto, mampostería y madera. Actualmente se denomina STAAD PRO 2000; se actualiza cada dos años aproximadamente. Al igual que los anteriores, es necesario contar con una computadora personal compatible con Pentium o Celeron. Los sistemas operativos son Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows NT4.0 y Windows XP.

### **Programa de Cálculo Tridimensional 4.1 (TRICALC 4.1)**

Análisis y diseño de estructuras de concreto y acero que pueden servir para el cálculo del Muro Milán.

Fabricación y distribución en España a partir del año de 1991.

Difusión y distribución en México año de 1998.

Características: Tricalc 4.1 está integrado por 11 módulos los cuales forman el paquete completo, sin embargo, no es necesario adquirir todos los módulos, ya que para algunos despachos que se dedican al diseño estructural no todos son necesarios; por lo que respecta a este trabajo sólo interesan a aquellos módulos que permiten el diseño estructural del Muro Milán.

Equipo necesario: computadora personal compatible Pentium o Celeron.

Sistema operativo Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows NT4.0, y Windows XP.

Memoria mínima de 16 Mb en memoria principal denominada Random Access Memory (RAM), memoria recomendada 32 Mb, unidad de disco compacto (CD) y disco duro de 200 Mb de capacidad o superior.

Monitor VGA de 640 x 480 o superior, compatible con Windows.

Ratón (mouse) compatible con Windows.

Impresora o graficadora (Plotter) compatible con Windows. A continuación se mencionan los módulos del programa Tricalc con los cuales se puede diseñar el Muro Milán.

### **Programa Cálculo Tridimensional 1 (Tricalc 1)**

Cálculo Matricial Espacial de Estructuras Tridimensionales: Tricalc permite calcular desde una viga, una columna, un marco, una losa, hasta toda una estructura completa con losas, Muros Milán, cimentación y muros de sótano. Su integración permite utilizar todas las prestaciones características en cualquiera de los casos.

El programa permite el predimensionado automático o manual de los miembros de la estructura; en el predimensionado automático se definen la serie de perfiles de acero o de concreto deseables, dentro de los cuales el programa busca las secciones más económicas. En el predimensionado manual se eligen y asignan las secciones a los miembros de la estructura, en forma gráfica, de la base de datos. Si no se conoce la sección del Muro Milán, se asigna una aproximada; el programa indicará si es suficiente o no después del dimensionamiento.

Durante el cálculo de refuerzos en miembros de concreto, o la revisión de miembros de acero, puede ser necesario modificar las dimensiones de los miembros que no cumplan las especificaciones como puede ser en el caso de el Muro Milán que es un miembro de concreto que es susceptible a las modificaciones para lo cual se tendrá que repetir el cálculo, hasta su optimización. Este proceso se efectúa mediante el cálculo automático y acaba cuando todos los miembros de la estructura son válidos. Las modificaciones en el dimensionado, se efectúan según las opciones de predimensionado seleccionadas.

Listados: Tricalc permite obtener los listados por pantalla, impresora o un archivo en formato ASCII (American System Code International Interchange). Los listados en pantalla aparecen en una ventana independiente que permite su visualización simultánea de la estructura con los resultados en forma de listados. Cada tipo de listado tiene en pantalla una ventana de listado independiente, pudiéndose listar esfuerzos con

desplazamientos, cargas con reacciones y desplazamientos, etc. Las ventanas de listado pueden adoptar en pantalla la posición y el tamaño que se quiera.

En los planos de composición es posible introducir imágenes sólidas de la estructura, de plantas, marcos o de forma integral para poder apreciar mejor el conjunto estructural; esto es importante ya que finalmente facilita el trabajo en el diseño de las estructuras.

### **Programa Cálculo Tridimensional.2 (Tricalc. 2)**

Contempla el refuerzo de miembros de concreto como lo es el Muro Milán según distintas normas: Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 1993 vigente (RCDF/93) y Normas Técnicas Complementarias 1995 (NTC/95); Reglamento de la Comisión Federal de Electricidad (CFE/91) y Normas Técnicas Complementarias; Instituto Americano del Concreto 318 (American Concrete Institute 318) de los Estados Unidos de América y otras normativas de España, Portugal, Brasil y Argentina (requiere Tricalc 1). El programa realiza el refuerzo de los miembros de concreto de la estructura, obteniendo los planos de despiece de refuerzo de vigas y contraventeos, cuadro de columnas con el dibujo de la sección y la cuantificación del concreto, del acero y de la cimbra. Incluye cálculo y retoque del refuerzo, salida de planos de despiece de refuerzo, cuadro de columnas, listado de refuerzos, deflexiones y de cuantificaciones.

### **Programa Cálculo Tridimensional.6 ( Tricalc 6)**

Realiza el cálculo de Muros Milán y de sótano de varios niveles, de forma integrada con la estructura. El cálculo de los muros se hace considerando de forma automática los esfuerzos que las vigas y columnas de la estructura transmiten al muro, así como los empujes horizontales, dependiendo del tipo de terreno considerado. El programa determina los espesores de los tipos de muro, así como las dimensiones de su zapata.

Las opciones de cálculo se pueden asignar al Muro Milán y a otros tipos de muros de forma general; o de forma particular solamente a aquellos con diferente tipo de terreno.

Las principales opciones de cálculo son:

Tipo de terreno definiendo su densidad: seca, húmeda y sumergida, ángulo de fricción interna y tensión admisible.

Actuación de aguas freáticas y la cota del nivel freático.

Actuación de sobrecargas de tráfico en la superficie de coronación.

Tipo de zapata a calcular según la relación entre el peralte y el ancho.

Cálculo del armado mediante varillas de acero corrugado o mediante mallas electro soldadas.

Diámetros mínimos y máximos, separación mínima de varillas y redondeo de las separaciones.

Consideración sísmica en el empuje del terreno.

El programa Tricalc, presentado como se ve, abarca las diferentes ramas del diseño y cálculo estructural que se requieren para el Muro Milán; a continuación se presentan otros tipos de programas que manejan costos, equipos de construcción, de personal, de materiales y tiempos.

## **8.2 REGISTRO RÁPIDO Y CONTROL DE AVANCE DE LA OBRA**

Anteriormente se habló de los programas que existen para el diseño y cálculo del Muro Milán; de igual forma se hará mención de los programas que existen en el mercado para determinar el presupuesto, programa de obra, materiales, mano de obra, equipo y control de avance de los trabajos.

El Muro Milán forma parte de las grandes construcciones y su uso en la zona lacustre de la Ciudad de México, es determinante; de tal forma su sistema constructivo y su costo son representativos.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

Hoy en día existen programas que su desarrollo ha sido tal que permiten un rápido registro y control de avance de la obra; al mencionar las bondades de un programa, se está hablando de todos los programas que se comercializan en el mercado para este tipo de especialidad en la ingeniería. Los siguientes programas son adecuados para presupuesto y control de obra del Muro Milán.

### **Programa NEODATA.**

Los requisitos para su instalación son: Computadora personal compatible Pentium o Celeron.

Sistema operativo Windows 95, Windows 98, Windows 2000, Windows NT4.0 y 5.0, Windows Milenio y Windows XP.

Memoria principal Random Access Memory (RAM), recomendada 64 Mb.

Disco duro de 20 Gigabyte de capacidad.

Monitor VGA de 640 x 480 o superior, compatible con Windows.

Ratón (Mouse) compatible con Windows.

Fabricación, difusión y distribución México año de 1990.

**Programa de Precios Unitarios.** Más fácil de usar por su diseño tipo Excel; son los elementos más importantes para formular el "Presupuesto".

**Programa Base Cotizador** con 5,000 hojas formato de matrices que ya contienen los Análisis de costos de:

**Precios de Básicos:** son los costos que se tienen de conceptos que intervienen en diferentes precios unitarios, ejemplo: concretos hechos en obra, cimbra, morteros y habilitado de acero entre otros conceptos.

**Integrados:** son los costos que representan al precio unitario, en el cual se encuentran, la mano de obra, los materiales, herramienta y equipo ya sumados integrando lo que se llama precio a costo directo; Si además se le suman los gastos de oficina (indirectos) y la utilidad, se obtiene el precio unitario final.

**Partidas:** es el conjunto de conceptos que intervienen en una de las etapas de la obra; ejemplo de esto son los trabajos preliminares.

**Capítulos:** es el conjunto de partidas que forman la generalidad de conceptos que intervienen en la obra; el ejemplo puede ser el capítulo de cimentación, estructura, herrería carpintería y tantos como el tipo de obra que se tenga que construir.

**Extraordinarios.** Es el conjunto de trabajos que no se tenían contemplados en el proyecto original.

**Materiales catálogo de insumos.** Con 25,000 insumos actualizados trimestralmente, que contienen:

Mano de obra (Factor de Salario Real).

Maquinaria y Equipo (opción de costo rápido y costo horario analizado).

Subcontratos.

Programa de obra.

Programa de materiales.

Programa de mano de obra.

Programa de maquinaria y equipo.

Explosión de insumos:

Se obtienen las cantidades de los insumos para todo el presupuesto.

Explosión de insumos de las estimaciones generadas.

Control de maquinaria.

Planeación de mantenimiento

Rentas y traslados acorde al programa de utilización de maquinaria.

Control de costos de maquinaria.

**Módulo de escalatorias:**

Permite incrementar el costo de los insumos por tipo y rango, creando los antecedentes de los incrementos de obra.

Reportes comparativos al nivel de insumos o análisis.

ESTA TESIS NO SE  
DE LA BIBLIOTECA

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

**Volúmenes de obra:**

Genera volumen presupuestado.

Genera volumen ejecutado.

Genera volumen pendiente por ejecutar.

Genera volumen de trabajos ejecutados adicionalmente.

**Estimaciones:**

Genera estimaciones en base a las fechas establecidas.

Captura volúmenes o porcentajes en el avance de la obra.

Entrega reportes de estimaciones normales, acumuladas y adicionales.

**Para la mano de obra:**

Organización de cuadrillas por maestro.

Control Multiobra.

Pago semanal de destajos con declaración del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) acorde al mes que le corresponda.

**Para la Administración:**

Subcontratos y destajos.

Almacén.

Compras.

Bancos.

Cuentas por pagar.

Contabilidad.

A continuación se mencionará otro de los programas para integrar un presupuesto y programas de obra que son necesarios.

**Programa SAICIC para Windows**

El programa SAICIC tiene un intercambio de datos permanente con sistemas como MS-Project, Word y Excel y consulta con la base de datos de los sistemas Prisma y Bimsa.

El Programa SAICIC es propio para la elaboración de presupuesto y los diferentes controles que son necesarios para la construcción del Muro Milán; los segmentos que forman el programa son similares al Programa Neodata, por lo que no tiene caso describir los conceptos.

**Requisitos para su instalación: Computadora personal compatible Pentium.  
Sistema operativo Windows 95, 98, 2000, NT4.0 5.0, Windows XP y Milenio.  
Memoria principal Random Access Memory (RAM) recomendada 32 Mb.  
Disco duro de 20 gigabyte.  
Ratón (Mouse) compatible con Windows.  
Monitor VGA de 640 x 480 o superior, compatible con Windows.**

Los programas antes mencionados son los que actualmente tienen una mayor demanda; no por ello los que aquí no se mencionan dejan de ser importantes. Considerando lo anteriormente expuesto, para este trabajo que corresponde al Muro Milán se considera suficiente con los programas enunciados.

La Ingeniería de Sistemas es la más importante herramienta con la que se cuenta actualmente; en este caso, para la construcción de un Muro Milán, su creación y desarrollo se debe al género humano; las computadoras son también producto del ingenio de la humanidad y en ellas se ha alcanzado la mejor de las aplicaciones de los sistemas creados por el hombre y para el hombre; sin embargo, para el desarrollo de esta obra, el Muro Milán, interviene gente capacitada a diferentes niveles y especialidades que ha cumplido con las expectativas de su profesión, ya que el Muro Milán se ha construido en diferentes lugares de la Ciudad de México y actualmente se sigue construyendo con este sistema, demostrándose que realmente es un sistema constructivo que ha logrado contener los niveles de agua freática, no permitiendo filtraciones hacia las excavaciones y a su vez como muro de contención al empuje de

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

tierras, por lo que el objetivo está cumplido; la construcción de este tipo de obras indica que la Ingeniería tiene un horizonte amplio, esperando que el desarrollo de todo lo mencionado sea un preámbulo de mejores logros cada día.

### **Programa MICROSOFT PROJECT**

La administración de proyectos es simplemente la planificación, organización y administración de tareas y recursos necesarios para llevar a cabo un objetivo definido, normalmente con limitación de tiempo y costos. Un plan puede ser tan simple como llevar anotadas una lista de tareas con sus fechas previstas de comienzo y fin. Un plan complejo, por otro lado, puede constar de miles de tareas y recursos, y de un presupuesto de millones de pesos. La mayoría de los planes de proyectos comparten, incluyendo la división del proyecto en tareas de fácil manejo, la programación de las tareas y los seguimientos del progreso del trabajo.

### **DIAGRAMA DE GANTT**

En un desarrollo independiente de sistemas de administración de proyectos, Henry L. Gantt desarrolló un modo de representar gráficamente las actividades a lo largo de una escala de tiempo.

El gráfico de Gantt cubre las distintas funciones de la programación: asignación de recursos y determinación de la secuencia y cronología. A pesar de su sencillez constituye uno de los métodos de programación mas completos y sin duda el más usado, razón por la cual se empleó en el desarrollo del Capítulo VII de este trabajo. El gráfico se determina a dos escalas: en la horizontal se mide el tiempo (en horas, días, semanas); en la vertical, se ordenan los elementos que intervienen en la programación: máquinas, hombres, tareas, órdenes de trabajo. El gráfico establece de tal forma una relación cronológica entre cada elemento productor o tarea. Las subdivisiones horizontales del espacio en el gráfico representan a la vez tres cosas: transcurso de una unidad de tiempo, trabajo programado para ese intervalo y trabajo realizado efectivamente en ese lapso. La inclusión simultanea de estos dos últimos aspectos

(generalmente se hace mediante segmentos trazados en distintos colores o de diferente forma) implica cotejar lo programado con lo realizado hasta el momento, es decir controlar lo programado.

Se puede utilizar el diagrama de Gantt de Microsoft Project para crear una programación así como para hacer el seguimiento de lo programado e imprimir informes.

### **METODO DE RUTA CRÍTICA (MRC), O DIAGRAMA PERT**

El proceso de informatización de la administración de proyectos se inició en los años 1950 a 1960. DuPont Corporation y Remington Rand, en un esfuerzo por mejorar las técnicas de programación de proyectos, desarrollaron un sistema de programación llamado Método de Ruta Crítica, consistente en un modelo matemático que calcula la duración total de un proyecto, basándose en la duración de cada tarea en particular y en sus dependencias, y que identifica que tareas son críticas. Éste modelo es el método de programación más utilizado fundamentalmente en el paquete de Microsoft Project.

En sus inicios, la Marina de los Estados Unidos de Norte América, desarrolló el proyecto de los misiles Polaris, un sistema de armamentos basado en submarinos. Lockheed, el contratista principal del proyecto, creó el sistema de programación PERT (Programme Evaluation and Review Technique) que utiliza probabilidades estadísticas para calcular las duraciones previstas. Hoy en día, un diagrama PERT (también llamado diagrama de red) hace referencia a la representación gráfica de las relaciones entre tareas.

El método del camino crítico, aplica principios de la teoría de los gráficos, realiza el estudio de procesos, estructuras y sistemas mediante gráficos. Se denomina "gráfico" a un conjunto de puntos llamados "nodos" y a un conjunto de arcos que vinculan esos puntos. Los procesos o proyectos a programar se representan mediante estos gráficos; cada tarea es simbolizada por un nodo o por un arco; e establecidos los tiempos que corresponden a las tareas, el método busca determinar la secuencia de arcos

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

adyacentes (denominada camino) que, va desde el principio al final del proceso o proyecto, tenga menor duración, este es denominado "camino crítico" e interesa conocerlo, ya que condicionará la duración total del proceso o proyecto: por ello las tareas comprendidas en ese camino ("tareas críticas") deben ser las más controladas y en caso de desear acelerarlo, habrá que comenzar por ellas. Este método es utilizado, por lo tanto, para aquellos procesos o proyectos que tienen un comienzo y una terminación (es decir que nos son continuos) que presentan además, cierta continuidad en la interrelación de las tareas que los forman.

**CONCLUSIONES  
Y  
RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

Se puede concluir este trabajo reconociendo la efectividad del proceso constructivo del Muro Milán en obras civiles de la Ciudad de México, como un sistema factible en condiciones en las que con otros procedimientos prácticamente sería imposible realizar.

Al inicio de este trabajo se vio que la problemática del subsuelo de la zona lacustre anteriormente ocupada por el antiguo lago de Texcoco, representa un conjunto de obstáculos que dificultan todo tipo de excavación y construcción tanto por encima como dentro del subsuelo. Se hizo un recorrido por las diferentes etapas geológicas que dieron origen a la constitución estratigráfica del subsuelo de la ciudad, para dar una idea concreta del material al que tiene que enfrentarse cualquier constructor.

Es importante el procedimiento de la excavación en un proceso constructivo, en el que la buena ejecución de ella determina el éxito o fracaso del trabajo.

La inestabilidad de un subsuelo no consolidado, la infiltración de aguas freáticas, y los hundimientos en el entorno atraen la atención de esta investigación y ocupa su lugar en el capítulo I de este trabajo.

A lo largo de la historia de la Ciudad de México la ingeniería no tomaba en cuenta el deterioro que sus acciones propinaban al medio ambiente con la realización de las obras que se llevaron a cabo. Hoy la regulación existente por medio del gobierno federal y del Distrito Federal, hacen que si bien se modifique el medio ambiente no se deteriore y que se tomen las medidas pertinentes para su conservación.

Al hacer un análisis de cómo se arma, cuela y termina un Muro Milán es como se avanza en esta investigación, viendo las propiedades del concreto a utilizar dependiendo de las especificaciones de proyecto. El habilitado y armado del acero de refuerzo a utilizar así como la importancia del método a emplear en el colado del concreto hidráulico y la unión entre un tablero y otro por medio de los tubos junta para garantizar la impermeabilidad, hacen que sea esta una parte importante del trabajo.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

El éxito de la construcción del Muro Milán en la Ciudad de México, desde el punto de vista de la maquinaria y equipo de construcción depende de una buena planeación para la selección del equipo pesado, tomando en cuenta para ello la inversión que se tenga y el que se adquiera durante el proceso de la obra, pasando estas inversiones a formar parte del capital de la empresa.

Al seleccionar el equipo de construcción debe tomarse en cuenta que las operaciones que se plantearon en el programa de obra, lleguen a un final satisfactorio, con el costo más bajo posible, respetando los planes y especificaciones que se fijaron para la construcción del Muro Milán.

En el capítulo VI, se toman como base dos obras representativas que se han realizado a últimas fechas, el sistema de Transporte Colectivo Metro y el edificio la Torre Mayor.

En el Metro se revisaron los pasos que se siguieron durante la construcción del mismo, viendo que fueron los óptimos al final de cuenta.

En la Torre Mayor el Muro Milán forma parte del cajón de cimentación y a su vez ésta quedó integrada monolíticamente a las pilas de cimentación, las cuales quedaron instrumentadas en su punta, a lo largo del fuste y en la unión de las pilas con la losa, dándonos una idea exacta del comportamiento de la cimentación en su conjunto.

Cabe aclarar que aunque este trabajo se circunscribe al Muro Milán, lo interesante de la tecnología de punta aplicada en la construcción de la Torre Mayor, haya desviado la atención hacia otros puntos de construcción como las pilas, la losa de cimentación y los amortiguadores viscosos que se utilizaron en la superestructura para absorber la inercia del sismo, haciendo que el peso de la misma se haya reducido hasta en un 40 % aligerando la misma, dando un beneficio al final en costos y en no tener que hacer tan robusta la cimentación.

La factibilidad económica de una obra, es lo que al final de cuentas determina que ésta se lleve acabo o no, en el capítulo VII mediante un análisis de costos y programas

financieros además de programas, se obtuvo al final el costo por metro cúbico de Muro Milán, dándonos la certeza de que el procedimiento constructivo es factible.

La ingeniería de sistemas facilita el trabajo en todos sentidos, en la toma de decisiones, en la planeación general del proyecto de obra y control del mismo, con esto se llega a la conclusión de que el método constructivo del Muro Milán es el adecuado.

A lo largo de la historia el hombre ha procurado agruparse en grandes conglomerados de población, creándose así las grandes ciudades. Originando problemas y situaciones que de otra manera no hubieran existido; es así como surge la necesidad de ir corrigiendo la mayoría de los obstáculos que se van incrementando por la acumulación de habitantes en un solo lugar.

La Ciudad de México no es la excepción, ubicada estratégicamente en lo militar por los Aztecas, en un valle cerrado, rodeado de montañas a 2240 metros sobre el nivel medio del mar, acumula por razones naturales una serie de anomalías que en su conjunto la hacen cada día más compleja. Al estar localizada en el centro de una cuenca hidrológica (la del Valle de México) y en su parte más baja, queda por encima de lo que fue el Lago de Texcoco, teniendo que ir poco a poco secándolo para hacer crecer la ciudad hasta llegar a colocarla como la ciudad más grande del mundo, sin considerar además que cohabita con la zona urbana del Estado de México, que sumando la población de los tres municipios de Naucálpán, Tlalnepantla y Netzahualcoyotl, supera los ocho millones de habitantes adicionales a los de la Ciudad de México.

A los pobladores de la Ciudad de México hay que traerles de grandes distancias agua potable, la energía eléctrica, los alimentos y en general todos los insumos que la población necesita. Por otro lado, se tiene que desalojar el agua residual fuera de la cuenca hidrológica con un sistema de drenaje profundo, al cual se le hacen llegar todo tipo de residuos, así como aguas jabonosas, aguas negras y aguas pluviales, para evitar que la ciudad se ahogue en sus propios residuos.

## **UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

En todas y cada una de estas circunstancias es donde interviene el Ingeniero Civil, tapando los huecos que se generan, sin lograr acabar con ellos, ya que cada día son más los que aparecen.

A estas fechas hay que construirle un segundo piso al periférico, mañana el tercero; se tienen que abrir más rutas del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), hoy dejan de circular los automóviles un día, mañana dos; quizá en el futuro el racionamiento del agua potable haga que no sea suficiente ni para lo más indispensable y así sucesivamente.

Los que de alguna manera estamos relacionados con la Ingeniería Civil, no tomamos en cuenta que seguimos la inercia de las circunstancias, sin reparar en que estamos contribuyendo a la generación en cada día, de más soluciones a medias. La Ciudad de México es una ciudad que agoniza sin remedio y los políticos le dan paliativos que solo logran retardar su colapso final, colapso al que se tiene que llegar si la ciudad y sus problemas siguen creciendo.

Si los recursos excesivos utilizados en corregir los errores de los anteriores en turno, se utilizaran en la planeación de futuras ciudades de menor tamaño, pero de mayor eficiencia, estos recursos beneficiarían a mayor número de mexicanos.

Este tipo de situaciones llevan a la reflexión sobre que Ciudad de México y que país queremos los mexicanos, un conjunto de soluciones a un montón de problemas o un rumbo mejor planeado, que se dirija hacia lo práctico y lo más adecuado para todos.

---

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo al trabajo desarrollado y en consecuencia de las conclusiones expresadas en las páginas anteriores, se puede recomendar lo que sigue.

Que es indispensable realizar estudios de Mecánica de Suelos para conocer mejor la estratigrafía del subsuelo donde se realizará la obra.

En cuanto al proceso constructivo del Muro Milán, no hay que hacerle prácticamente modificaciones ya que a pesar del tiempo sigue siendo vigente al presentar ventajas sobre las excavaciones a cielo abierto, abatiendo el nivel freático con bombeo.

O el de colocación de un tablaestacado continuo, por la dificultad de maniobra y por la poca impermeabilidad que se presenta al unir elementos prefabricados. Sin contar con el alto costo de las maniobras y el transporte de las tablaestacas, sobre todo si el lugar donde se fabrican se encuentra alejado.

Hay que procurar desarrollar asentamientos humanos en lugares donde el subsuelo y suelo no sean tan inestables como en la Ciudad de México, en este sentido, es necesario llevar a cabo estudios de mecánica de suelos y de urbanización antes de colonizar regiones donde sea factible y no donde prácticamente todo esté en contra.

Dejar atrás las cuestiones políticas, para privilegiar el interés de todos y no de unos cuantos. En otros países se terminan las elecciones y toda la gente se pone a trabajar sin importar la filiación política. En México nunca se deja de politiquear y por lo mismo no hay un acuerdo entre la clase política y se deja por un lado el beneficio del todos.

Aquí se considera que las grandes obras en México son para cuando más seis años, y un proyecto de desarrollo urbano para todo el país, no debe de tener límite de tiempo. Consideran que si la obra dura más de seis años, otros políticos a lo mejor contrarios a ellos, cosecharán el reconocimiento que los otros sembraron, por lo tanto proyectan obras que no salgan de su periodo de mandato, limitándose a casi nada.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

No es posible seguir haciendo crecer la Ciudad de México hacia adentro, porque en un corto plazo vamos a estar unos arriba de otros.

Si todos los recursos económicos se canalizan hacia el desarrollo de nuevas y pequeñas ciudades y las oportunidades se dan en ellas, la Ciudad de México poco a poco se tendrá que ir descargando de población, aliviando las necesidades que en el presente se tienen, dejándose de invertir sumas millonarias en ella para canalizarlas a un desarrollo con más equilibrio de otras ciudades dentro de México.

**A N E X O S**

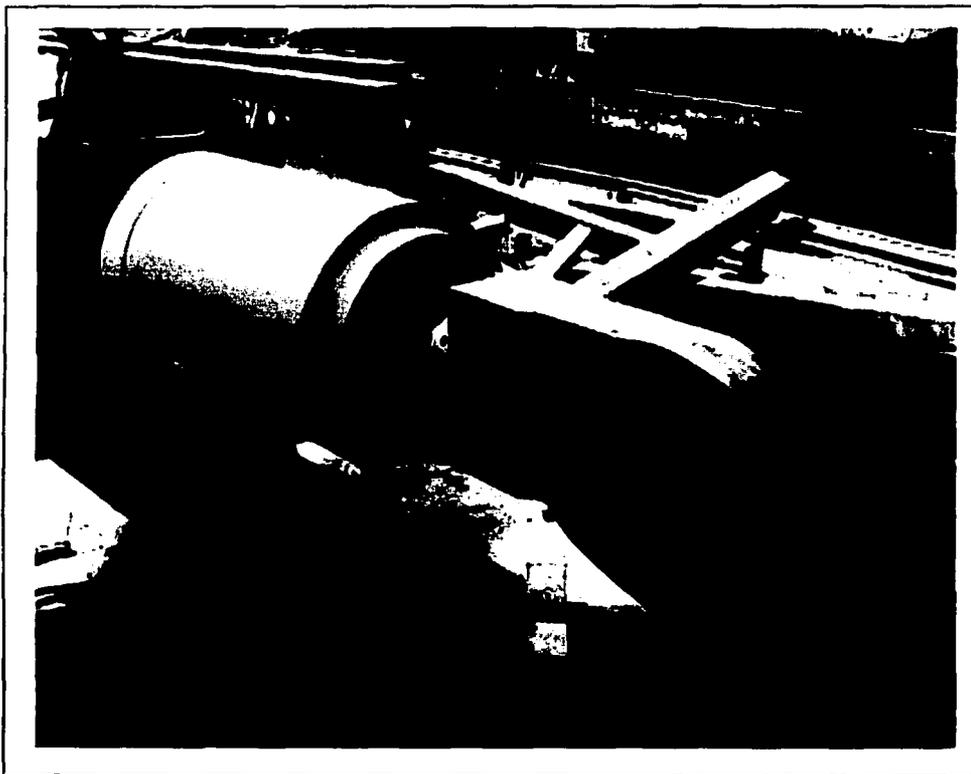
**ANEXO I**  
**MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LOS**  
**AMORTIGUADORES VISCOSOS EN**  
**LA TORRE MAYOR**

UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.

**ANEXO I**  
**MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LOS**  
**AMORTIGUADORES VISCOSOS EN LA TORRE MAYOR**

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

**Figura ANEXO I.1**  
**AMORTIGUADOR VISCOSO EN LA TORRE MAYOR**



**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

---

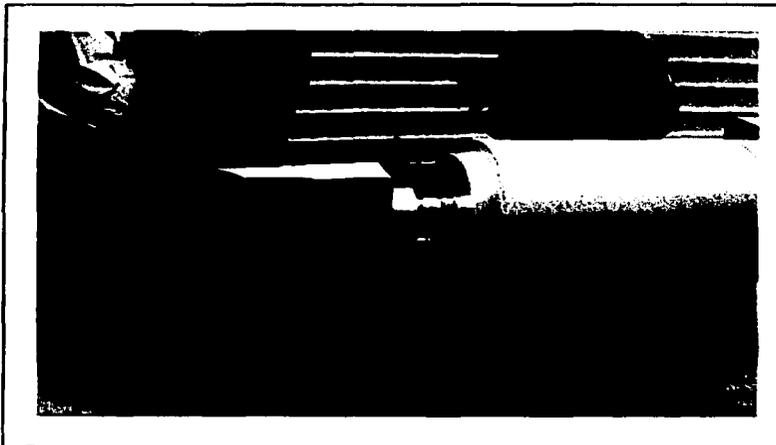
**Figura ANEXO I.2  
COLOCACIÓN DE AMORTIGUADOR**



**Figura ANEXO I.3  
AMORTIGUADOR COLOCADO**



**Figura ANEXO I.4**  
**CALIBRACIÓN DE AMORTIGUADOR VISCOSO**



**Figura ANEXO I.5**  
**CONTRAVENTEO CON AMORTIGUADOR**



**ANEXO II  
LEY AMBIENTAL  
DEL DISTRITO FEDERAL**

ANEXO II  
LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL

(Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el  
13 de enero de 2000).

(Al margen superior izquierdo un escudo que dice: Ciudad de México. JEFE  
DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL)

DECRETO DE LEY AMBIENTAL  
DEL DISTRITO FEDERAL

ROSARIO ROBLES BERLANGA, Jefa de Gobierno del Distrito Federal, a sus  
habitantes sabed:

Que la Honorable Asamblea Legislativa del Distrito Federal, I Legislatura, se  
ha servido dirigirme el siguiente

DECRETO

(Al margen superior izquierdo el escudo nacional que dice: ESTADOS  
UNIDOS MEXICANOS. ASAMBLEA LEGISLATIVA DEL DISTRITO FEDERAL, I  
LEGISLATURA)

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DEL DISTRITO FEDERAL, I LEGISLATURA  
DECRETA

LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL

TITULO PRIMERO

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. La presente Ley es de orden público e interés social y tie-  
ne por objeto: G.O.DF. 31-Ene-02

I. Definir los principios mediante los cuales se habrá de formular, conducir y  
evaluar la política ambiental en el Distrito Federal, así como los instrumentos y  
procedimientos para su aplicación;

II Regular el ejercicio de las facultades de las autoridades de la Administra-  
ción Pública del Distrito Federal en materia de conservación del medio ambiente,  
protección ecológica y restauración del equilibrio ecológico;

III Conservar y restaurar el equilibrio ecológico, así como prevenir los da-  
ños al ambiente, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios  
económicos y las actividades de la sociedad con la conservación de los ecosis-  
temas;

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

IV Establecer y regular las áreas verdes, áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas de competencia del Distrito Federal, así como manejar y vigilar aquellas cuya administración se asuma por convenio con la Federación, estados o municipios; G.O.D.F. 31-Ene-02

V Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el Distrito Federal en aquellos casos que no sean competencia de la Federación;

VI Establecer las medidas de control, de seguridad y las sanciones administrativas que correspondan, para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta ley y de las disposiciones que de ella se deriven;

VII Regular la responsabilidad por daños al ambiente y establecer los mecanismos adecuados para garantizar la incorporación de los costos ambientales en los procesos productivos; y

VIII Establecer el ámbito de participación de la sociedad en el desarrollo y la gestión Ambiental.

**Artículo 2.** Esta Ley se aplicará en el territorio del Distrito Federal en los siguientes casos: G.O.D.F. 31-Ene-02

I En la prevención y control de la contaminación atmosférica proveniente de fuentes fijas o móviles que de conformidad con la misma estén sujetas a la jurisdicción local;

II En la prevención y control de la contaminación de las aguas localizadas en el Distrito Federal, que de conformidad con el párrafo quinto del artículo 27 constitucional no son consideradas aguas nacionales, así como tratándose de aguas nacionales que hayan sido asignadas al Distrito Federal;

III En la conservación y control de la contaminación del suelo;

IV En la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de jurisdicción del Distrito Federal;

V En la protección y preservación de la flora y fauna en las áreas verdes, áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas y en el suelo de conservación competencia del Distrito Federal; G.O.D.F. 31-Ene-02

VI En la evaluación y autorización del impacto ambiental y riesgo de obras y actividades.

VII En la política de desarrollo sustentable y los instrumentos para su aplicación; G.O.D.F. 31-Ene-02

VIII En el estauamiento de las competencias de las autoridades ambientales; G.O.D.F. 31-Ene-02

IX En la prevención, control y acciones contra la contaminación ambiental; G.O.D.F. 31-Ene-02

X En la prestación de servicios ambientales; y G.O.D.F. 31-Ene-02

XI En el establecimiento de medidas de control, seguridad y sanciones; G.O.D.F. 31-Ene-02

**Artículo 3.** Se consideran de utilidad pública: G.O.D.F. 31-Ene-02

I El ordenamiento ecológico del territorio del Distrito Federal;

II El establecimiento, protección, preservación, restauración y mejoramiento de las áreas verdes, áreas de valor ambiental, áreas naturales protegidas de competencia del Distrito Federal, las zonas de restauración ecológica y en general del suelo de conservación, para la preservación de los ecosistemas y elementos naturales; G.O.D.F. 31-Ene-02

III El establecimiento de zonas intermedias de salvaguarda; las áreas de producción agropecuaria, y la zona federal de las barrancas, humedales, vasos de presas, cuerpos y corrientes de aguas; G.O.D.F. 31-Ene-02

IV La prevención y control de la contaminación ambiental del aire, agua y suelo, así como el cuidado, restauración y aprovechamiento de los elementos naturales y de los sitios necesarios para asegurar la conservación e incremento de la flora y fauna silvestres;

V Las actividades vinculadas con la prestación del servicio público de suministro de agua potable;

VI La ejecución de programas destinados a fomentar la educación ambiental y a otorgar incentivos para la aplicación de tecnología ambiental;

VII La participación social encaminada al desarrollo sustentable del Distrito Federal; y

VIII La elaboración y aplicación de planes y programas que contengan políticas de desarrollo integral de la entidad bajo criterios ambientales.

Artículo 4. En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes, reglamentos, normas y demás ordenamientos jurídicos relacionados con las materias que regula este ordenamiento. G.O.D.F. 31-Ene-02

Artículo 5. Para los efectos de esta Ley, se estará a las definiciones de conceptos que se contienen en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales y la Ley Forestal, así como las siguientes: G.O.D.F. 31-Ene-02

**ACTIVIDAD RIESGOSA:** toda acción u omisión que ponga en peligro la integridad de las personas o del ambiente, en virtud de la naturaleza, características o volumen de los materiales o residuos que se manejen, de conformidad con las normas oficiales mexicanas, los criterios o listados en materia ambiental que publiquen las autoridades competentes en el Diario Oficial de la Federación y la Gaceta Oficial del Distrito Federal;

**ADMINISTRACIÓN:** La planeación, instrumentación, promoción, ejecución, control y evaluación de las acciones que en el ámbito público y en materia de protección, preservación, restauración y desarrollo se realicen en las áreas verdes, áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas, así como la coordinación de la investigación científica, monitoreo ambiental, capacitación y asesoría técnica que respecto a dichas áreas y sus elementos se lleven a cabo. G.O.D.F. 31-Ene-02

**ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL DISTRITO FEDERAL:** conjunto de órganos, centrales, desconcentrados y paraestatales, conforme a la Ley Orgánica que expida la Asamblea Legislativa, la cual distribuirá los negocios del orden administrativo del Distrito Federal;

**AGUAS RESIDUALES:** Son las provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias o de cualquier otra actividad que.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

por el uso de que han sido objeto, contienen materia orgánica y otras sustancias químicas que alteran su calidad original:

**AMBIENTE:** El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados. Deberá entenderse también como medio ambiente;

**ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS:** Los espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por actividades antropogénicas, o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función para la recarga del acuífero y la preservación de la biodiversidad. Son áreas que por sus características ecogeográficas, contenido de especies, bienes y servicios ambientales y culturales que proporcionan a la población, hacen imprescindible su preservación; G.O.D.F. 31-Ens-02

**ÁREAS DE VALOR AMBIENTAL:** Las áreas verdes en donde los ambientes originales han sido modificados por las actividades antropogénicas y que requieren ser restauradas o preservadas, en función de que aún mantienen ciertas características biológicas y escénicas, las cuales les permiten contribuir a mantener la calidad ambiental de la Ciudad; G.O.D.F. 31-Ens-02

**ÁREA VERDE:** Toda superficie cubierta de vegetación, natural o inocular que se localice en el Distrito Federal;

**AUDITORIA AMBIENTAL:** Examen metodológico de las actividades, operaciones y procesos, respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, así como del grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger los recursos naturales y el ambiente;

**AUTORIZACION DE IMPACTO AMBIENTAL:** autorización otorgada por la Secretaría del Medio Ambiente como resultado de la presentación y evaluación de un informe preventivo, manifestación o estudio de impacto ambiental o de riesgo, según corresponda cuando previamente a la realización de una obra o actividad se cumplan los requisitos establecidos en esta Ley para evitar o en su defecto minimizar y restaurar o compensar los daños ambientales que las mismas puedan ocasionar;

**BARRANCAS:** Depresión geográfica que por sus condiciones topográficas y geológicas se presentan como hendiduras y sirven de refugio de vida silvestre, de cauce de los escurrimientos naturales de ríos, riachuelos y precipitaciones pluviales, que constituyen zonas importantes del ciclo hidrológico y biogeoquímico (sic)

**CENTRO DE VERIFICACION:** Local determinado por las autoridades competentes y autorizado por éstas, para llevar a cabo la medición de emisiones contaminantes con el equipo autorizado, provenientes de los vehículos automotores en circulación.

**COMPENSACION:** el resarcimiento del deterioro ocasionado por cualquier obra o actividad en un elemento natural distinto al afectado, cuando no se pueda restablecer la situación anterior en el elemento afectado;

**CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA:** Aquellas fijadas por la Secretaría que establecen respecto del agua residual límites físicos, químicos y biológicos más estrictos que las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal, respecto de un determinado uso, usuario o grupo de usuarios o de un cuerpo receptor de jurisdicción local, de acuerdo con esta Ley;

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CONSERVACION:** El conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones, de detección, rescate, saneamiento y recuperación, destinadas a asegurar que se mantengan las condiciones que hacen posible la evolución o el desarrollo de las especies y de los ecosistemas propios del Distrito Federal;

**CONTAMINACION:** la presencia en el ambiente de toda sustancia que en cualquiera de sus estados físicos y químicos al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural, causando desequilibrio ecológico;

**CONTINGENCIA AMBIENTAL O EMERGENCIA ECOLOGICA:** situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes cuando se presenta o se prevé con base en análisis objetivos o en el monitoreo de la contaminación ambiental, una concentración de contaminantes o un riesgo ecológico derivado de actividades humanas o fenómenos naturales que afectan la salud de la población o al ambiente de acuerdo con las normas oficiales mexicanas;

**CONTROL:** Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento;

**CUENCA DE MEXICO:** El ámbito geográfico comprendido por los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y el Distrito Federal en la que tienen lugar los ciclos naturales del agua, aire, suelo y especies vivas que determinan las condiciones ambientales del Distrito Federal;

**CUERPO RECEPTOR:** La corriente, depósito de agua, el cauce o bien del dominio público del Distrito Federal en donde se descargan, infiltran o inyectan aguas residuales;

**DAÑO AMBIENTAL:** Toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al ambiente o a uno o más de sus componentes;

**DEMARCAACION TERRITORIAL:** Cada una de las partes en que se divide el territorio del Distrito Federal para efectos de la organización político-administrativa;

**DELEGACIONES:** Los Organos Político Administrativos establecidos en cada una de las Demarcaciones Territoriales;

**DESARROLLO SUSTENTABLE:** El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de conservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras;

**DISPOSICION FINAL:** Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas y al ambiente;

**ECOCIDIO:** la conducta dolosa determinada por las normas penales, consistente en causar un daño grave al ambiente por la emisión de contaminantes, la realización de actividades riesgosas o la afectación de recursos naturales, en contravención a lo dispuesto en la presente ley o en las normas oficiales ambientales mexicanas (sic)

**ECOSISTEMA:** La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados;

**Educacion Ambiental:** El proceso permanente de carácter interdisciplinario, orientado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, actúe conceptos y desarrolle las habilidades y actitudes necesarias para una

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante;

**EMISIONES CONTAMINANTES:** La generación o descarga de materia o energía, en cualquier cantidad, estado físico o forma, que al incorporarse, acumularse o actuar en los seres vivos, en la atmósfera, agua, suelo, subsuelo o cualquier elemento natural, afecte negativamente su composición o condición natural;

**ESTUDIO DE RIESGO:** Documento mediante el cual se dan a conocer, con base en el análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, los riesgos que éstas representan para los ecosistemas, la salud o el ambiente, así como las medidas técnicas preventivas, correctivas y de seguridad, tendientes a mitigar, reducir o evitar los efectos adversos que se causen al ambiente, en caso de un posible accidente durante la realización u operación normal de la obra o actividad de que se trate;

**FAUNA SILVESTRE:** las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores, que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos, que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación;

**FLORA SILVESTRE:** las especies vegetales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre;

**FUENTES FIJAS:** los establecimientos industriales, mercantiles y de servicio y los espectáculos públicos que emitan contaminantes al ambiente, ubicados o realizados, según corresponda, en el Distrito Federal;

**FUENTES MOVILES:** los vehículos automotores que emitan contaminantes al ambiente.

**FUENTES NATURALES DE CONTAMINACION:** las de origen biogénico, de fenómenos naturales y erosivos.

**GACETA OFICIAL:** La Gaceta Oficial del Distrito Federal;

**IMPACTO AMBIENTAL:** Modificación del ambiente, ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza;

**INCINERACION:** Combustión controlada de cualquier sustancia o material, cuyas emisiones se descargan a través de una chimenea;

**LABORATORIO AMBIENTAL:** aquellos que acrediten contar con los elementos necesarios para analizar contaminantes en el aire, agua, suelo, subsuelo, materiales o residuos;

**LEY:** Ley Ambiental del Distrito Federal;

**LEY GENERAL:** Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

**MANEJO:** Conjunto de actividades que incluyen, tratándose de recursos naturales, la extracción, utilización, explotación, aprovechamiento, administración, preservación, restauración, desarrollo, mantenimiento y vigilancia; o tratándose de materiales o residuos, el almacenamiento, recolección, transporte, almacenamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final; G.O.D.F.

31-Ene-82

**MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL:** El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo

y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo;

**MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS:** Las sustancias, compuestos o residuos y sus mezclas, que por sus características corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables o biológicas infecciosas, representan un riesgo para el ambiente, de conformidad con las normas oficiales mexicanas aplicables;

**NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISTRITO FEDERAL:** Las que emita la autoridad competente en esta materia, en función de las atribuciones que esta ley y otros ordenamientos legales le confiere;

**NORMAS OFICIALES:** Las normas oficiales mexicanas aplicables en materia ambiental;

**ORDENAMIENTO ECOLOGICO:** La regulación ambiental obligatoria respecto de los usos del suelo fuera del suelo urbano, del manejo de los recursos naturales y la realización de actividades para el suelo de conservación y barrancas integradas a los programas de desarrollo urbano;

**PARQUES:** Las áreas verdes o espacios abiertos jardinerados de uso público, ubicados dentro de suelo urbano o dentro de los límites administrativos de la zona urbana de los centros de población y poblados rurales en suelo de conservación, que contribuyen a mantener el equilibrio ecológico dentro de las demarcaciones en que se localizan, y que ofrecen fundamentalmente espacios recreativos para sus habitantes; G.O.D.F. 31-Ene-02

**PARQUES LOCALES:** Se deroga. (Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 31 de enero de 2002). G.O.D.F. 31-Ene-02

**PARQUES URBANOS:** Se deroga. (Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 31 de enero de 2002). G.O.D.F. 31-Ene-02

**PLATAFORMAS O PUERTOS DE MUESTREO:** Instalaciones que permiten el análisis y medición de las descargas de contaminantes o materiales de una fuente fija a la atmósfera, agua, suelo o subsuelo, de acuerdo con las Normas Oficiales;

**PRESTADORES DE SERVICIOS AMBIENTALES:** Prestador de servicios de impacto ambiental es la persona que elabora informes preventivos, manifestaciones o estudios de impacto ambiental o de riesgo, por cuenta propia o de terceros y que es responsable del contenido de los mismos;

**PREVENCION:** El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente;

**PROCURADURIA:** La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal;

**PROTECCION ECOLOGICA:** El conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinados a mejorar el ambiente y a prevenir y controlar su deterioro;

**QUEMA:** Combustión inducida de cualquier sustancia o material;

**RECICLAJE:** Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos y de reutilización;

**RECURSOS NATURALES:** El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre;

**REPARACION DEL DAÑO AMBIENTAL O ECOLOGICO:** El restablecimiento de la situación anterior y, en la medida en que esto no sea posible, la

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

compensación o el pago del daño ocasionado por el incumplimiento de una obligación establecida en esta Ley o en las normas oficiales;

**RESIDUO:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

**RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS:** Todos aquellos residuos en cualquier estado físico generados en los procesos industriales que no contengan las características que los hagan peligrosos;

**RESIDUOS SÓLIDOS:** Todos aquellos residuos en estado sólido que provengan de actividades domésticas o de establecimientos industriales, mercantiles y de servicios. (sic) que no posean las características que los hagan peligrosos;

**RESTAURACION DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO:** Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales;

**RIESGO AMBIENTAL:** Peligro al que se expone el ecosistema como consecuencia de la realización de actividades riesgosas;

**SECRETARIA:** Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal;

**SUELO DE CONSERVACION:** La clasificación establecida en la fracción II del artículo 30 de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal; G.O.D.F. 31-Ene-02

**SUELO URBANO:** La clasificación establecida en la fracción I del artículo 30 de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, incluidas las áreas verdes dentro de los límites administrativos de la zona urbana de los centros de población y poblados rurales localizados en suelo de conservación que establece el programa general de ordenamiento ecológico; G.O.D.F. 31-Ene-02

**TRAFICO DE ESPECIES:** Flora y fauna cuyo comercio está prohibido en la Legislación aplicable;

**TRATAMIENTO:** Acción de transformar las características de los residuos;

**VERIFICADORES AMBIENTALES:** Los prestadores de servicio de verificación de emisiones contaminantes autorizados por la Secretaría.

**VOCACION NATURAL:** Condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.

**ZONAS DE RECARGA DE MANTOS ACUIFEROS:** Las zonas en predios no construidos que por su ubicación reciben una precipitación pluvial superior a la media para el Distrito Federal y que por las características de suelo y subsuelo son permeables para la captación de agua de lluvia que contribuye a la recarga de los mantos acuíferos. G.O.D.F. 31-Ene-02

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## TITULO SEGUNDO DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES

**Artículo 6.** Son autoridades en materia ambiental en el Distrito Federal:

- I El Jefe de Gobierno del Distrito Federal;
- II El Titular de la Secretaría del Medio Ambiente;
- III Los Jefes Delegacionales del Distrito Federal; y
- IV La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal.

Para efectos de lo dispuesto en la fracción III, en cada órgano político administrativo existirá una unidad administrativa encargada del área ambiental y de aplicar las disposiciones que esta Ley le señalan como de su competencia.

La administración pública local será la encargada de formular la política de desarrollo sustentable para el Distrito Federal así como de realizar las acciones necesarias para proteger y restaurar el ambiente y los elementos naturales en forma coordinada, concertada y corresponsable con la sociedad en general, así como con las dependencias federales competentes.

La Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal y su Reglamento, establecerán el sistema de delegación de facultades.

De conformidad con lo que dispone el artículo 22 de la Ley de Planeación del Desarrollo del Distrito Federal, el Comité de Planeación establecerá la Comisión del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, copresidida por los Titulares de la Secretaría de Medio Ambiente y de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Esta Comisión, de conformidad con la Ley de Planeación del Desarrollo del Distrito Federal, será el órgano de coordinación para la aplicación del ordenamiento ecológico territorial, de sus programas y del Programa General de Desarrollo Urbano y demás programas de Desarrollo Urbano, disposiciones que serán el elemento territorial que esa Ley prevé para el Programa General de Desarrollo del Distrito Federal.

**Artículo 7.** La Administración Pública del Distrito Federal podrá celebrar todo tipo de instrumentos de coordinación y concertación de acciones con autoridades federales, estatales y municipales, así como con los sectores social y privado, en materia de protección, conservación, mejoramiento y restauración del ambiente del Distrito Federal y Cuenca de México.

**Artículo 8.** Corresponde al Jefe de Gobierno del Distrito Federal, en materia ambiental, el ejercicio de las siguientes atribuciones: G.O.D.F. 31-Ene-02

I Formular, conducir y evaluar la política ambiental en el Distrito Federal, conforme al Plan Nacional de Desarrollo, el Programa General de Desarrollo del Distrito Federal y los programas sectoriales correspondientes;

II Establecer el fondo ambiental a que se refiere la presente Ley para la investigación, estudio y atención de aquellos asuntos que en materia ambiental se consideren de interés para el Distrito Federal;

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

- III Promover la participación en materia ambiental de las organizaciones sociales, civiles y empresariales, instituciones académicas, y ciudadanos interesados;
- IV Proponer que en las disposiciones del Código Financiero del Distrito Federal, se establezca el pago de derechos por la prestación de los servicios públicos en materia ambiental;
- V Establecer, o en su caso proponer, la creación de instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política ambiental en el Distrito Federal;
- VI Celebrar convenios o acuerdos de coordinación con la Federación, con el objeto de que el Distrito Federal asuma el ejercicio de las funciones que señala la Ley General;
- VII Celebrar convenios o acuerdos de coordinación y colaboración administrativa con otras entidades federalivas, con el propósito de atender y resolver problemas ambientales comunes y ejercer las atribuciones a que se refiere esta Ley, a través de las instancias que al efecto se determinen, atendiendo a lo dispuesto en las leyes locales que resulten aplicables;
- VIII Celebrar convenios mediante los cuales se obtengan recursos materiales y económicos para realizar investigaciones pertinentes a la problemática ambiental del Distrito Federal;
- IX Expedir los decretos que establezcan áreas de valor ambiental, zonas de restauración ecológica, zonas intermedias de salvaguarda y áreas naturales protegidas de jurisdicción del Distrito Federal; G.O.D.F. 31-Ene-02
- X Expedir el programa sectorial ambiental y el programa de ordenamiento ecológico del Distrito Federal;
- XI Expedir los ordenamientos y demás disposiciones necesarias para promover el cumplimiento de la presente Ley; y
- XII Las demás que conforme a esta Ley le correspondan.

**Artículo 9.** Corresponde a la Secretaría, además de las facultades que le confiere la ley orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, el ejercicio de las siguientes atribuciones:

- I Formular, conducir y evaluar la política ambiental en el Distrito Federal, así como los planes y programas que de esta se deriven, en congruencia con la que en su caso hubiere formulado la Federación;
- II Formular, ejecutar y evaluar el programa sectorial ambiental del Distrito Federal;
- III Formular y ejecutar los programas de ordenamiento ecológico del Distrito Federal, y los programas que de éstos se deriven, así como vigilar su cumplimiento, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda y en su momento, proponer las adecuaciones pertinentes al mismo;
- IV Aplicar los instrumentos de política ambiental previstos en esta Ley, para conservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger al ambiente en materias de su competencia;
- V Evaluar las manifestaciones de impacto ambiental de su competencia, y en su caso, autorizar condicionadamente o negar la realización de proyectos, obras y actividades;
- VI Evaluar y resolver sobre los estudios de riesgo;
- VII Expedir normas ambientales para el Distrito Federal en materias de competencia local;

## CAPITULO V

### NORMAS AMBIENTALES PARA EL DISTRITO FEDERAL

**Artículo 36.** La Secretaría, en el ámbito de su competencia emitirá normas ambientales las cuales tendrán por objeto establecer:

I Los requisitos o especificaciones, condiciones, parámetros y límites permisibles en el desarrollo de una actividad humana que pudiera afectar la salud, la conservación del medio ambiente, la protección ecológica o provocar daños al ambiente y los recursos naturales;

II Los requisitos, condiciones o límites permisibles en la operación, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento, industrialización o disposición final de residuos sólidos e industriales no peligrosos;

III Los requisitos, condiciones, parámetros y límites permisibles para el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, acuícolas, pecuarias o de cualquier otra actividad humana y que, por el uso recibido, se les hayan incorporado contaminantes;

IV Las condiciones de seguridad, requisitos y limitaciones en el manejo de residuos sólidos o industriales no peligrosos que presenten riesgo para el ser humano, para el equilibrio ecológico o para el ambiente;

V Los requisitos, condiciones, parámetros y límites permisibles para la protección, el manejo, el aprovechamiento y la restauración de los recursos naturales en sueto de conservación; y

VI Los requisitos, condiciones, parámetros y límites permisibles para la protección, el manejo, el aprovechamiento y la restauración de los recursos naturales en las Áreas Naturales Protegidas de competencia del Distrito Federal.

**Artículo 37.** Las normas ambientales para el Distrito Federal podrán determinar requisitos, condiciones, parámetros y límites más restrictos que los previstos en las Normas Oficiales Mexicanas y deberán referirse a materias que sean de competencia local.

**Artículo 38.** En la formulación de las normas ambientales para el Distrito Federal deberá considerarse que el cumplimiento de sus provisiones se realice de conformidad con las características de cada proceso productivo o actividad sujeta a regulación.

**Artículo 39.** La sociedad, las instituciones de investigación y educación superior, las organizaciones empresariales, así como las entidades y dependencias de la Administración Pública, podrán proponer la creación de las normas ambientales para el Distrito Federal, en los términos señalados en el reglamento que al efecto se expida.

**Artículo 40.** Una vez publicada una norma ambiental para el Distrito Federal en la Gaceta Oficial, será obligatoria. Las normas ambientales para el Distrito Federal señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

**Artículo 41.** La elaboración, aprobación y expedición de las normas ambientales para el Distrito Federal, así como sus modificaciones, se sujetarán al siguiente procedimiento:

I. La Secretaría publicará el proyecto de norma o de su modificación en la Gaceta Oficial, a efecto de que dentro del plazo correspondiente, los interesados presenten sus comentarios;

II. Al término del plazo a que se refiere la fracción anterior, la Secretaría estudiará los comentarios recibidos y, en su caso, procederá a modificar el proyecto;

III. Se ordenará la publicación en la Gaceta Oficial de las respuestas a los comentarios recibidos así como de las modificaciones al proyecto, cuando menos 15 días naturales antes de la publicación de la norma ambiental para el Distrito Federal; y

IV. Transcurridos los plazos anteriores, la Secretaría publicará las normas ambientales para el Distrito Federal o sus modificaciones en la Gaceta Oficial.

**Artículo 42.** En casos de emergencia que pongan en riesgo la integridad de las personas o del ambiente, la Secretaría podrá publicar en la Gaceta Oficial normas ambientales del Distrito Federal sin sujetarse al procedimiento establecido en el artículo anterior. Estas normas tendrán una vigencia máxima de seis meses. En ningún caso se podrá expedir más de dos veces consecutivas la misma norma en los términos de este artículo.

**Artículo 43.** La Secretaría promoverá la creación de un sistema de certificación para el Distrito Federal, con el propósito de establecer parámetros de calidad ambiental en:

- I. Capacitación y formación de especialistas e instructores;
- II. La elaboración de bienes y productos;
- III. Desarrollo tecnológico y de ecotecnias; y
- IV. Procesos productivos y de consumo (sic)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **CAPÍTULO VI**

### **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

**Artículo 44.** La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la autoridad evalúa los efectos que sobre el ambiente y los recursos naturales pueden generar la realización de programas, obras y actividades de desarrollo dentro del territorio del Distrito Federal, a fin de evitar o reducir al mínimo efectos negativos sobre el ambiente, prevenir futuros daños al ambiente y propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental se inicia mediante la presentación del documento denominado manifestación de impacto ambiental ante la Secretaría y concluye con la resolución que esta última emita. La elaboración de la manifestación de impacto ambiental se sujetará a lo que establecen la presente Ley y su reglamento.

**Artículo 45.** En los casos de aquellas obras y actividades donde además de la autorización de impacto ambiental requiera la de impacto urbano, se estará a lo dispuesto en la presente Ley, en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y al reglamento que sobre estas materias al efecto se emita.

La Secretaría y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda podrán interpretar y aplicar para efectos administrativos en la esfera de sus respectivas competencias, las disposiciones de esta Ley y de los programas de ordenamiento ecológico territorial, así como, de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, y de los Programas de Desarrollo Urbano, respectivamente, y del Reglamento al que se refiere el párrafo anterior, emitiendo para tal efecto, de manera conjunta los dictámenes, circulares y recomendaciones en materia de impacto urbano y ambiental.

**Artículo 46.** Las personas físicas o morales interesada en la realización de obras o actividades que impliquen o puedan implicar afectación del medio ambiente o generación de riesgos requieren autorización de impacto ambiental y, en su caso, de riesgo previo a la realización de las mismas. Las obras y actividades que requieren autorización por encontrarse en el supuesto anterior, son las siguientes:

I Los programas que en general promuevan cambios de uso en el suelo de conservación o actividades económicas o prevean el aprovechamiento de los recursos naturales del Distrito Federal;

II Obras y actividades; o las solicitudes de cambio de uso del suelo que en los casos procedentes, pretendan realizarse en suelos de conservación;

III Obras y actividades que pretendan realizarse en áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas de competencia del Distrito Federal; G.O.D.F. 31-Ene-02

IV Obras y actividades dentro de suelo urbano en los siguientes casos: G.O.D.F. 31-Ene-02

a) Las que colinden con áreas de valor ambiental, áreas naturales protegidas, suelo de conservación o con vegetación acuática; G.O.D.F. 31-Ene-02

b) Nuevas actividades u obras de infraestructura, servicios o comerciales o sus ampliaciones, cuyos procesos requieran de medidas, sistemas o equipos especiales para no afectar los recursos naturales o para cumplir con las normas ambientales para el Distrito Federal; y

c) Obras, actividades o cambios de uso de suelo que se pretendan realizar en predios con cobertura forestal significativa o cuerpos de agua competencia del Distrito Federal.

V Obras y actividades para la explotación de minas y yacimientos de arena, cantera, tepalcate, piedra, arcilla, y en general cualquier yacimiento pétreo;

VI Obras y actividades que afecten la vegetación y los suelos de escurrimientos superficiales, barrancas, cauces, canales y cuerpos de agua del Distrito Federal, y en general cualquier obra o actividad para la explotación de la capa vegetal;

VII Las obras y actividades que se establezcan en el programa de ordenamiento ecológico del territorio;

VIII Las obras y actividades de carácter público o privado, destinadas a la prestación de un servicio público;

IX Vías de comunicación de competencia del Distrito Federal;

X Zonas y parques industriales y centrales de abasto y comerciales;

XI Conjuntos habitacionales;

XII Actividades consideradas riesgosas en los términos de esta Ley;

XIII Las instalaciones para el manejo de residuos sólidos e industriales no peligrosos, en los términos del Título (sic) Quinto, Capítulo (sic) V de esta Ley;

XIV Aquellas obras y actividades que estando reservadas a la Federación, se descentralicen a favor del Distrito Federal;

XV Aquellas obras y actividades que no estando expresamente reservadas a la Federación en los términos de la Ley General, causen o puedan causar desequilibrios ecológicos, rebasen los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas referidas a la conservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;

XVI Obras de más de 10 mil metros cuadrados de construcción u obras nuevas en predios de más de cinco mil metros cuadrados para uso distinto al habitacional, para obras distintas a las mencionadas anteriormente, para la relocalización de predios y ampliaciones de construcciones que en su conjunto rebasen los parámetros señalados; y

XVII Construcción de estaciones de gas y gasolina.

El reglamento de la presente Ley y, en su caso, los acuerdos administrativos correspondientes precisarán, respecto del listado anterior, los casos y modalidades para la presentación de las manifestaciones de impacto ambiental y riesgo, así como la determinación de las obras o actividades que, no obstante estar previstas en los supuestos a que se refiere este artículo, por su ubicación, dimensiones, características o alcances no produzcan impactos ambientales significativos o no causen o puedan causar riesgos, y que por lo tanto no deban sujetarse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental previsto en este ordenamiento. G.O.D.F. 31-Ene-02

Artículo 47. Para obtener autorización en materia de impacto ambiental, los interesados, previo al inicio de cualquier obra o actividad, deberán presentar ante la Secretaría, una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda en los términos del reglamento, pero en todo caso deberá contener, por lo menos:

I Nombre, denominación o razón social, nacionalidad, domicilio y dirección de quien pretenda llevar a cabo la obra o actividad objeto de la manifestación;

II Descripción de la obra o actividad proyectada, desde la etapa de selección del sitio para la ejecución de la obra en el desarrollo de la actividad; la superficie de terreno requerido; el programa de construcción, montaje de instalaciones y operación correspondiente; el tipo de actividad, volúmenes de producción previstos, e inversiones necesarias; la clase y cantidad de recursos naturales que habrán de aprovecharse, tanto en la etapa de construcción como en la operación de la obra o el desarrollo de la actividad; el programa para el manejo de residuos, tanto en la construcción y montaje como durante la operación o desarrollo de la actividad; y el programa para el abandono de las obras o el cese de las actividades;

III Aspectos generales del medio natural y socioeconómico del área donde pretenda desarrollarse la obra o actividad;

IV Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo en el área correspondiente; identificación y descripción de los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto o actividad, en sus distintas etapas;

V Medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales identificados en cada una de las etapas. Cuando se trate de actividades consideradas riesgosas en los términos de esta Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente, el cual será considerado al evaluarse el im-

La Secretaría en todo momento podrá requerir a las Delegaciones aquellos expedientes que siendo de su competencia, dada la información presentada, la dimensión y tipo de la obra, así como los posibles impactos que pudiere generar, se considere que es la Secretaría la que emitirá la autorización correspondiente.

**Artículo 57.** El informe preventivo deberá contener:

I Datos generales de quien pretenda realizar la obra o actividad proyectada, o en su caso, de quien hubiere ejecutado los proyectos o estudios previos correspondientes;

II Documentos que determinen el uso de suelo autorizado para el predio;

III Descripción de la obra o actividad proyectada; y

IV Descripción de los materiales o productos que vayan a emplearse en la ejecución de la obra o actividad proyectada, y los que en su caso vayan a obtenerse como resultado de dicha obra o actividad, incluyendo emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales, tipo de residuos y procedimientos para su disposición final.

**Artículo 58.** Una vez recibido el informe preventivo, la autoridad competente, en un plazo no mayor a veinte días hábiles, les comunicará a los interesados, si procede o no la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como la modalidad y plazo para hacerlo. Transcurrido el plazo señalado, sin que la autoridad emita la comunicación correspondiente, se entenderá que no es necesaria la presentación de una manifestación de impacto ambiental.

En aquellos casos que por negligencia, dolo o mala fe se ingrese el informe preventivo, pretendiendo se aplique la afirmativa ficta, se entenderá que el ingreso del procedimiento para la autorización del informe preventivo es inexistente, independientemente de las sanciones previstas en esta Ley (sic)

**Artículo 59.** Las autorizaciones, licencias o permisos otorgados en contravención a lo dispuesto en esta Ley, serán nulos de pleno derecho y los servidores públicos que los hayan otorgado serán sancionados de conformidad con la Ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos correspondiente, para cuyo efecto la Secretaría informará el hecho de inmediato a la autoridad competente, lo anterior sin perjuicio de otras sanciones que pudieran aplicarse.

**Artículo 60.** La persona que construya una obra nueva, amplíe una existente, o explote recursos naturales sin contar previamente con la autorización de impacto ambiental respectiva o que contando con ésta incumpla los requisitos y condiciones establecidos en la misma o en esta Ley, estará obligada a reparar los daños ecológicos que con tal motivo hubiere causado a los recursos naturales o al ambiente, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones respectivas.

**Artículo 61.** Las autorizaciones que se otorguen en materia de impacto ambiental estarán referidas a la obra o actividad de que se trate.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **CAPITULO VII**

### **AUTORREGULACION Y AUDITORIAS AMBIENTALES**

**Artículo 62.** La Secretaría fomentará programas de autorregulación y auditoría ambiental y promoverá la aplicación de incentivos fiscales, a quienes participen en dichos programas.

El desarrollo de la auditoría ambiental es de carácter voluntario y no limita las facultades que esta Ley confiere a la autoridad en materia de inspección y vigilancia.

**Artículo 63.** Los responsables de los establecimientos industriales, mercantiles, de servicios y de espectáculos, que pretendan una auditoría ambiental deberán solicitar por escrito su incorporación al programa de auditorías ambientales y establecer su compromiso de cumplir con la normatividad correspondiente y con las recomendaciones derivadas de la propia auditoría.

**Artículo 64.** Los productores, empresas u organizaciones empresariales podrán convenir con la Secretaría el establecimiento de procesos voluntarios de autorregulación mediante los cuales se comprometan a reducir sus emisiones por debajo de los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal.

**Artículo 65.** Una vez firmado el convenio a que se refiere el artículo anterior, y siempre que lo solicite el interesado, mediante el llenado de un cuestionario y la presentación de los documentos requeridos al efecto, podrá solicitar la realización de una visita de inspección voluntaria a la empresa.

Integrado el expediente, la Secretaría revisará la información y documentación aportadas, así como el resultado de la inspección realizada y emitirá un certificado de bajas emisiones siempre y cuando se encuentren por debajo de los límites establecidos por las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal.

**Artículo 66.** La Secretaría elaborará y aplicará un programa de auditorías ambientales voluntarias, para lo cual deberá:

I Instrumentar un sistema de aprobación, acreditamiento y registro de peritos y auditores ambientales, ya sea personas físicas o morales, en los términos del reglamento respectivo de esta Ley;

II Desarrollar programas de capacitación en materia de peritajes y auditorías ambientales;

III Instrumentar un sistema de reconocimientos, estímulos y certificación de las empresas, que permita identificar a aquellas que cumplan oportunamente los compromisos adquiridos como resultado de las auditorías ambientales;

IV Promover y concertar, en apoyo a la pequeña y mediana industria, los mecanismos que faciliten la realización de auditorías en varias unidades productivas de un mismo ramo o sector económico.

**Artículo 67.** La Secretaría podrá eximir de la obligación de realizar verificaciones en determinados periodos, a las empresas que realicen auditorías ambientales voluntarias, en los casos en que así lo considere conveniente. En todo caso esa circunstancia deberá constar en resolución por escrito, debidamente fundada y motivada.

**Artículo 68.** Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos precedentes, la Secretaría podrá, en todo momento, de oficio o a petición fundada y motivada de cualquier interesado, realizar auditorías ambientales obligatorias para cerciorarse del cumplimiento a las disposiciones de la presente Ley.

## CAPITULO VIII DEL FONDO AMBIENTAL PUBLICO

**Artículo 69.** Se crea el fondo ambiental público cuyos recursos se destinarán a:

I La realización de acciones de conservación del medio ambiente, la protección ecológica y la restauración del equilibrio ecológico;

II El manejo y la administración de las áreas naturales protegidas;

III El desarrollo de programas vinculados con inspección y vigilancia en las materias a que se refiere esta Ley;

IV El pago de servicios ambientales que sean proporcionados por los ecosistemas;

V El desarrollo de programas de educación e investigación en materia ambiental y para el fomento y difusión de experiencias y prácticas para la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y el ambiente;

VI La supervisión del cumplimiento de los convenios con los sectores productivo y académico.

**Artículo 70.** Los recursos del fondo se integrarán con:

I Las herencias, legados y donaciones que reciba;

II Los recursos destinados para ese efecto en el Presupuesto de Egresos del Distrito Federal;

III. Los productos de sus operaciones y de la inversión de fondos; y

IV. Los demás recursos que se generen por cualquier otro concepto.

**Artículo 71.** El Jefe de Gobierno emitirá un acuerdo que establezca la integración del consejo técnico del fondo ambiental, su organización y sus reglas de funcionamiento.

## CAPITULO IX ESTIMULOS

**Artículo 72.** La Secretaría promoverá el otorgamiento de estímulos fiscales, financieros y administrativos a quienes:

I Adquieran, instalen y operen las tecnologías, sistemas, equipos y materiales o realicen las acciones que acrediten prevenir o reducir las emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales mexicanas y las ambientales para el Distrito Federal, o prevenir y reducir el consumo de agua o de energía, o que incorporen sistemas de recuperación y reciclamiento de las aguas de de-

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

secho o que utilicen aguas tratadas o de reuso para sus funciones productivas, de conformidad con los programas que al efecto se establezcan;

II Realicen desarrollos tecnológicos y de ecotecnias viables cuya aplicación demuestre, prevenir o reducir las emisiones contaminantes, la producción de grandes cantidades de desechos sólidos municipales, el consumo de agua o el consumo de energía, en los términos de los programas que al efecto se expidan;

III Integren organizaciones civiles con fines de desarrollo sustentable, que acrediten su personalidad jurídica ante la Secretaría; y

IV Lleven a cabo actividades que garanticen la conservación sustentable de los recursos naturales.

## **CAPITULO X**

### **INVESTIGACION Y EDUCACION AMBIENTALES**

**Artículo 73.** Las autoridades ambientales del Distrito Federal, en el ámbito de su competencia promoverán:

I. Que las instituciones de educación en todos sus niveles incorporen en sus programas de enseñanza temas de contenido ambiental;

II. El fortalecimiento de una cultura ambiental de participación corresponsable;

III. El adiestramiento en y para el trabajo en materia de conservación del medio ambiente, la protección ecológica y la restauración del equilibrio ecológico, con arreglo a lo que establece esta ley;

IV. La incorporación de contenidos ambientales en los programas de las comisiones mixtas de seguridad e higiene, en coordinación con las autoridades competentes; y

V. La formación de especialistas así como la coordinación para la investigación y el desarrollo tecnológico y de ecotecnias en materia ambiental, que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos y proteger los ecosistemas.

**Artículo 74.** Para efectos de lo dispuesto por el artículo anterior, dentro del año de la promulgación de la presente Ley, la Secretaría establecerá un conjunto de recomendaciones y directrices tendientes a que las autoridades e instituciones educativas y culturales, públicas y privadas, introduzcan en los procesos educativos formales y no formales, así como en los sistemas de capacitación de la administración pública y empresariales y en los medios de comunicación, contenidos y metodologías para el desarrollo en la población de conocimientos, hábitos de conducta y actitudes orientadas a favorecer las transformaciones necesarias para alcanzar el desarrollo sustentable, así como la conservación y restauración de los recursos naturales.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO XI INFORMACION AMBIENTAL

**Artículo 75.** Toda persona tendrá derecho a que las autoridades ambientales pongan a su disposición la información ambiental que les soliciten, en los términos previstos por esta Ley y sus reglamentos.

En su caso, los gastos que se generen correrán por cuenta del solicitante y de requerir copias certificadas deberá cubrir los derechos correspondientes de conformidad con el Código Financiero del Distrito Federal.

Para los efectos de lo dispuesto en esta Ley, se considera información ambiental, cualquier información escrita, visual o en forma de base de datos, de que dispongan las autoridades ambientales del Distrito Federal.

Toda petición de información ambiental deberá presentarse por escrito, especificando claramente la información que se solicita y los motivos de la petición. Los solicitantes deberán identificarse indicando su nombre o razón social y domicilio.

**Artículo 76.** La Secretaría desarrollará un Sistema de Información Ambiental del Distrito Federal, en coordinación con el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, que tendrá por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental del Distrito Federal.

En dicho Sistema se integrarán, entre otros aspectos, información de los mecanismos y resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del aire, del agua y del suelo; de las áreas verdes, áreas de valor ambiental y áreas naturales protegidas; del ordenamiento ecológico del territorio, así como la información relativa a emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales y residuos no peligrosos, y la correspondiente a los registros, programas y acciones que se realicen para la preservación del ambiente, protección ecológica y restauración del equilibrio ecológico. G.O.D.F. 31-Eno-02

La Secretaría y las Delegaciones, emitirán un informe público anual sobre el estado que guardan el ambiente y los recursos naturales de su jurisdicción.

**Artículo 77.** Las autoridades ambientales deberán responder por escrito a los solicitantes de información ambiental en un plazo no mayor de veinte días hábiles a partir de la fecha de recepción de la petición respectiva. En caso de que la autoridad conteste negativamente la solicitud, deberá señalar las razones que motivaron tal determinación.

Los afectados por actos de la Secretaría regulados en este capítulo, podrán interponer el recurso de inconformidad, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal.

**Artículo 78.** Quien reciba información ambiental de las autoridades competentes, en los términos del presente capítulo, será responsable de su adecuada utilización y deberá responder por los daños y perjuicios que se ocasionen por su indebido manejo.

**Artículo 79.** La Secretaría negará la información solicitada cuando:

Se considere por disposición legal que la información es confidencial o que por su propia naturaleza su difusión afecta o puede afectar la seguridad pública en el Distrito Federal;

II Se trate de información relativa a asuntos que son materia de procedimientos judiciales o de inspección y vigilancia, pendientes de resolución;

III Se trate de información aportada por terceros cuando los mismos no estén obligados por disposición legal a proporcionarla; o

IV Se trate de información sobre inventarios e insumos y tecnología de proceso, incluyendo la descripción del mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO XII DENUNCIA CIUDADANA**

**Artículo 80.** Toda persona, física o moral, podrá denunciar ante la autoridad ambiental, todo hecho, acto u omisión que produzca o pueda producir desequilibrios ecológicos o daños al ambiente o a los recursos naturales, o contravenga las disposiciones de la presente Ley y demás ordenamientos que regulen materias relacionadas con la conservación del ambiente, protección ecológica y restauración del equilibrio ecológico.

Si por la naturaleza de los hechos denunciados se tratare de asuntos de competencia del orden federal o sujetos a la jurisdicción de otra autoridad federativa, la misma autoridad que la recibió deberá turnarla a la autoridad competente.

Sin perjuicio de lo anterior, los interesados podrán presentar su denuncia directamente ante la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal si consideran que los hechos u omisiones de que se trate pueden ser constitutivos de algún delito, en cuyo caso deberá sujetarse a lo dispuesto por el Código de Procedimientos Penales para el Distrito Federal.

**Artículo 81.** La autoridad ambiental en el ámbito de sus atribuciones, está facultada para iniciar las acciones que procedan, ante las autoridades judiciales competentes, cuando conozca de actos, hechos u omisiones que constituyan violaciones a la legislación administrativa o penal.

**Artículo 82.** Si del resultado de las investigaciones realizadas por la autoridad ambiental, se desprende que se trata de actos, hechos u omisiones en que hubieren incurrido autoridades federales, estatales o municipales, emitirá las recomendaciones necesarias para promover ante estas u otras, la ejecución de las acciones procedentes.

**Artículo 83.** La denuncia deberá presentarse por escrito y contener al menos:

I El nombre o razón social, domicilio, y teléfono en su caso;

II Los actos, hechos u omisiones denunciados;

III Los datos que permitan identificar al presunto infractor o localizar la fuente de contaminación; y

IV Las pruebas que en su caso ofrezca el denunciante.

En situaciones de emergencia o una vez ratificada la denuncia y en su caso, desahogadas las pruebas, la Procuraduría procederá a realizar la visita de verificación correspondiente en los términos de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal y su Reglamento de Verificación Administrativa, a efecto de determinar la existencia o no de la infracción motivo de la denuncia.

Una vez calificada el acta levantada con motivo de la visita de verificación referida en el artículo anterior, la Procuraduría procederá a dictar la resolución que corresponda conforme a derecho.

Sin perjuicio de la resolución señalada en el Artículo precedente, la Procuraduría dará contestación, debidamente fundada y motivada, a la denuncia en un plazo de treinta días hábiles a partir de su ratificación, la que deberá notificar personalmente al denunciante y en la cual se informará del resultado de la verificación, de las medidas que se hayan tomado y, en su caso, de la imposición de la sanción respectiva.

**Artículo 84.** La autoridad estará obligada a informar al denunciante sobre el trámite que recaiga a su denuncia.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **TITULO CUARTO**

### **DE LA PROTECCION, RESTAURACION Y APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES.**

#### **CAPITULO I**

##### **DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 85.** Para la protección, restauración, preservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, los recursos naturales y el suelo de conservación, así como el establecimiento, rehabilitación, protección y preservación de las áreas naturales protegidas se considerarán, por lo menos, los siguientes criterios: *G.O.D.F. 31-Ene-02*

**I** En los programas y actividades de restauración, reforestación o forestación, en su caso, así como de aprovechamiento de la vida silvestre, se protegerán especialmente las especies nativas y aquellas que se encuentren en riesgo de acuerdo a la normalidad aplicable; *G.O.D.F. 31-Ene-02*

**II** Para evitar el deterioro de la biodiversidad, no se permitirá el uso de especies que no sean nativas del lugar; *G.O.D.F. 31-Ene-02*

**III** En la restauración o rehabilitación de las áreas naturales protegidas, o en la protección de barrancas, no podrán ser alteradas en forma definitiva los cauces naturales y escurrimientos temporales o permanentes; *G.O.D.F. 31-Ene-02*

**IV** Durante el desarrollo de obras o actividades de cualquier tipo, se evitará la pérdida o erosión del suelo y el deterioro de la calidad del agua; *G.O.D.F. 31-Ene-02*

**V** En los sitios a proteger, se procurará el rescate del conocimiento tradicional, con relación al uso y manejo de los recursos naturales, y *G.O.D.F. 31-Ene-02*.

**VI** Se promoverá la participación de vecinos, comunidades, pueblos indígenas y población en general, en los programas y acciones para el establecimiento, cuidado y vigilancia de las áreas naturales protegidas. *G.O.D.F. 31-Ene-02*.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**ANEXO III  
REGLAMENTO  
DE LA LEY AMBIENTAL  
DEL DISTRITO FEDERAL**

**ANEXO III**  
**REGLAMENTO DE LA**  
**LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL.**

*(Publicado en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 3 de diciembre de 1997).*

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Presidencia de la República.

**ERNESTO ZEDILLO PONCE DE LEON**, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confieren la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el artículo quinto transitorio del Decreto que reforma, deroga y adiciona diversos artículos de la propia Constitución, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de octubre de 1993, he tenido a bien expedir el siguiente

**REGLAMENTO DE LA LEY AMBIENTAL DEL**  
**DISTRITO FEDERAL**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TITULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**CAPITULO I**  
**NORMAS COMUNES**

**Artículo 1.** El presente tiene por objeto reglamentar las disposiciones de la Ley Ambiental del Distrito Federal.

**Artículo 2.** Para los efectos de este Reglamento además de las definiciones de la Ley Ambiental del Distrito Federal, se entenderá por:

- I** Delegaciones, a las Delegaciones del Distrito Federal;
- II** Dirección, a la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de la Administración Pública del Distrito Federal;
- III** Ley, a la Ley Ambiental del Distrito Federal;
- IV** Ley Orgánica, a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, y
- V** Residuo, cualquier material o sustancia no peligrosa de acuerdo con las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, generada en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control

o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

**Artículo 3.** La aplicación de este Reglamento compete a la Secretaría, a la Dirección, a la Dirección General de Proyectos Ambientales, a la Comisión de Recursos Naturales y a las Delegaciones, en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

## **CAPITULO II DE LOS ESCRITOS Y SOLICITUDES**

**Artículo 4.** La autoridad ante la que se presente el escrito o solicitud deberá acordar dentro de los dos días hábiles siguientes a su presentación si lo desecha o previene al interesado, de lo contrario o de no notificarse en los términos de ley, se entenderá admitido.

**Artículo 5.** Si el escrito o solicitud no reúne los requisitos respectivos se prevendrá por escrito y por una sola vez al interesado para que dentro de los cinco días hábiles siguientes a partir de la notificación de la prevención subsane la falta, apercibiéndolo de que de no ser así se le tendrá por no presentado.

**Artículo 6.** Cuando se prevenga conforme al artículo que antecede, los plazos establecidos en la Ley o este Reglamento se suspenderán hasta que se subsane la falta o transcurra el plazo concedido para ello.

**Artículo 7.** Salvo disposición en contrario de la Ley o este Reglamento, admitido a trámite el escrito o solicitud, la autoridad competente deberá, dentro de los quince días hábiles siguientes, resolver si otorga la autorización, la otorga en forma condicionada o si la niega.

**Artículo 8.** Si la autoridad competente no resuelve dentro de los plazos determinados conforme al artículo anterior o si la notificación no se realiza en los términos de ley, operará la afirmativa ficta, salvo disposición en contrario de la Ley o del presente Reglamento.

## **CAPITULO III DEL DICTAMEN TECNICO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Artículo 9.** Cuando por infracciones a las disposiciones de la Ley se hubieren ocasionado lesiones, daños o perjuicios a personas, los interesados podrán solicitar a la Secretaría la formulación de un dictamen técnico, mismo que deberá prepararse dentro de los treinta días hábiles siguientes a la recepción de la solicitud.

**Artículo 10.** El dictamen técnico tiene por objeto determinar la relación de causalidad entre las infracciones a la Ley o al presente Reglamento y los daños ambientales o lesiones, daños y perjuicios ocasionados a las personas.

**Artículo 11.** Los interesados, previo pago de los derechos fijados en el Código Financiero del Distrito Federal, presentarán su solicitud de dictamen técnico ante la Dirección si la infracción se cometió en suelo urbano o ante la Comisión de Recursos Naturales si lo fue en suelo de conservación.

**Artículo 12.** La solicitud de dictamen técnico deberá cumplir con los requisitos determinados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal y con los siguientes:

- I Identificación de la infracción materia de la solicitud, acompañando, en su caso, las pruebas respectivas;
- II Datos que permitan identificar al infractor y la fuente generadora de la lesión, daño o perjuicio, y
- III Descripción de las lesiones, daños o perjuicios ocasionados, acompañando las pruebas correspondientes.

**Artículo 13.** El dictamen técnico deberá, con bases científicas y técnicas, determinar la relación entre la infracción a la Ley o a este Reglamento y las lesiones, daños o perjuicios ocasionados, así como las medidas y los plazos necesarios para la reparación de los daños ambientales respectivos. Dicho dictamen podrá servir de base para la emisión de la resolución administrativa que corresponda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## TITULO II

### DE LA POLITICA AMBIENTAL

#### CAPITULO I SISTEMA DE INFORMACION

**Artículo 14.** El sistema permanente de información y vigilancia ambiental que establezca la Secretaría para el público, tendrá por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ecológica relevante del Distrito Federal, relativa a los recursos naturales, los instrumentos de política ambiental, las emisiones y niveles de contaminantes, así como al sistema de información de impacto ambiental.

El sistema de información de impacto ambiental contendrá los datos relativos a los expedientes en trámite o resueltos para consulta del público, así como al seguimiento, en su caso, de las condiciones impuestas en las autorizaciones respectivas.

**Artículo 15.** La Secretaría difundirá información veraz, oportuna y actualizada respecto de los niveles de contaminación y los programas y medidas para el cuidado y la recuperación ambiental del Distrito Federal.

**Artículo 16.** El informe público anual que emita la Secretaría sobre la situación ambiental del Distrito Federal deberá publicarse en la Gaceta Oficial.

## **CAPITULO II DEL ORDENAMIENTO ECOLOGICO**

**Artículo 17.** El ordenamiento ecológico del Distrito Federal, que deberá integrarse al programa de desarrollo urbano del Distrito Federal, se formulará considerando lo dispuesto en el ordenamiento ecológico general del territorio nacional y el regional correspondiente, así como el local de los municipios respectivos, a fin de integrar y coordinar la política ambiental metropolitana.

**Artículo 18.** El ordenamiento ecológico del Distrito Federal tendrá por objeto:

I Determinar las distintas zonas ecológicas que se localizan en el Distrito Federal, describiendo sus características físicas, bióticas y socioeconómicas, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales y de las tecnologías utilizadas por sus habitantes;

II Regular los usos y destinos del suelo de conservación, y

III Establecer los criterios de regulación para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el Distrito Federal.

**Artículo 19.** El ordenamiento ecológico del Distrito Federal se formulará, aprobará, expedirá, evaluará o modificará conforme a los procedimientos aplicables a los programas de desarrollo urbano de los que forme parte, en los términos de la Ley y de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.

## **CAPITULO III DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### **Sección I**

#### **Disposiciones Generales**

**Artículo 20.** Para los efectos de los artículos 26 y 27 de la Ley, se consideran actividades que pueden dañar al ambiente, de acuerdo con las normas oficiales, las propuestas de modificación a los programas delegacionales y parciales de desarrollo urbano respecto del uso del suelo de conservación o el uso del suelo urbano, cuando en éste se pretendan permitir actividades industriales que emitan contaminantes.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Artículo 21.** En los términos de la Ley, el informe, la manifestación o estudio en materia de impacto ambiental o de riesgo, así como el procedimiento para su evaluación comprenderán la obra que, en su caso, pretenda ejecutarse y las actividades que se realizarán en la misma.

**Artículo 22.** Se consideran pruebas, elementos y razones que justifican la solicitud de modificación de los listados que expida la Secretaría, respecto de las obras o actividades que requieren autorización de impacto ambiental, los siguientes:

- I El certificado de zonificación o la descripción de los usos de suelo permitidos en el área en la que pretenda llevarse a cabo la obra o actividad;
- II El croquis de localización del predio en el que pretenda realizarse la obra o actividad;
- III La descripción de las actividades que se lleven a cabo en los predios colindantes, y
- IV Las demás que el promovente estime convenientes.

## **Sección II**

### **Del Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental**

**Artículo 23.** El informe, la manifestación o estudio en materia de impacto ambiental o de riesgo se presentará en original y dos copias, una de las cuales deberá contener la leyenda "para consulta del público", la que únicamente omitirá la información que deba mantenerse en reserva para la legítima protección de derechos de propiedad industrial o intelectual.

**Artículo 24.** El expediente de impacto ambiental para consulta del público se integrará con copia de los documentos siguientes:

- I Informe, manifestación o estudio en materia de impacto ambiental o de riesgo elaborado conforme al artículo 35 de la Ley, y
- II En su momento, la resolución correspondiente.

**Artículo 25.** La consulta de expedientes de impacto ambiental se llevará a cabo en días y horas hábiles en el local que destine para el efecto la Dirección. Dicha consulta se hará mediante solicitud por escrito del interesado, que contenga su nombre, domicilio para oír y recibir notificaciones, fecha, firma y, en su caso, el nombre de su representante legal, acompañando el documento que acredite su personalidad y copia de la identificación oficial de éste y del interesado. Las solicitudes se integrarán al expediente para consulta del público.

**Artículo 26.** La publicación en un diario de circulación nacional del resumen del proyecto de obra o actividad sujeto a evaluación de impacto ambiental a que se refiere el artículo 40 de la Ley deberá llevarse a cabo dentro de los cuatro días hábiles siguientes a la presentación del informe, manifestación o estudio en materia de impacto ambiental o de riesgo.

**Artículo 27.** Cualquier persona podrá presentar por escrito, observaciones al proyecto de obra o actividad ante la Dirección dentro de los cinco días hábiles siguientes a la publicación del mismo. Dicho escrito deberá reunir los requisitos fijados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, así como los siguientes:

- I Identificación del proyecto de obra o actividad objeto del escrito;
- II Observaciones y propuestas respecto del proyecto de obra o actividad respectivo, y
- III Las pruebas que se acompañen al escrito, así como los elementos y razones que justifiquen las observaciones y propuestas formuladas.

**Artículo 28.** La Dirección dictará la resolución en materia de impacto ambiental dentro de los plazos establecidos en el artículo 46 de la Ley.

## TITULO III

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### DE LA PROTECCIÓN Y RESTAURACION DE LOS RECURSOS NATURALES

#### CAPITULO I DEL AGUA Y DE LAS BARRANCAS

**Artículo 29.** En los términos de la Ley, este Reglamento, el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal y las normas oficiales, la Secretaría participará con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, la Comisión de Aguas del Distrito Federal y la Delegación respectiva, en el establecimiento y ejecución de programas para el uso eficiente del agua, a fin de promover:

- I El uso de equipos, prácticas y medidas para minimizar el consumo y la contaminación del agua potable en las actividades industriales, comerciales, de servicios y domésticas;
- II La incorporación de sistemas para el debido reuso, tratamiento y reciclamiento del agua en las industrias, establecimientos comerciales y de servicios, así como en las unidades habitacionales;
- III La detección y reparación oportuna de fugas en la red hidráulica;
- IV El establecimiento de sistemas separados de drenaje y alcantarillado en el Distrito Federal, a fin de evitar que el agua de lluvia captada se mezcle y contamine con aguas residuales industriales, comerciales, de servicios o domésticas, y

V El aprovechamiento racional de las corrientes superficiales de agua en el suelo de conservación, así como la recuperación y preservación de los acuíferos del Distrito Federal.

**Artículo 30.** El establecimiento y aplicación de los programas para el uso eficiente del agua se sujetará a las disposiciones jurídicas aplicables.

**Artículo 31.** Quedan prohibidos la urbanización, los asentamientos humanos o el depósito de basura o residuos en las barrancas, cauces de ríos y arroyos sujetos a protección, preservación o restauración ecológica en los términos de la Ley.

Para los efectos de este artículo se entiende por barranca, la hendedura formada en el terreno por el flujo natural del agua o por las condiciones topográficas o geológicas, cuya profundidad es mayor a cinco metros y a dos veces su anchura y su longitud es superior a cuarenta metros.

**Artículo 32.** La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, en coordinación con la Delegación respectiva tratándose de suelo urbano o con la Comisión de Recursos Naturales en caso de suelo de conservación y áreas naturales protegidas, deberá sanear, preservar y restaurar ecológicamente las barrancas y cauces de ríos o arroyos, en los asuntos no reservados a la Federación conforme a la Ley de Aguas Nacionales y demás disposiciones jurídicas aplicables.

**Artículo 33.** El saneamiento, conservación y recuperación de las barrancas, cauces de ríos y arroyos localizados en áreas naturales protegidas se sujetará a lo dispuesto en esta materia por la Ley y el presente Reglamento.

## CAPITULO II DEL SUELO Y DE LAS AREAS VERDES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Artículo 34.** Para los efectos del artículo 56 de la Ley y en los términos de las normas oficiales y demás disposiciones jurídicas aplicables, las personas que realicen obras o actividades de exploración o manejo de depósitos del subsuelo similares a los componentes de los terrenos y que no estén reservados a la Federación, están obligadas a:

I Prevenir y minimizar la generación de residuos, reusar o reciclar los que se generen y, en su caso, minimizar su peligrosidad y volumen, previamente a su debida disposición final;

II Restaurar la cubierta vegetal y reforestar el área de exploración o manejo, así como la superficie de acceso al sitio, para evitar o minimizar la erosión del suelo y la afectación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, y

III Realizar las demás medidas establecidas en las disposiciones jurídicas aplicables para prevenir, evitar, minimizar y, en su caso, reparar los daños ambientales.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN.  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

---

**Artículo 35.** Quien pretenda podar, trasplantar o derribar un árbol público en el suelo urbano o afectar áreas verdes o jardineras públicas, deberá contar previamente con la autorización de la Delegación respectiva.

**Artículo 36.** En caso de poda, trasplante o derribo de un árbol público en el suelo de conservación o de derribo de un árbol particular, ejidal o comunal ubicado en éste, en áreas naturales protegidas o zonas colindantes con ellos, se requerirá autorización previa de la Comisión de Recursos Naturales.

**Artículo 37.** La autorización de impacto ambiental de una obra o actividad que comprenda el derribo, poda, trasplante o afectación de árboles y jardineras públicas, áreas verdes o árboles privados, surtirá los efectos de la autorización señalada en los dos artículos anteriores.

**Artículo 38.** Para obtener la autorización referida en los artículos 35 y 36 anteriores, el interesado deberá presentar la solicitud respectiva, misma que deberá cumplir los requisitos señalados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, así como los siguientes:

I Cantidad y calidad de árboles, áreas verdes o jardineras públicas objeto de la solicitud, indicando su ubicación, especie, dimensión y superficie aproximada, así como el tipo y alcance de la afectación;

II Material fotográfico o de video que muestre las características, localización y superficie de las áreas verdes, jardineras públicas, árboles y predios respectivos;

III Motivo de la afectación, poda, trasplante o derribo, según corresponda;

IV Cantidad y calidad de árboles o especies vegetales propuestos para restituir los árboles o restaurar las áreas verdes o jardineras públicas cuya afectación se solicita, señalando su especie, dimensión, superficie y, en su caso, peso y edad aproximada, de acuerdo con los artículos 61 y 65 de la Ley;

V En su caso, croquis del proyecto de obra que ubique los árboles, áreas verdes o jardineras públicas respectivas, cuando para el debido uso, edificación o conservación del predio particular de que se trate se solicite la afectación correspondiente, y

VI En su caso, certificado de zonificación de uso del suelo del predio particular respectivo, cuando no se puede precisar de otra forma si éste se ubica en suelo urbano o de conservación, en área natural protegida o en zona colindante con estos dos últimos.

**Artículo 39.** Dentro de los cinco días hábiles siguientes a la admisión de la solicitud, la autoridad resolverá sobre su procedencia, en cuyo defecto operará la negativa ficta tratándose de árboles, áreas verdes o jardineras públicas, o bien la afirmativa ficta en caso de árboles particulares que requieran autorización.

**Artículo 40.** Resuelta la procedencia de la solicitud de afectación, se otorgará la autorización dentro de los tres días hábiles siguientes a aquel en el que el interesado acredite la reparación del daño mediante la entrega a la Comisión de Recursos Naturales o a la Delegación respectiva, según corresponda, de los árboles o especies vegetales que restituyan a los árboles que se derribarán

o que restauren las afectaciones que se ocasionarán a las áreas verdes o jardineras públicas, conforme a la solicitud presentada y a la resolución de procedencia.

**Artículo 41.** Si la Comisión de Recursos Naturales o la Delegación, según corresponda, no otorgan la autorización referida en el artículo anterior dentro del plazo señalado en éste o no se notifica en los términos de ley, se entenderá autorizada la afectación de los árboles, áreas verdes o jardineras públicas objeto de la solicitud respectiva.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### CAPITULO III DE LAS AREAS NATURALES PROTEGIDAS

**Artículo 42.** Para el establecimiento o modificación de áreas naturales protegidas, la Comisión de Recursos Naturales realizará la justificación y los estudios previos necesarios, así como la propuesta respectiva al Jefe de Gobierno del Distrito Federal.

**Artículo 43.** Las áreas naturales protegidas estarán sometidas a los usos, destinos y aprovechamientos específicos establecidos en la Ley, este Reglamento, el Decreto que las establezca y el programa de manejo respectivo, a fin de conservar y restaurar los ecosistemas.

**Artículo 44.** La Secretaría, a través de la Comisión de Recursos Naturales, participará con la intervención que corresponda a las Delegaciones, en la administración, conservación, desarrollo y vigilancia de los parques nacionales y demás áreas naturales protegidas federales, en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables y de los convenios de coordinación que para tal efecto se celebren.

**Artículo 45.** Para facilitar el logro de los objetivos de las áreas naturales protegidas, se promoverá la participación de sus habitantes, propietarios o poseedores, así como del sector privado y social, de acuerdo con el artículo 87 de la Ley y las demás disposiciones jurídicas aplicables, en su manejo, administración, conservación y desarrollo.

**Artículo 46.** Los programas de manejo de las áreas naturales protegidas serán formulados, expedidos y ejecutados por la Comisión de Recursos Naturales, conforme a la Ley, este Reglamento y el Decreto que las establezca.

**Artículo 47.** El programa de manejo de las áreas naturales protegidas deberá expedirse dentro de un año contado a partir de la publicación del Decreto que las establezca.

**Artículo 48.** Para su difusión, los programas de manejo deberán publicarse en la Gaceta Oficial.

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN.  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

---

**Artículo 49.** Los programas de manejo deberán cubrir los requisitos señalados en el artículo 76 de la Ley y los siguientes:

- I** Las características ecológicas y socioeconómicas del área, y
- II** Determinar la zonificación general y específica del área natural protegida e incluir los planos respectivos.

**Artículo 50.** En las áreas naturales protegidas queda prohibido:

- I** El establecimiento de cualquier asentamiento humano irregular, de nuevos asentamientos humanos regulares o su expansión territorial;
- II** La ejecución de actividades que afecten los ecosistemas o recursos naturales del área de acuerdo con la Ley, este Reglamento, las normas oficiales, el Decreto que establezca el área, su programa de manejo o la evaluación de impacto ambiental respectiva;
- III** La realización de nuevas actividades riesgosas;
- IV** Las emisiones contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, así como el depósito o disposición de residuos;
- V** La extracción de suelo o de materiales del subsuelo con fines distintos a los estrictamente científicos;
- VI** La interrupción o afectación del sistema hidrológico de la zona o a su equilibrio, y
- VII** La realización de actividades cinegéticas o de explotación ilícitas de especies de flora o fauna silvestres.

**Artículo 51.** En las áreas naturales protegidas podrán llevarse a cabo, en los términos de la Ley General, la Ley, este Reglamento, las normas oficiales, el Decreto que establezca el área, su programa de manejo, la evaluación de impacto ambiental respectiva y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables, las actividades siguientes:

- I** Manejo, restauración, protección, poblamiento, repoblamiento, control y saneamiento de especies de flora y fauna;
- II** Investigación científica;
- III** Turismo ecológico, entendiéndose por tal el que no implica la afectación o deterioro de los recursos naturales existentes en la zona;
- IV** Actividades culturales, deportivas, de recreación, educación y capacitación ecológica;
- V** Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y
- VI** Las señaladas en el Decreto que la establezca y las demás que sean compatibles con los fines del área de acuerdo con las disposiciones jurídicas aplicables y la evaluación de impacto ambiental correspondiente.

**TESIS CON  
FALSA DE URGEN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## TITULO IV

### DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL

#### CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 52.** Para los efectos de este Título se entiende por ambiente, el espacio exterior a la fuente fija o móvil generadora de emisiones contaminantes.

**Artículo 53.** En el Distrito Federal queda prohibido, en los términos de la Ley, este Reglamento, las normas oficiales y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables:

I Quemar, depositar, descargar o infiltrar al aire libre materiales o residuos. Para los efectos de este artículo se considera que la quema o el depósito se lleva a cabo al aire libre si se realiza fuera de las instalaciones diseñadas para ello, sin los equipos requeridos para prevenir y controlar las emisiones contaminantes respectivas y, en caso de quema, sin canalizarse a través de ductos o chimeneas de descarga;

II Diluir las emisiones de las fuentes fijas o móviles para disminuir su verdadera concentración de contaminantes;

III Derramar inútilmente agua potable o verter agua residual al arroyo de la calle, coladeras pluviales o pozos de visita del sistema de drenaje y alcantarillado;

IV Verter, sin autorización de la Dirección en coordinación con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, agua residual en cuerpos receptores del Distrito Federal distintos al sistema de drenaje y alcantarillado;

V Descargar o arrojar al sistema de drenaje y alcantarillado y demás cuerpos receptores del Distrito Federal, materiales o residuos que contaminen u obstruyan el flujo de dichos cuerpos receptores;

VI Realizar, sin la autorización previa de la Dirección en coordinación con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, conexiones interiores entre predios para descargar aguas residuales por un albañal de la red de drenaje y alcantarillado distinto al que les corresponda, y

VII Mezclar o juntar residuos con distintas categorías de manejo.

**Artículo 54.** Las personas, conforme a los programas que emita la Administración Pública, están obligadas a manejar separadamente los residuos

que generen, depositarlos en contenedores separados y permitir su recolección oportuna por parte del servicio de limpia del Distrito Federal.

## **CAPITULO II DE LA CONTAMINACION GENERADA POR FUENTES FIJAS**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **Sección I**

#### **De las Emisiones Contaminantes a la Atmósfera y de las Descargas de Aguas Residuales**

**Artículo 55.** En los términos de las normas oficiales, los propietarios o poseedores de fuentes fijas industriales están obligados a que las emisiones contaminantes a la atmósfera generadas por los equipos de combustión de sus procesos productivos se descarguen a través de chimeneas o ductos provistos de plataformas o puertos de muestreo.

**Artículo 56.** La Dirección, en coordinación con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, podrá autorizar previa solicitud de los interesados, la conexión interior entre distintas fuentes fijas para descargar las aguas residuales de una o más de ellas por el albañal de otra, en los casos siguientes:

I Cuando previamente a la descarga de agua residual a la red de drenaje y alcantarillado u otros cuerpos receptores del Distrito Federal, ésta requiera ser conducida a otro predio para su reuso o para su debido tratamiento, o

II Cuando se demuestre la inviabilidad o inconveniencia de que cada una de las fuentes fijas respectivas tenga un albañal independiente hacia la red de drenaje y alcantarillado u otros cuerpos receptores del Distrito Federal.

**Artículo 57.** La solicitud a que alude el artículo precedente deberá cumplir los requisitos determinados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, así como los siguientes:

I Distribución porcentual de caudales y emisiones contaminantes generados por cada fuente fija;

II En su caso, designación del representante común ante la Dirección;

III Nombre, firma, domicilio y teléfono de los propietarios o poseedores de las fuentes fijas correspondientes y, en su caso, de sus representantes legales, acompañando los documentos que acrediten su personalidad jurídica, y

IV Declaración de que todos los propietarios o poseedores de las fuentes fijas respectivas asumen en forma solidaria la responsabilidad del cumplimiento de lo dispuesto por la Ley, este Reglamento y las normas oficiales correspondientes.

**Artículo 58.** De acuerdo con las normas oficiales, los propietarios o poseedores de fuentes fijas industriales y las incluidas en el listado a que

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

se refiere el artículo 72 de este Reglamento, deberán muestrear y aforar las descargas de agua residual de sus procesos productivos y contar, en su caso, con plataformas y puertos de muestreo.

**Artículo 59.** Los propietarios o poseedores de fuentes fijas cuyas aguas residuales se descarguen al sistema de drenaje y alcantarillado o demás cuerpos receptores del Distrito Federal mediante drenajes separados para el agua pluvial, para el agua residual de tipo doméstico y de sus procesos productivos, podrán solicitar a la Dirección ser eximidos del muestreo y aforo del agua residual de tipo doméstico y pluvial, mediante escrito que cumpla los requisitos del artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, así como los siguientes:

I Ubicación precisa de la fuente fija y de su instalación hidráulica, detallando la red separada de drenaje con que cuente y acompañando croquis de localización;

II Caudales de las descargas de sus procesos productivos y de tipo doméstico, determinando la concentración de contaminantes de cada una de ellas;

III Tipo de proceso productivo y uso que se le da al agua, y

IV Último inventario de emisiones contaminantes en la parte relativa a las descargas de aguas residuales conforme a la Ley y el presente Reglamento.

**Artículo 60.** En caso de que la Dirección no emita la resolución que deba recaer a la solicitud mencionada en el artículo anterior dentro del plazo establecido en el artículo 7 de este Reglamento, operará la negativa ficta.

**Artículo 61.** En el Distrito Federal sólo se permitirá la infiltración al subsuelo o la inyección al acuífero de agua residual o residual tratada, cuando se acredite fehacientemente el cumplimiento de los requisitos establecidos en las leyes, reglamentos o normas oficiales aplicables.

**Artículo 62.** Cuando con base en los resultados del análisis de una muestra compuesta diaria se acredite a la Dirección que el agua de abastecimiento de la fuente fija contiene uno o más de los contaminantes señalados en las normas oficiales o las condiciones particulares de descarga, los límites máximos fijados se incrementarán sumando la concentración del contaminante contenido en el agua de abastecimiento.

**Artículo 63.** Para los efectos del artículo anterior se entiende por muestra compuesta diaria de agua residual, la resultante de mezclar en forma ponderada respecto al caudal varias muestras instantáneas tomadas en un periodo no mayor a 24 horas, conforme a la siguiente tabla:

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN.  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS INSTANTANEAS	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS INSTANTANEAS (HORAS)	
		MINIMO	MAXIMO
HASTA 6	4	1.5	2
MAS DE 6 Y HASTA 8	5	1.5	2
MAS DE 8 Y HASTA 10	5	2	2.5
MAS DE 10 Y HASTA 12	5	2	3
MAS DE 12 Y HASTA 18	6	2.25	3.5
MAS DE 18 Y HASTA 24	6	3.5	4.5

Se entiende por muestra instantánea de agua residual, la realizada ininterrumpidamente durante el periodo necesario para completar un volumen representativo del caudal de la descarga de agua residual, medida en el sitio y en el momento del muestreo.

**Artículo 64.** Para los efectos del artículo 97 de la Ley, las condiciones particulares de descarga que fije la Secretaría podrán establecer límites de contaminantes más estrictos que los previstos en las normas oficiales, cuando se demuestre técnicamente que a pesar del cumplimiento de las normas oficiales, los contaminantes de las descargas respectivas afectan negativamente los cuerpos receptores, la red de drenaje o la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Artículo 65.** Los propietarios o poseedores de fuentes fijas deberán notificar de inmediato a la Dirección en caso de descargas que pongan en peligro la salud de las personas, al ambiente o la operación del sistema de drenaje y alcantarillado o de tratamiento de aguas residuales.

**Sección II**  
**De la Generación y Manejo de Residuos**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Artículo 66.** La recolección y transporte de residuos, así como la construcción, equipamiento y operación de las estaciones para su transferencia, de las plantas para su tratamiento y de los sitios e instalaciones para su disposición final, deberán llevarse a cabo con los métodos, frecuencia, condiciones y equipo necesarios para evitar o minimizar la contaminación ambiental y prevenir la mezcla entre residuos de distintas categorías de manejo, en los términos de las normas oficiales y demás disposiciones jurídicas aplicables.

**Artículo 67.** De acuerdo con las leyes, reglamentos y normas oficiales aplicables, durante la construcción y operación de los rellenos sanitarios y demás sitios destinados a la disposición final de residuos, deberán monitorearse periódicamente los lixiviados, la calidad de las aguas superficiales y subterráneas y la emisión de gases en la zona de que se trate.

**Artículo 68.** Las actividades de manejo de residuos se llevarán a cabo directamente por la Dirección General de Servicios Urbanos, las Delegaciones respectivas o las personas a las que la Administración Pública otorgue la respectiva concesión o autorización conforme a las disposiciones jurídicas correspondientes.

**Artículo 69.** Las personas que realicen actividades de manejo de residuos están obligadas a:

I Operar conforme a los sistemas, procedimientos, instalaciones, equipos, plazos y condiciones establecidos en la Ley, este Reglamento y las normas legales y reglamentarias aplicables;

II Que el personal que lleve a cabo el manejo de residuos esté debidamente capacitado, para cuyo efecto deberá aprobar el examen que para tal efecto realice la Dirección en coordinación con la Dirección General de Servicios Urbanos;

III Mantener sus instalaciones y equipos en condiciones adecuadas de funcionamiento de acuerdo con las normas oficiales respectivas;

IV Llevar un registro con la información de las actividades de manejo de residuos que realicen de acuerdo con las disposiciones legales y reglamentarias aplicables y remitir a la Dirección General de Servicios Urbanos la documentación necesaria para su supervisión y control;

V Dar aviso inmediato a la Dirección General de Servicios Urbanos cuando por cualquier causa imprevista se suspenda el manejo de residuos de que se trate o los equipos e instalaciones no funcionen debidamente, o con treinta días hábiles de anticipación en caso de suspensión programada;

VI Cobrar, como máximo, las tarifas autorizadas por la Dirección General de Servicios Urbanos en coordinación con la Dirección o la Comisión de Recursos Naturales, según corresponda, y

VII Garantizar en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables la debida realización de las actividades de manejo de residuos correspondientes.

### **Sección III**

#### **De las Gasolineras y Estaciones para Autoconsumo de Combustibles**

**Artículo 70.** Los propietarios o poseedores de fuentes fijas que funcionen como gasolineras para suministro al público o para autoconsumo que cuenten con una capacidad total de almacenaje de cinco mil a un millón quinientos ochenta y nueve mil litros de combustible, tendrán conforme a este Reglamento y las normas oficiales, las obligaciones siguientes:

I Contar en sus instalaciones con tanques de almacenamiento de doble pared alojados en fosas de concreto armado impermeabilizadas en su interior, con pozos de observación, instalaciones y dispositivos para su monitoreo permanente y detección de fugas;

II Realizar pruebas de hermeticidad a los tanques de almacenamiento y tuberías de distribución;

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN.  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

---

III Habilitar al menos cuatro pozos de observación en cada una de las fosas que contengan los tanques de almacenamiento de combustibles, provistos de tubería con un diámetro mínimo de 50.8 milímetros y con ranuras en toda su longitud de tamaño inferior al de las partículas sueltas del material de relleno de la fosa;

IV Habilitar pozos de monitoreo del área provistos de tubería de 50.8 milímetros de diámetro como mínimo y de ranuras de un milímetro en toda su longitud, cuando menos a un metro de profundidad respecto del nivel de despiante de la fosa o, en su caso, del nivel freático, así como un pozo por cada 15 metros del perímetro del área en que se ubiquen los tanques de almacenamiento, las líneas de distribución y dispensarios, y

V Contar con el sistema de recuperación de vapores de gasolina.

**Artículo 71.** Los daños ambientales ocasionados por las fuentes fijas referidas en esta Sección deberán ser reparados en los términos de la Ley y las normas oficiales.

#### **Sección IV**

#### **Del Registro de Fuentes Fijas y Descargas de Aguas Residuales y del Inventario de Emisiones**

**Artículo 72.** Para los efectos de los artículos 101, fracción III, y 104 de la Ley y 56 de este Reglamento, la Secretaría publicará en la Gaceta Oficial el listado de fuentes fijas que requieren inscribirse en el registro de fuentes fijas y de descargas de aguas residuales y que deben muestrear y aforar éstas.

Los propietarios o poseedores de fuentes fijas nuevas que no requieran autorización de impacto ambiental y deban inscribirse en el citado registro conforme a dicho listado, deberán solicitar a la Dirección la inscripción respectiva dentro de los treinta días hábiles siguientes al inicio de las actividades de la fuente fija de que se trate.

**Artículo 73.** De acuerdo con la Ley, la Dirección coordinará el registro de fuentes fijas y de descargas de aguas residuales, el cual deberá ser compatible con los registros e inventarios correlativos establecidos por la Federación conforme a la Ley General.

**Artículo 74.** La solicitud de inscripción en el registro de fuentes fijas y de descargas de aguas residuales deberá incluir la información establecida en los artículos 104 de la Ley y 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal.

**Artículo 75.** Para los efectos del artículo 106 de la Ley, en caso de que las normas oficiales no determinen la periodicidad en la que deba presentarse el inventario de emisiones, éste se deberá presentar en el mes de febrero de cada año.

**TESIS CON  
FALLA DE URGEN**

**Artículo 76.** Si los propietarios o poseedores de fuentes fijas generadoras de agua residual demuestran que ésta no contiene algún contaminante de los previstos en las normas oficiales por las características del proceso productivo o el uso dado al agua, podrán solicitar a la Dirección ser eximidos de analizar dicho contaminante para los efectos del inventario de emisiones.

**Artículo 77.** La solicitud señalada en el artículo anterior deberá cumplir los requisitos fijados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, así como los siguientes:

- I Ubicación precisa de la fuente fija y de la instalación hidráulica, acompañando croquis de localización;
- II Caudales de descarga y su concentración de contaminantes;
- III Tipo de proceso productivo y el uso que se le da al agua, y
- IV Último inventario de emisiones contaminantes en la parte relativa a las descargas de aguas residuales conforme a la Ley y el presente Reglamento.

### CAPITULO III DE LA CONTAMINACION GENERADA POR FUENTES MOVILES

#### Sección I

##### De la Limitación para Circular y sus Excepciones

**Artículo 78.** La limitación a la circulación de los vehículos establecida en el artículo 116 de la Ley, será aplicable de las cinco a las veintidós horas, con base al último dígito de sus placas, color de engomado y al tipo de calcomanía según sus niveles de emisiones contaminantes, en los términos que determine el Jefe de Gobierno del Distrito Federal mediante el acuerdo publicado con tal fin en la Gaceta Oficial.

**Artículo 79.** La limitación para la circulación de los automotores en el Distrito Federal, no será aplicable a los vehículos destinados a:

- I Servicios médicos;
- II Seguridad Pública;
- III Bomberos y rescate;
- IV Servicio público local y federal de transporte de pasajeros;
- V Servicio local o federal de transporte de carga, cuando los vehículos utilicen las fuentes de energía, sistemas y equipos determinados por la Administración Pública del Distrito Federal y cumplan los límites de emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales respectivas;
- VI Cualquier servicio, tratándose de vehículos que no emitan contaminantes o que usen para su locomoción energía solar o eléctrica, gas, gasolina, diesel o cualquier otra fuente de energía, siempre que cumplan los límites especiales

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

---

de emisiones contaminantes fijados en las normas oficiales o las condiciones establecidas en el acuerdo a que se refiere el artículo anterior;

**VII** Servicio particular en los casos en que sea manifiesto o se acredite una emergencia médica, y

**VIII** Transporte de una o más personas con discapacidad permanente, cuando se dificulte su traslado normal en un medio de transporte diverso.

**Artículo 80.** Los interesados en obtener las exenciones señaladas en las fracciones V y VI del artículo anterior deberán acreditar encontrarse en los supuestos señalados en éstas, mediante la presentación del vehículo respectivo ante el verificador ambiental en los términos de la Ley, este Reglamento, el programa de verificación y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

**Artículo 81.** La exención a la limitación para circular en el caso de la fracción VIII del artículo 79 de este Reglamento, estará referida a la persona discapacitada de que se trate, por lo que el vehículo respectivo estará sujeto a la limitación correspondiente cuando ésta no vaya a bordo del mismo.

**Artículo 82.** Para la obtención de la exención señalada en el artículo precedente, el interesado o su representante legal deberá presentar solicitud ante la Dirección, que cumpla los requisitos del artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, la cual deberá describir la clase y características de la discapacidad que dificulte su traslado en un medio de transporte diverso, acompañando el certificado médico con fotografía expedido por una institución pública de salud, así como dos fotografías del discapacitado.

**Artículo 83.** Presentada la solicitud de exención conforme al artículo que antecede, la Dirección dictará la resolución correspondiente dentro de los cinco días hábiles siguientes.

**Artículo 84.** La autorización que acredite la exención en caso de discapacidad tendrá una vigencia indefinida y deberá contener la fotografía y los datos generales del interesado, incluyendo la descripción de la discapacidad correspondiente.

## **Sección II**

### **De la Verificación de Emisiones Contaminantes**

**Artículo 85.** En caso de que un vehículo no haya sido verificado dentro del periodo que le corresponda conforme al programa de verificación, se le aplicará la multa respectiva a su propietario o poseedor y se le otorgará un plazo de treinta días naturales a partir de su imposición para aprobar la verificación, durante el cual el vehículo de que se trate podrá circular únicamente para trasladarse al taller o ante el verificador ambiental, previo pago de la multa impuesta.

**Artículo 86.** Si transcurre el plazo otorgado sin aprobar la verificación respectiva de acuerdo con el artículo anterior, se impondrá la multa que corresponda

**TESIS CON  
FALLA DE ORDEN**

conforme a lo establecido en la Ley y, una vez pagada ésta, se contará con un nuevo plazo de treinta días naturales para aprobar la verificación.

**Artículo 87.** Para la reposición de la calcomanía de aprobación de la verificación en caso de destrucción, extravío o robo, el interesado deberá presentar a la Dirección una solicitud que cumpla con los requisitos fijados en el artículo 44 de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal, acompañada de los documentos siguientes:

- I Tarjeta de circulación;
- II Acta de extravío o robo levantada ante la autoridad competente;
- III En su caso, los que acrediten el cambio o reposición de placas de circulación del vehículo correspondiente;
- IV En su caso, copia de los documentos objeto de la solicitud, y
- V Comprobante de pago de los derechos fijados en el Código Financiero del Distrito Federal.

Recibida la documentación antes señalada, la Dirección expedirá la reposición respectiva dentro de los quince días hábiles siguientes.

**Artículo 88.** Cuando se pretenda reponer la constancia de aprobación de la verificación más no la calcomanía respectiva, el interesado hará la solicitud directamente ante el verificador ambiental que la hubiere expedido, para cuyo efecto deberá presentar a éste los documentos señalados en las fracciones I a IV del artículo anterior y cubrir la cantidad fijada por ese concepto en el programa de verificación vigente.

**Artículo 89.** Recibidos los documentos indicados en el artículo que antecede, el verificador ambiental expedirá la reposición respectiva dentro de los dos días hábiles siguientes.

### Sección III

#### De los Vehículos Contaminantes



**Artículo 90.** Se consideran vehículos contaminantes los que se encuentren en circulación y se les acredite de conformidad con la Ley y este Reglamento que rebasan los límites de emisiones establecidos en las normas oficiales.

**Artículo 91.** Para los efectos de este Reglamento se presume que son vehículos contaminantes, los automotores que emitan por el escape humo negro o azul en forma continua y notoria, aun cuando porten los documentos de aprobación de la verificación vigente.

**Artículo 92.** Sólo podrán detener la marcha de los vehículos que se presuman contaminantes los agentes de tránsito que tripulen las patrullas ecológicas de la Secretaría de Seguridad Pública, los cuales podrán ser acompañados por personal de la Dirección.

Dichos servidores públicos, conforme a los lineamientos e instrumentos que fije la Secretaría, determinarán si el vehículo cumple o no con los límites de emisiones contaminantes previstos en las normas oficiales.

Los lineamientos a que se refiere el párrafo anterior deberán ser publicados por la Secretaría en la Gaceta Oficial.

**Artículo 93.** En caso de que se acredite el incumplimiento de los límites de emisiones contaminantes fijados por las normas oficiales, los servidores públicos a que se refiere el artículo precedente deberán proceder de la manera siguiente:

I Retirarán la calcomanía y retendrán la constancia de aprobación de la verificación, y

II Entregarán al conductor la constancia de incumplimiento respectiva, en la cual se hará constar, además, el retiro y la retención de los documentos a que se refiere la tracción anterior.

**Artículo 94.** El conductor del vehículo podrá solicitar que éste sea sometido a su costa, a una nueva verificación ante el verificador ambiental de su elección, en cuyo caso los servidores públicos a que se refiere el artículo 92 lo remitirán inmediatamente a éste para que se realice la verificación correspondiente, la cual prevalecerá sobre la practicada por ellos.

De aprobarse la nueva verificación, la constancia y calcomanía respectivas ampararán el semestre en que aquélla se hubiere electuado.

**Artículo 95.** Los documentos retenidos conforme al artículo 93 de este Reglamento deberán ser remitidos a la Dirección al día hábil siguiente a su retención.

**Artículo 96.** Los propietarios o poseedores de los vehículos a los que se les haya acreditado el incumplimiento de las normas oficiales conforme a los artículos precedentes tendrán un plazo de treinta días naturales para realizar las reparaciones necesarias y aprobar la verificación.

En este caso, el vehículo sólo podrá circular para trasladarse al taller o ante el verificador ambiental respectivo.

**Artículo 97.** Para los efectos del artículo que antecede, el vehículo deberá ser sometido a la verificación ante un verificador ambiental, acompañando:

I La constancia de incumplimiento referida en el artículo 93;

II Los documentos citados en el artículo 120 de la Ley, salvo la constancia de aprobación de la verificación del periodo inmediato anterior que le hubiere sido retenida, y

III En su caso, el comprobante de pago de la multa aplicable si en los treinta días siguientes a la fecha de la constancia de incumplimiento no se aprobó la verificación respectiva de acuerdo a lo señalado en el artículo precedente.

**Artículo 98.** Una vez verificado el vehículo, el verificador ambiental entregará al conductor la constancia respectiva y adherirá inmediatamente al medallón, de ser aprobatoria, la calcomanía correspondiente.

**Artículo 99.** Cuando no se acredite el cumplimiento de las normas oficiales dentro del plazo citado en el artículo 96 de este Reglamento o si durante el mismo el vehículo respectivo circula hacia un lugar distinto al taller o verificador ambiental correspondiente, se aplicará la multa establecida en la fracción VI del artículo 162 de la Ley.

En el primer supuesto, el propietario o poseedor del vehículo de que se trate contará con un nuevo plazo de treinta días a partir de su imposición para acreditar dicho cumplimiento, de lo contrario, se aplicará la sanción respectiva conforme a lo dispuesto en la Ley.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## TÍTULO V

### VIGILANCIA, SANCIONES Y RECURSO DE INCONFORMIDAD

#### CAPÍTULO I

##### DE LA VIGILANCIA Y LA DENUNCIA POPULAR

**Artículo 100.** La Dirección, la Comisión de Recursos Naturales y las Delegaciones, en el ámbito de sus respectivas competencias y de acuerdo con la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal y sus Reglamentos, efectuarán las visitas de verificación administrativa necesarias para asegurar el cumplimiento del presente Reglamento.

**Artículo 101.** Con base en los resultados de la visita de verificación referida en el artículo precedente, las autoridades competentes aplicarán las medidas de seguridad, preventivas o correctivas que procedan en los términos de la Ley y el Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal.

**Artículo 102.** Toda persona podrá denunciar ante la Secretaría cualquier hecho, acto u omisión que contravenga lo establecido en la Ley, en este Reglamento y en las demás disposiciones jurídicas aplicables.

**Artículo 103.** Las denuncias populares presentadas ante la Secretaría serán tramitadas por la Dirección cuando el hecho, acto u omisión respectivo se haya realizado en el suelo urbano, o por la Comisión de Recursos Naturales, si se llevó a cabo en el suelo de conservación.

**Artículo 104.** Cuando se reciban dos o más denuncias populares referentes a los mismos hechos, actos u omisiones, se acumularán todas al expediente más antiguo.

## **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.** Este Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Para su mayor difusión publíquese en el Diario Oficial de la Federación.

**SEGUNDO.** El artículo 54 del presente Reglamento entrará en vigor a los quince días naturales siguientes a la publicación de los programas a que se refiere dicho artículo.

**TERCERO.** El listado y los lineamientos a que se refieren los artículos 72 y 92 de este Reglamento serán expedidos dentro de los noventa días naturales siguientes a la publicación del presente Reglamento.

**CUARTO.** Se abrogan las disposiciones que se opongan al presente Reglamento.

**QUINTO.** Las menciones hechas en el presente ordenamiento al Jefe de Gobierno del Distrito Federal se entenderán referidas al Jefe del Departamento del Distrito Federal hasta en tanto entre en funciones aquí.

Dado en la Residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veintiún días del mes de noviembre de mil novecientos noventa y siete.- Ernesto Zedillo Ponce de León.- Rúbrica.- El Jefe del Departamento del Distrito Federal, Oscar Espinosa Villarreal.- Rúbrica.

## **CAPITULO II DE LAS SANCIONES Y DEL RECURSO DE INCONFORMIDAD**

**Artículo 105.** Las violaciones a los preceptos del presente ordenamiento o las disposiciones que emanen de éste serán sancionadas por la Dirección, la Comisión de Recursos Naturales o las Delegaciones, en el ámbito de sus competencias, en los términos de la Ley.

**Artículo 106.** En contra de los actos o resoluciones ordenados, dictados o ejecutados por la Administración Pública para la aplicación de este Reglamento y las disposiciones que de él se deriven, procederá el recurso de inconformidad en los términos de la Ley de Procedimiento Administrativo del Distrito Federal.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**ANEXO IV  
CÁLCULO DEL FACTOR  
DEL SALARIO REAL**

## **ANEXO IV CÁLCULO DEL FACTOR DEL SALARIO REAL**

En este anexo se aprecian los factores que intervienen en el cálculo del Factor de Salario Real, utilizado en el capítulo VII (Factibilidad Económica) de este trabajo.

### **DATOS BÁSICOS**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-SAMI	Salario Mínimo General (Distrito Federal) CNSM Vigente, Enero del 2003	\$/día	42.15
FSR-SABA	Salario Nominal ( SN )	\$/día	114.29
FSR-SACAL	Salario Nominal por Jornada ( SND )	\$/día	114.29

### **DATOS PARA CÁLCULO DE PERCEPCIÓN ANUAL.**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-DNVAC	Días de vacaciones para calcular prima vacacional	días	6.0
FSR-PPVAC	Prima vacacional	%	25.0
FSR-DNDOM	Días para el cálculo de prima dominical	días	0.0
FSR-PPDOM	Porcentaje para prima dominical	%	25.0

### **DÍAS PAGADOS REALMENTE.**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-DPCAL	Días calendario ( DC )	días	365.0
FSR-DPAGU	Días aguinaldo	%	15.0
FSR-DPPVA	Prima vacacional	días	1.50
FSR-DPPDO	Prima dominical	%	0.0
FSR-DPHEX	Días equivalentes por horas extras al año		0.0
FSR-DPOT1	Prestaciones por contrato de trabajo		0.0
FSR-DPA	Suma ( TP )		381.50

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

**DÍAS NO LABORABLES ANUALES**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-DNSEP	Por séptimo día ( Ley Federal del Trabajo )	Días	52.0
FSR-DNFES	Festivos Oficiales ( Ley Federal del Trabajo )	Días	* 7.0
FSR-DNDCO	Días no laborables según contrato colectivo	Días	7.0
FSR-DVAC	Vacaciones	Días	6.0
FSR-DNPER	Enfermedad no profesional $3 * 0.15$	Días	0.45
FSR-DNCLI	Condiciones Climáticas (lluvia y otros) contr. Colec	Días	3.85
FSR-DNLA	Suma ( DNLA )	Días	76.30

\* Se consideran únicamente 7 días debido a que la ejecución del concepto es menor a un año.

**CÁLCULO DE DÍAS REALMENTE LABORADOS ( TL )**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-DLA	Días realmente laborados( $TL = DC - DNLA$ )	Días	288.70

**FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACIÓN**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-FSBC	( $FSBC = DPA / DPCAL$ )		1.04521

**SALARIO BASE DE COTIZACIÓN**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-SABC	Salario Base de Cotización ( $SB = FSBC * SN$ )		119.46

**DATOS PARA CÁLCULO DE CUOTA IMSS.**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
A A	Porcentaje sobre salario mínimo para cuota fija.	%	16.50
A b	Porcentaje para excedente a 3 SMGDF	%	4.04
FSR-IMPE	Prestaciones en dinero	%	0.70
FSR-IMGM	Gastos médicos pensionados	%	1.050
FSR-IMINV	Invalidez y vida	%	1.75
FSR-IMGUA	Guarderías	%	1.00
FSR-IMSAR	Retiro	%	2.00
FSR-IMCE	Cesantía en edad avanzada y vejez	%	3.15
FSR-IMRTR	Riesgos de trabajo	%	7.58750

**CÁLCULO DE CUOTAS IMSS.**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
A C	Enfermedad y maternidad. Cuota fija	\$	6.95
A E	Enfermedad y maternidad. Prestaciones en dinero	\$	0.84
A F	Enfermedad y maternidad gastos médicos pensionados	\$	1.25
D G	Invalidez y vida	\$	2.09
A H	Guarderías	\$	1.19
A I	Retiro	\$	2.39
A J	Cesantía en edad avanzada y vejez	\$	3.76
A K	Riesgos de trabajo	\$	9.06
A L	Importe cuota patronal del IMSS	\$	27.53
FSR-IMMS	Porcentaje de cuota patronal del IMSS	%	24.09

**OTROS IMPUESTOS**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-IMINF	Impuesto INFONAVIT	%	5.00
FSR-IMNOM	Impuesto nómina	%	2.00

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.**

**CUOTA POR IMPUESTOS**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
AM	INFONAVIT	\$	5.97
AN	Impuesto nómina	\$	2.39
AP	Importe de Obligaciones Patronales ( IOP )	\$	35.89

**FRACCIÓN DECIMAL OBLIGACIONES PATRONALES ( E S )**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
AQ	PS = ( IOP / SND )		0.3140

**FACTOR DE SALARIO BASE A SALARIO GRAVABLE**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR- FSI	FSBSG= TP / TL ( Para cálculo de SAR e INFONAVIT en Precio Unitario.		1.32144
AR	TP / TL		1.32144

**FACTOR DE SALARIO REAL**

Variable	Descripción	Unidad	Valor
FSR-FSR	FSR = PS ( TP / TL ) + TP / TL		1.7364

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA**

**G.Schneebeli**  
**Muros Pantalla**  
**Editorial Eta**  
**Barcelona, España**  
**1974.**

**Centro de Educación Continua**  
**Muros Colados in Situ**  
**Editorial Universidad Nacional Autónoma de México**  
**México**  
**1974.**

**M.Y.A. Peimbert**  
**Muros de Contención**  
**Editorial Eta**  
**Barcelona, España**  
**1976.**

**Juárez Badillo, Eulalio; Rico Rodríguez, Alfonso**  
**Mecánica de Suelos, Tomos I, II y III**  
**Editorial Limusa, S.A.**  
**México**  
**1981.**

**Y.Gasc; R. Bertin**  
**Cimentaciones y Obras en Recalces**  
**Editorial Eta**  
**Barcelona, España**  
**1975.**

**Fundación ICA, <http://www.fundación-ica.org.mx/torre/capitulo03/anteco.htm>.**

**Fundación ICA, <http://www.fundación-ica.org.mx/torre/capitulo3/conclusi.htm>.**

**Murillo Fernández, Rodrigo**  
**Geotecnología Ambiental**  
**Tercer Seminario sobre Medio Ambiente,**  
**Organizado por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C.**  
**México**  
**1993.**

**UTILIZACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL MURO MILÁN,  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

---

**Paniagua Zavala, Walter**  
**Cimentaciones Profundas y Medio Ambiente**  
**Tercer Seminario sobre Medio Ambiente,**  
**Organizado por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C.**  
**México**  
**1993.**

**Hashimoto Leyva, Rodolfo R. ; Paniagua Ballinas, Jorge F**  
**La Ingeniería y el Medio Ambiente**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería, División de Ciencias Básicas**  
**2ª Edición**  
**México**  
**1985.**

**Arboleda Valencia, Jorge**  
**Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua**  
**Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente**  
**1ª. Edición**  
**Panamá**  
**1973.**

**II Asamblea de Representantes del Distrito Federal**  
**Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal vigente**  
**2 de agosto de 1993**  
**Ediciones Andrade, S.A. de C.V.**  
**6ª. Edición.**  
**México**  
**1993.**

**Asamblea Legislativa del Distrito Federal (I Legislatura)**  
**Ley Ambiental del Distrito Federal**  
**Gaceta Oficial del Distrito Federal 1ª. Edición**  
**México**  
**2000.**

**Moreno Pecero, Gabriel**  
**Diseño y Construcción de Cimentaciones**  
**Apuntes del curso "Diseño y Construcción de Cimentaciones"**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
**División de Educación Continua**  
**México**  
**1987.**

**Schmitter Martín del Campo, Juan Jacobo**  
**Clasificación de Cimentaciones y Selección**  
**Apuntes del curso "Clasificación de Cimentaciones y Selección"**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
**División de Educación Continua**  
**México**  
**1987.**

**Day A., David**  
**Maquinaria para Construcción**  
**Editorial Limusa, S.A.**  
**México**  
**1978.**

**Valdés Aburto, Rafael**  
**Maquinaria para Construcción**  
**Fundación para la Enseñanza de la Construcción (FUNDEC)**  
**México**  
**1990.**

**Chavarri Maldonado, Carlos M.**  
**Apuntes de Construcción**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Ingeniería**  
**México**  
**1990.**

**Fundación ICA**  
**Construcción Especializada en Geotecnia**  
**Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos**  
**México**  
**1990.**

**Fundación ICA**  
**Memoria del Metro de la Ciudad de México**  
**México**  
**1990.**

**Fundación ICA**  
**30 Años de hacer Metro**  
**1990.**