



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE  
LA CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO  
RESIDENCIAL REFORMA 27”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

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

**P R E S E N T A N:**

**CARDENAS CHAVEZ LUIS MARIANO  
PORRAS GODINEZ DAVID HERNÁN**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO**



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/031/08

Señores  
LUIS MARIANO CÁRDENAS CHÁVEZ  
DAVID HERNAN PORRAS GODÍNEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO RESIDENCIAL  
REFORMA 27"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- III. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN
- III. ESTUDIOS PREVIOS
- IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN Y SUBESTRUCTURA
- V. PROGRAMA DE OBRAS
- VI. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 23 de Abril del 2008.  
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA  
GGZ/RSU/gar.

## **AGRADECIMIENTOS:**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería por los conocimientos que nos brindaron y las amistades y los valores que en ellas encontramos.**

**A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería por los conocimientos transmitidos.**

**A los Ing. Carlos Manuel Chávarri Maldonado e Ing. Piero Arienzo Vogel, por sus enseñanzas y el apoyo brindado en la elaboración de esta tesis.**

**A los honorables miembros del jurado:**

**Ing. Marcos Trejo Hernández  
M.I. Víctor Franco  
M.I. Hugo Sergio Haaz Mora  
Dr. Enrique Cesar Valdez**

**A fundación ICA por todo su apoyo.**

**A Moisés Reyes Toledano por su apoyo en la elaboración de esta tesis.**

## **DEDICATORIAS:**

### **A mis Padres**

*Por su inmensa dedicatoria hacia mi persona, por siempre estar a mí lado, haberme educado y brindarme sus valores y principios, por enseñarme el valor de vivir y amar la vida, en fin por ayudarme a ser quien soy, por esto y más gracias.*

### **A mis Hermanos, Cuñadas y Sobrinos**

*Por siempre darme su respaldo y apoyo, por creer en mí y ayudarme en las buenas y en las malas, por crecer y guiarnos juntos, por ser mis amigos de siempre.*

### **A mi Abuela Mercedes**

*Por siempre aconsejarme y tratar de guiarme, por consentirme, por llenar mi vida de refranes.*

### **A mis Abuelos, Tíos, Primos y demás familia**

*Por sus consejos de toda la vida, por siempre ayudarme y contribuir en mi crecimiento, por su constante atención hacia mi, por siempre estar presentes.*

### **A mis amigos**

*Por recorrer y aprender en este trayecto juntos, por contribuir en ser la persona que soy, por brindarme su amistad, por los grandes momentos que hemos vivido.*

**A todos ustedes GRACIAS**

**DAVID HERNÁN PORRAS GODINEZ**

***Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.***

***Con mucho cariño principalmente a mi madre que me dio la vida y ha estado conmigo en todo momento. Magda gracias por darme una carrera para mi futuro y por siempre creer en mí, apoyándome y brindándome todo tu amor, por todo esto te agradezco de todo corazón que estés conmigo a mi lado.***

***A mis hermanos Jorge, Adrián y Mariana gracias por estar conmigo, apoyarme, los quiero mucho, a mi cuñadas y a mi sobrina Vi, gracias por ser la energía que faltaba.***

***A mi familia que siempre tuvo palabras de aliento y consejos para guiarme y por todo el amor que me han dado.***

***A todos mis amigos muchas gracias por estar conmigo todo este tiempo y hacer más sencillo esta etapa, donde hemos vivido momentos felices y tristes, recuerden que siempre los llevo en mi mente y en mi corazón.***

***Gracias a mi compañero y amigo David que aunque muchas veces estuvimos a punto de rendirnos al fin logramos terminar la tesis.***

***Y no puedo irme sin decirles, que sin todos ustedes esto jamás hubiera sido posible, tantas desveladas, corajes y berrinches al fin rindieron frutos, por fin llego el año de espera ¿verdad? YSBPT. Gracias A TODOS.***

**MARIANO CARDENAS**

**PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO  
RESIDENCIAL REFORMA 27.**

INTRODUCCIÓN	1
I.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	6
II.2.- Memoria descriptiva del proyecto	6
II.- DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN	19
II.1.- Memoria descriptiva de la cimentación	20
III.- ESTUDIOS PREVIOS	26
III.1.- Estudios de mecánica de suelos	26
III.2.- Estudios de impacto ambiental	41
IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN Y SUBESTRUCTURA	54
IV.1 Trabajos preparatorios para la excavación, cimentación y superestructura	54
IV.2 Descripción del procedimiento constructivo	59
IV.3 Logística	80
IV.4 Descripción de los elementos que intervienen en la cimentación	82
IV.4.1.- Muro Milán	82
IV.4.2.- Pilas	85
IV.4.3.- Tablestacado metálico	87
IV.4.4.- Excavación con troqueles	89
IV.4.5.- Losa de cimentación	91
IV.4.6.- Subestructura	92
V.- PROGRAMA DE OBRA	93
CONCLUSIONES	99

## INTRODUCCIÓN

Breve descripción del valle de México, para un mejor entendimiento de su suelo lacustre.

Hidrografía



Plano del lago de Texcoco, en el que es posible apreciar el efecto de desecación sobre el lago

Antiguamente una buena parte del territorio del Distrito Federal fue ocupado por el sistema de lagos de la cuenca de México. La cuenca de México era una cuenca cerrada, que luego fue abierta por obra del ser humano. La decisión de desecar el sistema lacustre fue tomada durante la época virreinal. Aunque estas obras se realizaron como consecuencia de la inundación de ese mismo año, fueron incapaces de evitar que la ciudad de México se anegara en repetidas ocasiones entre los siglos XVII y XVIII.

El 17 de marzo de 1900, el presidente Porfirio Díaz inauguró el sistema de Desagüe del Valle, que continúa en funciones e impide el crecimiento de los cuerpos de agua en el suelo capitalino. Los últimos remanentes de los cuerpos de agua son los sistemas de canales que riegan la chinampería de Xochimilco y Tláhuac, así como los humedales.

A partir de la construcción de las grandes obras que tenían como propósito la desecación de los lagos, la cuenca de México quedó integrada artificialmente a la cuenca del río Moctezuma, que forma parte de la región hidrológica del río Pánuco. La explotación de los recursos hídricos con propósitos de consumo humano e industrial provocaron la desaparición de los manantiales de las zonas aledañas. Durante el siglo XIX, desaparecieron los manantiales de Chapultepec. En el siglo XX, muchos de los manantiales de Xochimilco y Atlapulco fueron canalizados para abastecer de agua al centro de la ciudad hasta su agotamiento. Desde de la década de 1980, los canales de Xochimilco, Tláhuac y Míxquic son alimentados con aguas tratadas de la planta del cerro de la Estrella.

El agua de los ríos que aún bajan al Distrito Federal es conducida al lago de Texcoco o al Gran Canal del Desagüe para ser drenada hacia el golfo de México, a través del sistema Tula-Moctezuma-Pánuco. Los únicos cursos de

agua que sobreviven en la entidad federativa nacen en la sierra de las Cruces o en el Ajusco, y son de poco caudal. Muchos de ellos corren entre barrancas que han sido ocupadas por asentamientos humanos, lo que pone en peligro tanto a los habitantes como a los ecosistemas asociados al río. El más largo de estos ríos es el Magdalena, que corre por el área protegida de Los Dínamos, antes de ser entubada y desembocar en el río Churubusco.

### *Relieve*

Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el territorio del Distrito Federal se localiza en la provincia geológica de Lagos y Volcanes del Anáhuac. El límite norte del Distrito Federal está dado por la sierra de Guadalupe del que forma parte el cerro del Tepeyac. Hacia el centro oriente del Distrito Federal se localiza la sierra de Santa Catarina, una cadena de volcanes apagados cuyo punto más alto es el volcán de Guadalupe o El Borrego, que se eleva 2780 metros sobre el nivel del mar. En algunas descripciones de la geografía capitalina se suele incluir al cerro de la Estrella como parte de la sierra de Santa Catarina.

La planitud del valle de México, en el que se asienta la mayor parte de los habitantes del Distrito Federal sólo es interrumpida por pequeñas lomas y cerros, de los cuales destacan el peñón de los Baños, localizado cerca del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Más al sureste, en la salida a Puebla, se levanta el peñón Viejo.

En el poniente de la ciudad se levanta el cerro de Chapultepec. Es un pequeño monte que marca el inicio de las serranías que recorren desde el oeste hasta el sureste el Distrito Federal, y separan al valle de México de los valles de Toluca y de Morelos. La sierra de las Cruces es parte de ese sistema, de ella bajan la mayor parte de los ríos que aún surcan el Distrito Federal.

Al oriente de la sierra de las cruces se encuentra el volcán Ajusco, que es la cumbre más elevada del Distrito Federal, y da su nombre a la serranía que cierra la cuenca de México por el sur. Esta cadena montañosa pertenece al Eje Neovolcánico y también recibe el nombre de Sierra de Ajusco-Chichinauhtzin. Entre otros, forman parte de ella los volcanes Xitle, Chichinauhtzin, Tláloc y Teuhtli. La serranía del Ajusco aloja varios valles de tierra fría en los que sus pobladores practican la agricultura de trigo, avena y maíz. De ellos los más importantes es la meseta donde se asienta Parres, en Tlalpan; y el valle de Milpa Alta, que sube desde Tecómitl hasta San Pedro Atocpan, entre las faldas de los volcanes Teuhtli y Tláloc.

### *Clima y medio ambiente*

Por su altura sobre el nivel del mar, el Distrito Federal ocupa climas que van desde el templado hasta el frío húmedo y tundra alpina en las partes más altas de las sierras del sur. La temporada húmeda en el Distrito Federal abarca de mayo a noviembre, si bien la pluviosidad es mayor entre los meses de junio y agosto.



Por lo anterior sabemos que la ciudad tiene las características de suelos más difíciles y heterogéneos, por lo tanto la ingeniería civil en sus ramas estructural y sísmica tienen un desarrollo muy grande.

El ser humano, la naturaleza y la cuenca por sus características geológica trasformo. La ciudad de México la cual se divide en tres zonas: la zona de lomas (Zona I), la zona de transición (Zona II), que se encuentra a las orillas de lo que fue el lago, y la zona de lomas.

#### *Características Principales de las 3 Zonas.*

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, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados;

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; y

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

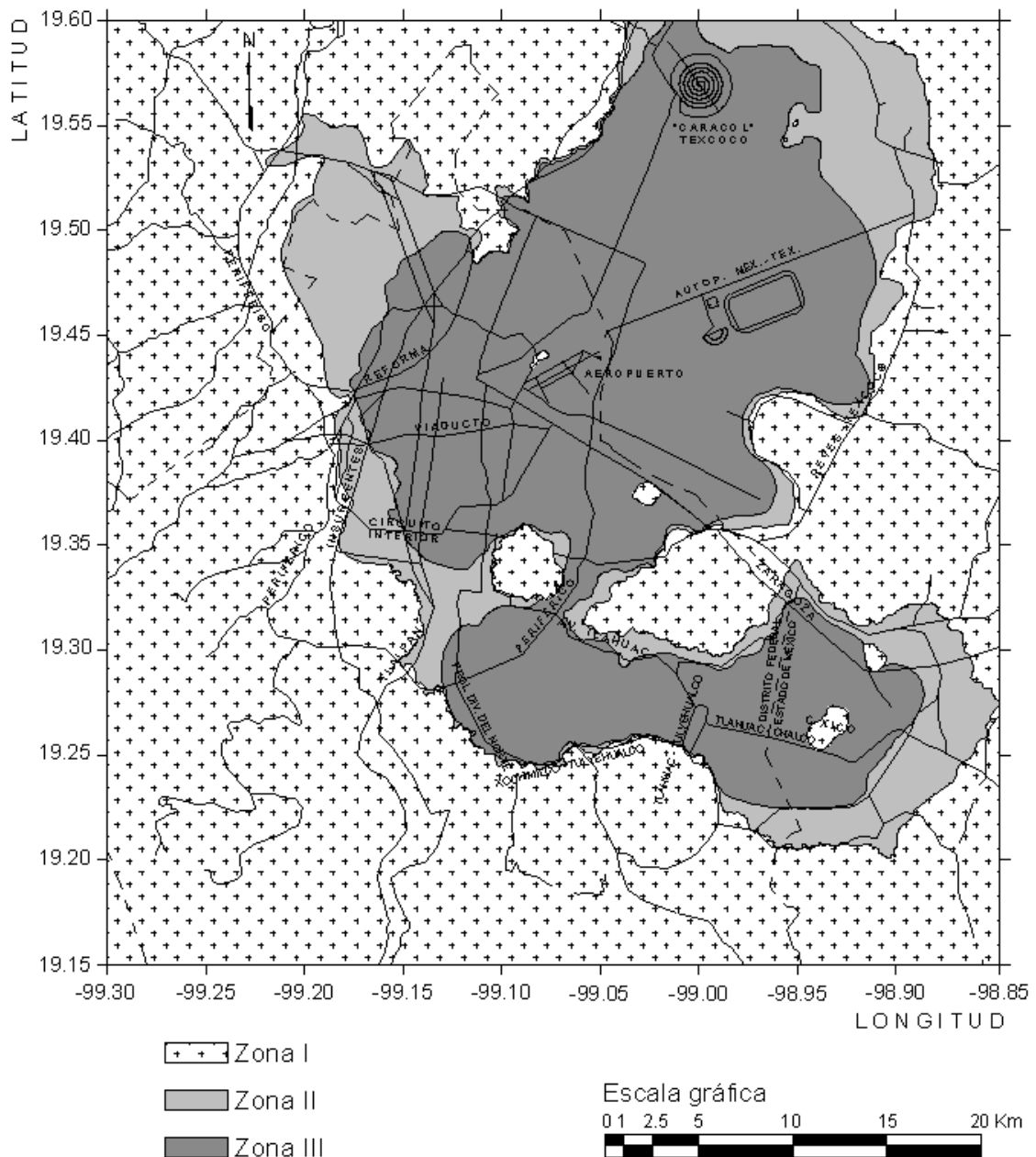


Figura Zonificación geotécnica de la ciudad de México

El Proyecto denominado Reforma N° 27 se encuentra ubicado en el número 27 de la avenida Paseo de la reforma en la colonia Tabacalera, la cual se encuentra en la Zona III, que es la Zona de Lago.

Por lo tanto sabemos que el suelo en donde se encuentra el proyecto es un suelo difícil lo cual hace una cimentación que se puede desarrollar de distintas maneras esto nos deja grandes posibilidades para resolver el problema, en el proyecto se planteo una cimentación profunda que se realizara con muro Milán, tabla estacado metálico y pilas desplantadas en los depósitos profundos a 53.0



## **I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El proyecto denominado “Conjunto Reforma 27”, el cual consiste en la construcción y operación de un conjunto mixto (Habitacional y comercio) distribuido en dos torres de 25 niveles unidas a un mismo cuerpo y basamento, el cual alberga una área comercial en la planta baja, 280 departamentos que van desde 44.49 m<sup>2</sup> hasta 159.51 m<sup>2</sup> en los niveles 2-24 y 639 cajones de estacionamientos en planta baja y 5 sótanos, en el nivel 25 - 26 se encuentra el área de amenidades el cual será de uso exclusivo de los condóminos para la utilización de servicios de recreación, esparcimiento y descanso en donde podrán encontrar alberca, gimnasio, terrazas y áreas jardinadas.

### **I.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO**

#### *Ubicación*

El Proyecto tipo Mixto Reforma 27 se ubica en la Delegación Cuauhtémoc, Numero 27 de Paseo de la Reforma, Colonia Tabacalera, C.P. 06600, México D.F.

El área de construcción es de 38,901.96 m<sup>2</sup> (deptos + comercio + amenidades), sobre el nivel de banqueteta y de 15,694.16 m<sup>2</sup> en estacionamientos bajo nivel de banqueteta + estacionamiento sobre PB; resultando en total 54,596.12 m<sup>2</sup>, desplantado en un terreno sensiblemente plano con una superficie de 3,467.96 m<sup>2</sup>.

El edificio se desplanta en un área de 1,784.15 m<sup>2</sup> dejando un área libre de 1,683.81 m<sup>2</sup>.

La planta de conjunto se resuelve desplantando las torres a partir de la colindancia sur paralela al Paseo de la Reforma, con medidas y normatividades marcadas por el uso de suelo y alineamiento. Igualmente el diseño de las torres permite dar a los interiores de los departamentos una adecuada iluminación, ventilación y vistas agradables.

El edificio esta conformado por dos núcleos de elevadores, 2 núcleos de escaleras, 1 núcleo de montacargas, todos estos cumple con los requerimientos y así mismo están comunicados por un pasillo central que permite el acomodo de los departamentos hacia ambos lados.

El proyecto tiene 9 plantas tipo para los departamentos que se ubicarán dentro de los niveles 2-24.

Existen ocho prototipos de departamentos clasificados de la siguiente manera:

#### *Tipo A*

78 departamentos de 80.62 – 96.60 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala, comedor, cocina un baño completo y una recamara con vestidor.

### *Tipo A1*

52 departamentos de 91.75 – 101.33 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala, comedor, cocina, 1.5 baños y una recamara con vestidor.

### *Tipo A2*

2 departamentos de 91.78 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala con ampliación, comedor, cocina, 1 baño y una recamara con vestidor.

### *Tipo B*

38 Departamentos de 93.97 – 101.74 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala, comedor, cocina, una recamara con baño completo, un estudio y baño para visitas.

### *Tipo C*

54 Departamentos de 131.76 – 159.51 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala, comedor, cocina, una recamara principal con baño completo y vestidor, una recamara secundaria con baño completo, cuarto de estudio y baño para visitas.

### *Tipo C1*

40 Departamentos de 129.84 – 156.20 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: sala, comedor, cocina, 1/2 baño para visitas y dos recamaras con baño completo y vestidor.

### *Tipo D*

2 Departamentos duplex de 118.39 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un dos niveles:

PB: Sala, comedor, cocina, ½ baño.

PA: Recamara con vestidor y baño completo.

### *Tipo E*

12 Departamentos tipo Estudio de 44.49 – 45.28 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: una recamara, comedor, cocineta y un baño completo.

### *Tipo F*

2 Departamentos Tipo Estudio 51.46 m<sup>2</sup> promedio de construcción, resuelto en un solo nivel con altura simple; se componen de: una recamara con mirador, comedor, cocineta y un baño completo.



La Planta Baja o de acceso se ubica arriba del nivel de banquetta con un área de 1,710.01 m<sup>2</sup>, aquí se localiza cuatro áreas comerciales, 2 núcleos de salida de emergencia y 1 vestíbulo de acceso para las torres de departamentos; El acceso peatonal y vehicular es por Paseo de la Reforma.

En la parte posterior se encuentra el jardín destinado para uso exclusivo de los condóminos, con grandes espacios naturales, el diseño botánico consta de diferentes especies de plantas que crean un ambiente de tranquilidad y descanso. Cuenta con una superficie total de 1,387.41 m<sup>2</sup> y una pendiente del 18% la cual tiene un manejo de drenes sofisticado para el cuidado de la losa y el jardín.

En las plantas 2-9 se localizan 10 departamentos por planta siendo de los tipos A, C y C1 con 2, 4 y 4 departamentos respectivamente, en las plantas 10-12 se localizan 14 departamentos de los tipos A, A1, C y E con 2, 4, 4 y 4 departamentos respectivamente, en las plantas 13-20 se localizan 14 departamentos 6 tipo A, 4 tipo A1, y 4 tipo B por planta, en el nivel 21 tenemos 14 departamentos divididos en 4 tipo A, 4 tipo A1, 6 de los tipos B,C y F siendo 2 de cada uno, para el nivel 22 se dividieron en 4 del tipo A, 4 del tipo A1, 4 del tipo B y 2 del tipo A2, el nivel 23 cuenta con 10 departamentos; 4 tipo C, 4 tipo C1 y 2 tipo D, en el nivel 24 se encuentran los tipos C y C1 siendo 4 de cada uno para un total de 280 departamentos en las dos torres, el nivel 25 cuenta con zonas de recreación y esparcimientos contenidas en una alberca con jardín, 1 terraza, 1 cafetería con jardín, núcleos de elevadores y montacargas y áreas de servicios generales.

En el nivel de tapanco esta destinado para el Gimnasio y se encuentra cubierto con una losa de concreto, en el nivel de azotea se encuentra la losa de azotea, que cubre el gimnasio y el resto del área se cubre con una techumbre acristalada o domos translúcidos.

Los ductos verticales para las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y especiales se desarrollan en su mayoría desde la azotea hasta el sótano de estacionamiento y su ubicación logra la mayor eficiencia posible.

El estacionamiento se encuentra distribuido en planta baja (1407.52 m<sup>2</sup>) mas 5 niveles de sótano (bajo nivel de banquetta construidos 15,165.16 m<sup>2</sup>), y algunos de ellos se resuelven con el apoyo de equipos de montacargas (eleva-autos).

*Distribución de cajones por nivel*

<b>PLANTA BAJA</b>	<b>1407.52</b>
Cajones Chicos	79
Cajones Grandes	31
Cajones Discapacitados	0
Subtotal	110
<b>NIVEL-1</b>	<b>3131.73</b>
Cajones Chicos	67

Cajones Grandes	40
Cajones Discapacitados	2
Subtotal	109

<b>NIVEL-2</b>	<b>3223.9</b>
Cajones Chicos	74
Cajones Grandes	42
Cajones Discapacitados	8
Subtotal	124

<b>NIVEL-3</b>	<b>3238.85</b>
Cajones Chicos	74
Cajones Grandes	42
Cajones Discapacitados	8
Subtotal	124

<b>NIVEL-4</b>	<b>3261.56</b>
Cajones Chicos	74
Cajones Grandes	42
Cajones Discapacitados	8
Subtotal	124

<b>NIVEL-5</b>	<b>2309.12</b>
Cajones Chicos	14
Cajones Grandes	34
Cajones Discapacitados	0
Subtotal	48

El proyecto cuenta con 639 cajones de estacionamientos de los cuales 26 son para personas minusvalidas, 382 cajones chicos y 231 para cajones grandes, teniendo un superávit de 3 cajones. Con esto damos cumplimiento a la Normatividad.

En lo referente a acabados del proyecto esta es la propuesta

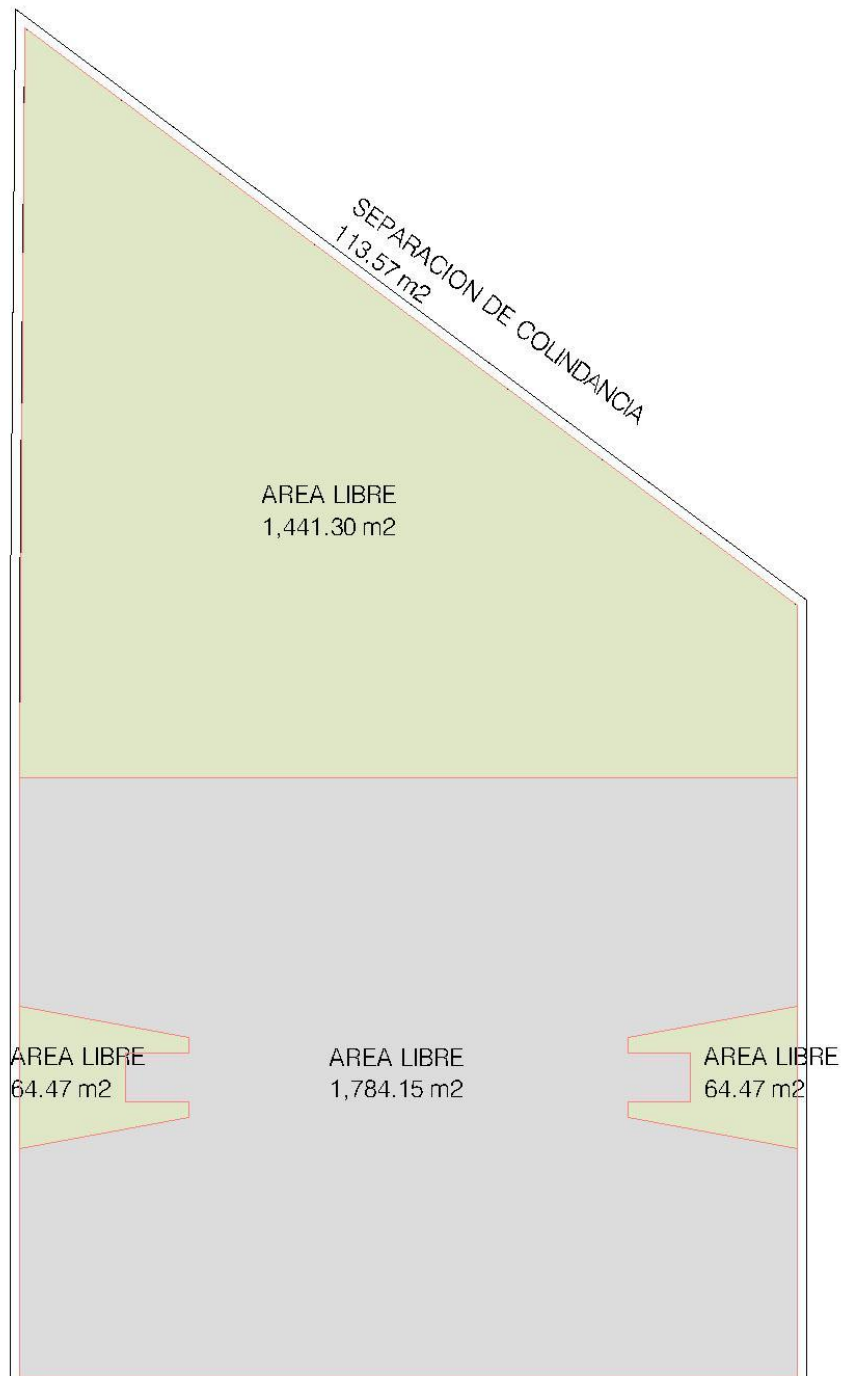
LOCAL	PISO	PLAFON	MUROS
<b>ESTACIONAMIENTO</b>	Firme de concreto aparente, acabado pulido, con juntas hechas con cortadora.	Losa de concreto armado con casetones de poliestireno, con doble cáscara de concreto, acabado aparente sellador transparente brillante en lado inferior.	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros, en una gama de colores ocre y tierra.

LOCAL	PISO	PLAFON	MUROS
<b>VESTIBULO</b>	Mármol negro monterrey de 2 cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero.	Plafón a base de placas de aluminio color blanco.	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros, en una gama de colores ocre y tierra.
<b>CASETA DE VIGILANCIA</b>	Mármol negro monterrey de 2 cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero.	Plafón suspendido con perfiles de aluminio acabado liso color blanco.	Cancel con cristal transparente, marquetería de aluminio.
<b>AMENIDADES / TERRAZA</b>	Deck de madera, a base de duela de ipe de 4" x 3/4" atornillada a bastidor de ptr de 2"x2" sin clavacotes.	Pérgola a base de vigas de madera asentadas sobre estructura de concreto.	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros, en una gama de colores ocre y tierra .mármol negro monterrey de 2 cms de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero sobre muro de concreto armado.
<b>ALBERCA</b>	Deck de madera, a base de duela de ipe de 4" x 3/4" atornillada a bastidor de ptr de 2"x2" sin clavacotes	Pérgola a base de vigas de madera asentadas sobre estructura de concreto. cancel a base de estructura de acero (cold rol) con 2 manos de variprimer y laca automotiva, y cristal transparente.	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros, en una gama de colores ocre y tierra.
<b>DEPOSITO DE BASURA</b>	firme de concreto aparente, acabado pulido, con juntas hechas con cortadora		Muro de concreto armado acbado aparente -espejo, hecha con cimbra de contacto para muros.



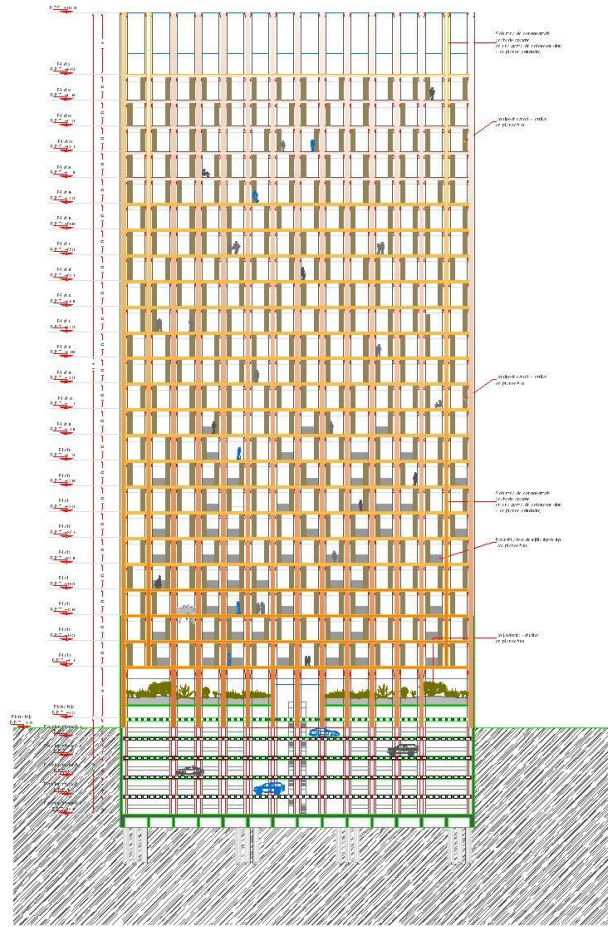
LOCAL	PISO	PLAFON	MUROS
<b>ESCALERAS GRALES</b>	Escalera a base de alfaridas de canales "c" de acero con escalones de lamina antiderrapante de 3/16" con acabado tipo "barra", doblada según diseño. con 2 manos de variprimer primario verde autoacondicionador y 2manos de laca automotiva color gris acero.		Barandal a base de rejilla tipo irving con una altura de 1.10mts.
<b>PASILLOS GRALES (cada nivel)</b>	Mármol negro monterrey de 2 cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero.	Plafón de tablaroca color blanco.	Mármol negro monterrey de 2 cms de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero sobre muro de concreto armado.
<b>AZOTEA</b>	Losa de concreto armado acabado aparente en su lecho inferior con sellador transparente brillante, colada con impermeabilizante integral, y con sistema de impermeabilización a base de manto impermeable prefabricado.		
<b>AREA DE INSTALACIONES (sótano)</b>	Firme de concreto aparente, acabado pulido, con juntas hechas con cortadora	Losa de concreto armado acabado aparente en su lecho inferior con sellador transparente brillante, colada con impermeab. integral	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros.

LOCAL	PISO	PLAFON	MUROS
<b>AREA DE INSTALACIONES (Azotea)</b>	Firme de concreto aparente, acabado pulido, con juntas hechas con cortadora.	Losas de concreto armado acabado aparente en su lecho inferior con sellador transparente brillante, colada con impermeabilizante integral.	Muro de concreto armado acabado aparente-espejo, hecho con cimbra de contacto para muros.
<b>DEPARTAMENTOS</b>	Piso de madera, a base de tablón de 15cms. x 90cms. x 2cms. de espesor, sobre bastidor de madera.	Aislante acústico fijo a losa-acero, recubierto de tablaroca acabado color blanco.	Muro de block cemento arena de 15 x 20 x 40cms. con acabado a base de yeso pulido con cera, color blanco.
<b>DEPTOS BAÑOS</b>	Placa de mármol travertino de 2 cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero.	Plafón suspendido con perfiles de aluminio acabado liso color blanco.	Mármol travertino de 2cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero sobre muro. cancel con cristal translucido, marquetería de aluminio.
<b>PASILLO NIVEL. TERRAZA</b>	Mármol negro monterrey de 2 cms. de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero.	Cancel a base de estructura de acero (cold rol) con 2 manos de variprimer y laca automotiva, y cristal transparente.	Mármol negro monterrey de 2 cms de espesor, pulido sin brillar, sin retapar, asentado con mortero sobre muro de concreto armado.

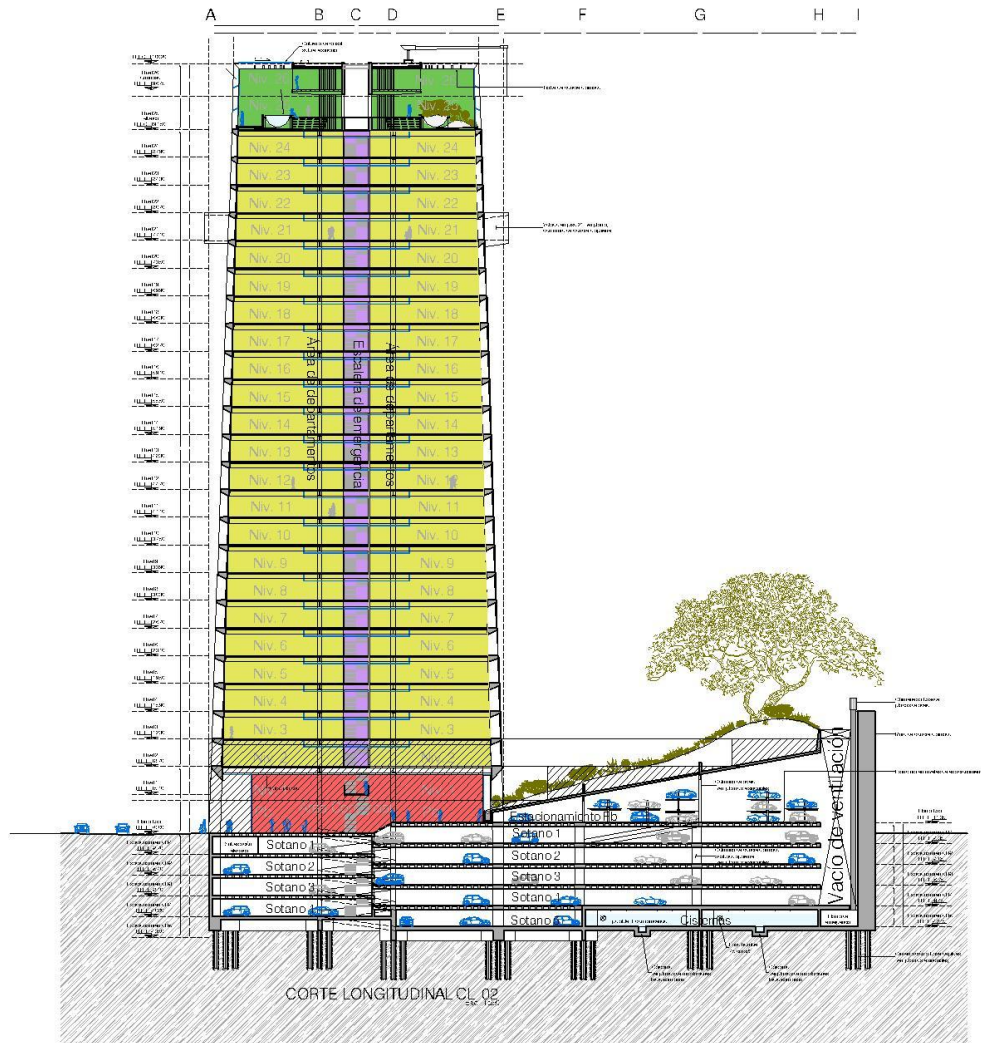


# DESPLANTE

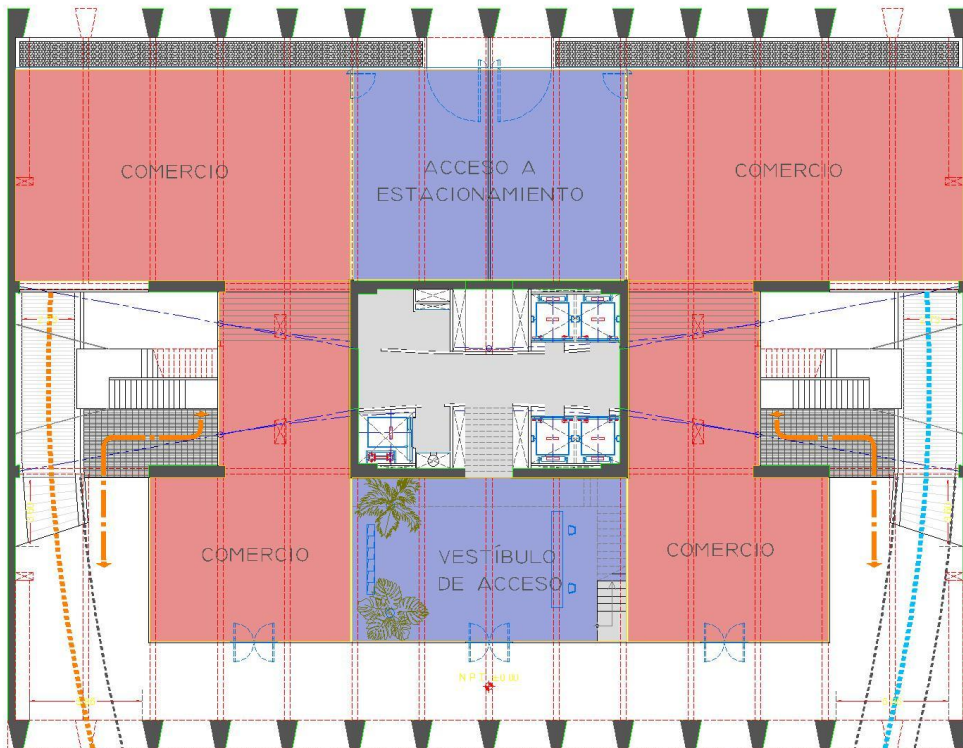
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



FACHADA NORTE

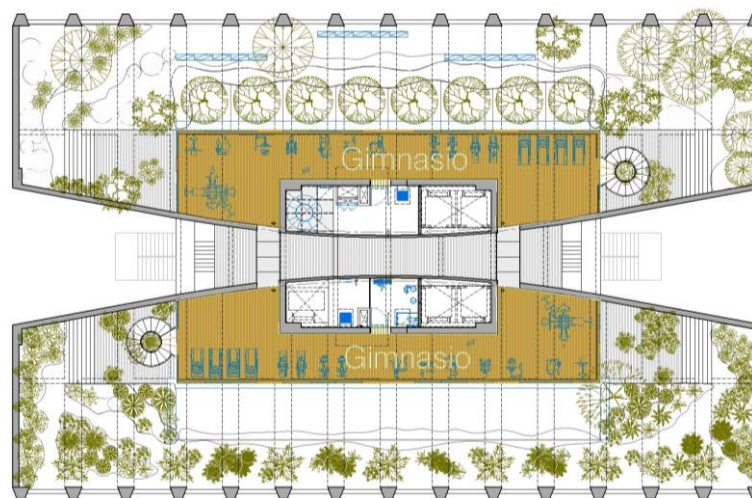
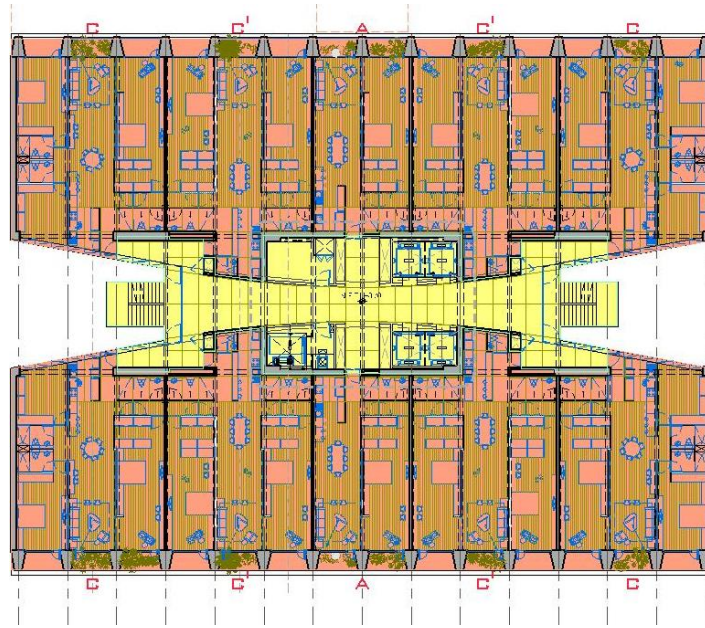


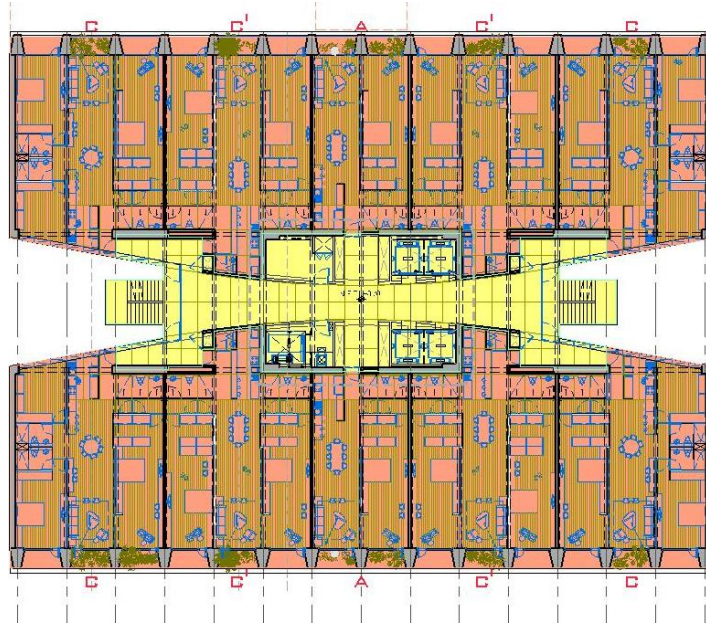
## Plantas Tipo



## Planta Baja Acceso









## II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La finalidad de la cimentación es sustentar estructuras garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales.

Los problemas que se presentan en la cimentación de un edificio o una estructura pueden dividirse en:

- Estudio del material que forma el terreno en que se construirá el edificio.
- Estudio realizado en el laboratorio de mecánica de suelos.

Un cimiento es aquella parte de la estructura que recibe la carga de la construcción y la transmite al terreno por medio del ensanchamiento de su base. La base sobre la que descansa todo el edificio o construcción es lo que se le llama cimientos. Rara vez estos son naturales. Lo más común es que tengan que construirse bajo tierra. La profundidad y la anchura de los mismos se determinan por cálculo, de acuerdo con las características del terreno, el material de que se construyen y la carga que han de sostener.

Clasificación de cimentaciones:

Estas pueden ser superficiales y profundas.

Superficiales:

Son superficiales cuando transmiten la carga al suelo por presión bajo su base sin rozamientos laterales de ningún tipo. Un cimiento es superficial cuando su anchura es igual o mayor que su profundidad, engloban las zapatas en general y las losas de cimentación. Los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas recaen.

Puntuales—zapatas aislada----- aislada, centrada, combinada, medianera, esquina

Lineales—zapatas corridas----- bajo muro, bajo pilares, bajo muro y pilares

Superficiales—losas de cimentación

Ejemplos: zapata corrida de concreto reforzado

Cimentación corrida de concreto ciclópeo

Zapatas comunes o combinadas

Losa de cimentación

Profundas:

Son profundas aquellas que transmiten la carga al suelo por presión bajo su base, pueden ser pilas o pilotes.

El proyecto arquitectónico consistirá de un sótano que ocupara todo el terreno con cuatro niveles en la parte frontal y cinco con la parte de atrás; y sobre el cual se construirá enfrente un edificio con planta baja de doble altura y 24 niveles ocupando un área rectangular de 1850 m<sup>2</sup> mientras que en la parte posterior en un área de 1131 m<sup>2</sup> con una forma trapezoidal se construirá la zona de estacionamiento con planta baja y dos niveles sobre banqueta.

La cimentación será mediante pilas desplantadas en los depósitos profundos a 53 m de profundidad para soportar adecuadamente las concentraciones de carga de cada una de las columnas.

Localización. El proyecto se ubica en el No. 27 de la Avenida Paseo de la Reforma en la colonia Tabacalera; el cual colinda al sureste con Paseo de la Reforma, al suroeste con un edificio de 10 niveles y otro de 4 niveles que sirve de estacionamiento, al norte con un edificio de 10 niveles y al noreste con edificaciones de 3 y 4 niveles.

Considerando las condiciones estratigráficas del sitio, así como las grandes concentraciones de cargas previstas en el proyecto, la solución de cimentación es empotrada en los depósitos profundos y desplantados a 53 m de profundidad con respecto del nivel de la calle.

Se prevé una excavación con profundidad promedio de 15 m que alojara el cajón de estacionamiento para alcanzar el fondo de la excavación es necesario formar taludes estables y soportar las condiciones con muro Milán de concreto reforzado apuntalado.

La parte norte del edificio, en la cual solo se construirá los cinco niveles en sótano quedara sobre compensada; para lograr u comportamiento compatible con la torre deberá reducirse al mínimo la inmersión mediante un anclaje en los depósitos profundos para lo cual se usaran también las pilas propuestas como solución de la cimentación.

## **II.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA CIMENTACIÓN**

### *Muro Milán*

La cimentación de nuestro proyecto se conforma de un muro Milán perimetral, de -23 m. de profundidad, formado de 41 módulos que se construirán de manera que se hace Excavación Muro, Habilitado y Armado de Acero de Refuerzo, Cambio de Lodo Bentonítico, Colocación de Viguetas de Acero, Colocación de Armado de Acero y Colocación de Concreto, los módulos se construyen de manera que sean alternados en una cara y una vez terminados estos se pasa a la siguiente cara para hacerlos igualmente alternados hasta terminar toda la periferia de nuestro predio.

En el diseño de los muros perimetrales están consideradas dos condiciones generales de empuje de tierra. La primera es la condición a corto plazo que se presenta en los muros y soportes durante la excavación y construcción de la cimentación. La segunda condición es la que se desarrollará a largo plazo y que se aplicará a los muros definitivos del sótano.

Los módulos del muro se construyen con el siguiente orden: Modulo 2, 8, 4, 7, 3, 6, 5, 41, 10, 1, 9, 39, 12, 37, 14, 40, 11, 38, 13, 16, 35, 33, 15, 36, 34, 18, 17, 20, 22, 19, 21, 24, 31, 23, 26, 32, 30, 29, 28, 25 y 27.

### *Losa de Fondo (Losa de cimentación)*

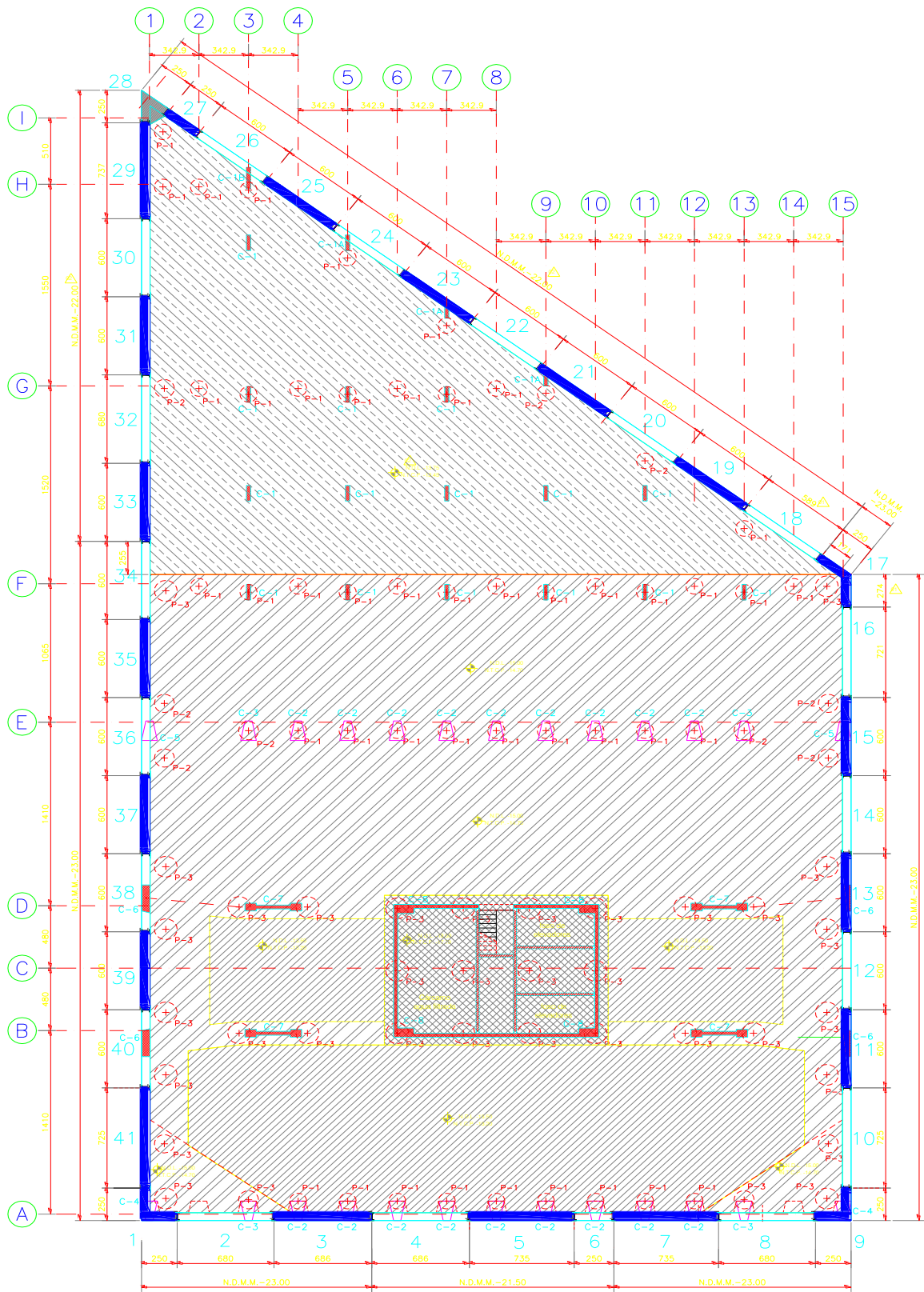
Después de la excavación se llevara acabo la construcción de la losa de cimentación la cual tendrá un espesor de 1.5m.

Las presiones que deberá soportar la losa de fondo, además de las transmitidas por la estructura, serán variables en el tiempo: a) a corto plazo se tendrá la presión de compensación actuante hacia arriba y uniformemente distribuida de  $18 \text{ t/m}^2$ ; b) a mediano plazo actuará la subpresión de  $10 \text{ t/m}^2$  y c) a largo plazo desaparecerán el efecto de compensación y subpresión y la losa de fondo trabajará como losa de entepiso.

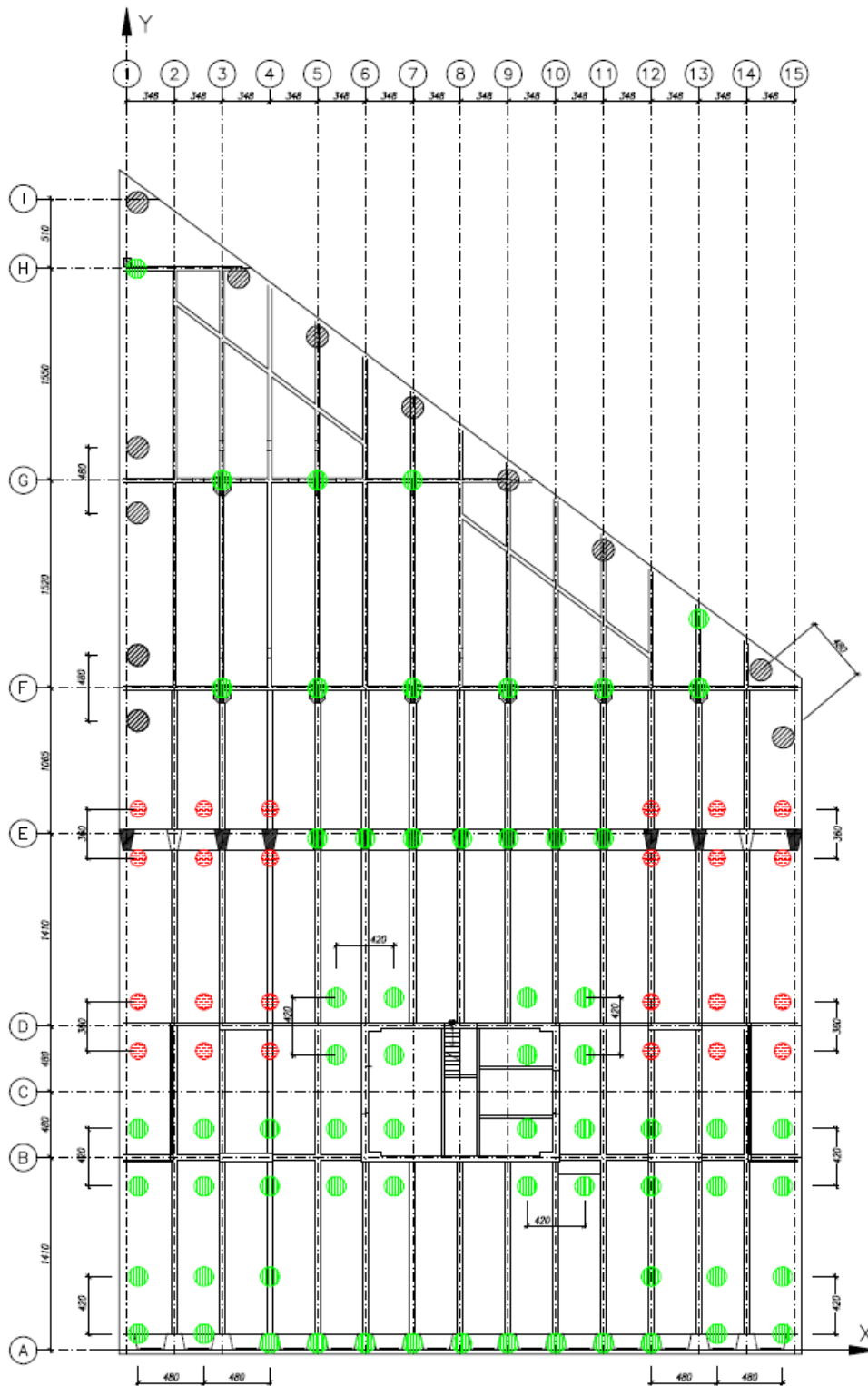
### *Pilas*

También se construirán 90 Pilas de la siguiente manera Perforación de la Pila, cambio de Lodo Bentonítico, Armado de acero, Colocación de Acero de Refuerzo, Vaciado de Concreto, Vaciado de Relleno, una vez terminadas las pilas se van a hincar 2 tablaestacas para dividir el terreno y comenzar con la excavación con troqueles la cual consistirá en 12 Fases para llegar al fondo y se dividirá en tres frentes de trabajo, al llegar al fondo de la excavación se procede a descabezar las pilas para unirlas al armado de la losa de cimentación y después el vaciado de Concreto, para continuar con la subestructura y así concluir con la cimentación del proyecto.

Las pilas soportarán la totalidad de las cargas trasmitidas por el edificio, por lo que están diseñadas estructuralmente para las cargas axiales de trabajo en compresión y tensión, incluyendo los incrementos de carga debidos a la fricción negativa más el peso del elemento de cimentación, sin factor de carga.



Planta del Muro Milán



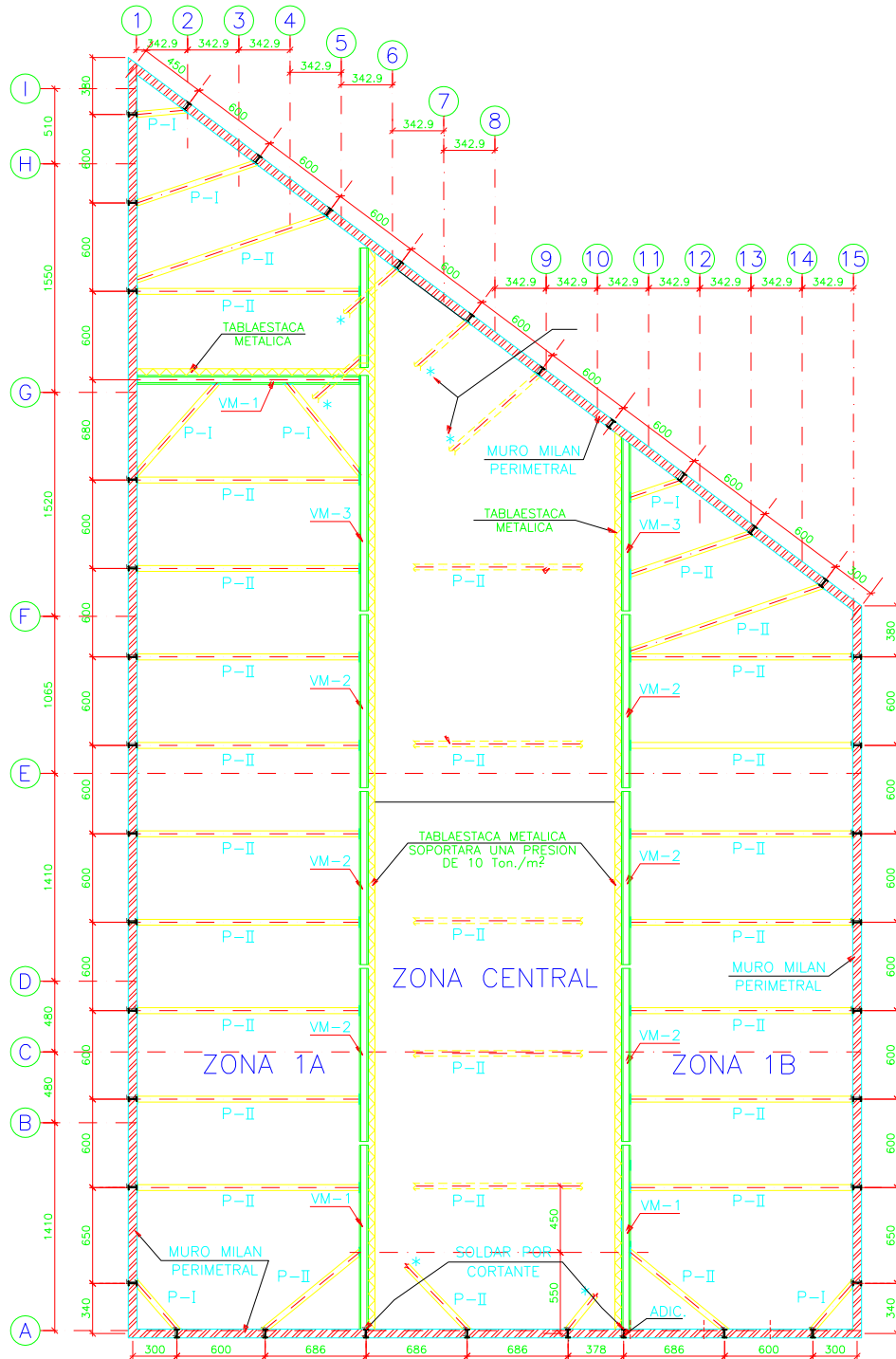
- PILA  $\phi=1.2\text{ m}$
- PILA  $\phi=1.4\text{ m}$
- PILA  $\phi=1.6\text{ m}$

**NOTAS:**

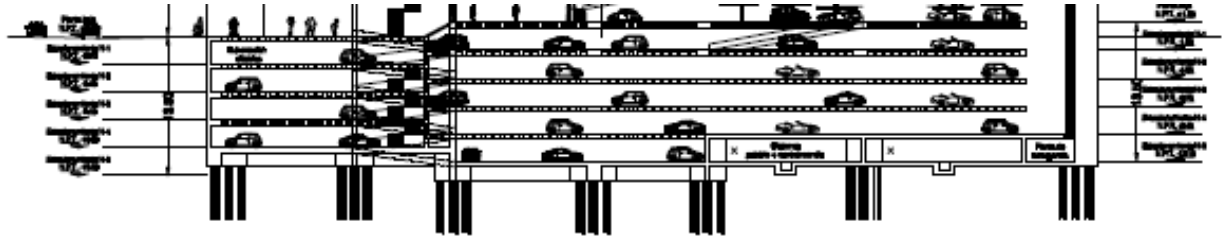
-Por procedimiento constructivo el paño de las pilas perimetrales quedará a 1.0 m del paño del muro milán

-Anotaciones en cm

## Planta de la excavación y construcción de cimentación



Corte longitudinal donde se observa Pilas, Losa de Fondo y Subestructura



CORTE LONGITUDINAL

### **III.- ESTUDIOS PREVIOS**

Para todo proyecto a realizar es necesario hacer estudios previos los cuales nos sirven de guía para poder llevar a cabo una buena planeación y posteriormente el diseño de dicho proyecto a demás de que estos estudios arrojan la información necesaria, que nos sirve para realizar escenarios y conocer las características de cada proyecto, así como su viabilidad económica para lograr obtener un buen proyecto ejecutivo y en consecuencia un proyecto de construcción en el cual se puede predecir casi cualquier fenómeno involucrado en este.

Los estudios previos que abarca un proyecto como este, incluye estudios económicos, como es un estudio de mercado, para conocer las características de la zona y que servicios son necesarios y a que tipo de gente queremos abarcar; los estudios previos de mecánica de suelos nos permiten conocer como esta conformado el suelo donde se va a desplantar la obra y el estudio de impacto ambiental, el cual nos sirve para normalizar un equilibrio entre el proyecto y el medio que lo rodea.

En este tema se hablara solo del estudio de Mecánica de Suelos y el de Impacto Ambiental, ya que son los estudios que infieren en nuestro tema de tesis.

#### **III.1 MECÁNICA DE SUELOS**

El estudio de Mecánica de suelos es el que nos permite estudiar las características del suelo en el cual se va a desplantar la cimentación de la estructura a construir. Este estudio nos arroja la información necesaria para poder diseñar la cimentación que cargara la estructura así como el tipo de cimentación que se desplantara dependiendo el suelo en el que se encuentre.

Este estudio es primordial ya que de este, nos basamos para poder hacer una correcta cimentación y un correcto diseño para que en un futuro no tengamos consecuencias de tipo estructural, sísmico y de hundimientos.

Antecedentes de construcciones en el predio

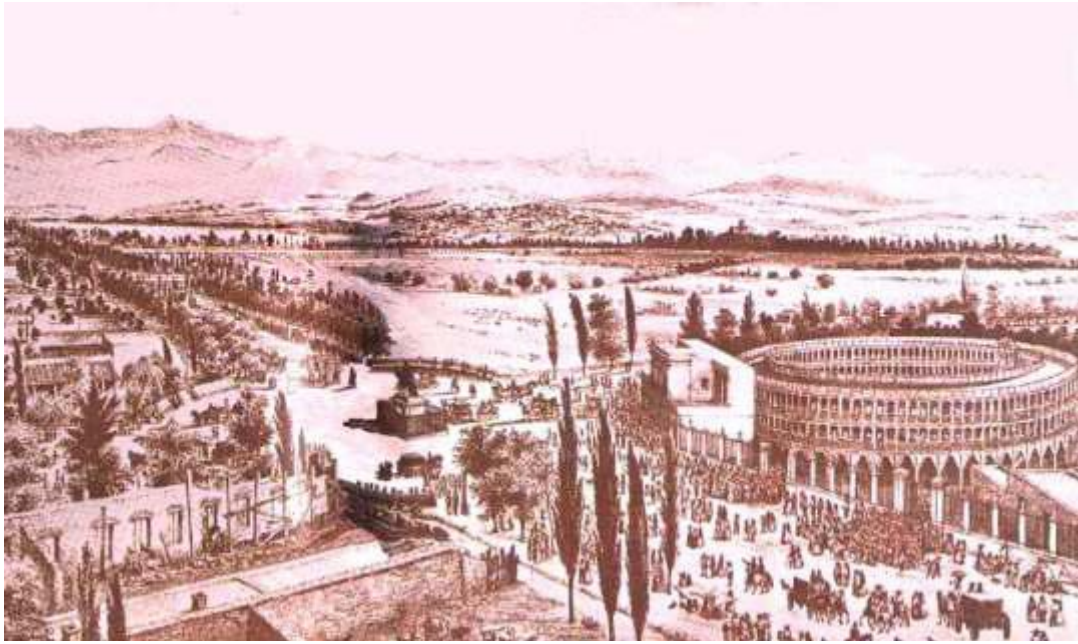
Condiciones actuales.

El predio de Reforma 27 se encuentra baldío, con un firme de concreto en su periferia y al centro un relleno de tepetate compactado que probablemente está cubriendo el relleno que se colocó en el sótano del edificio previamente existente.

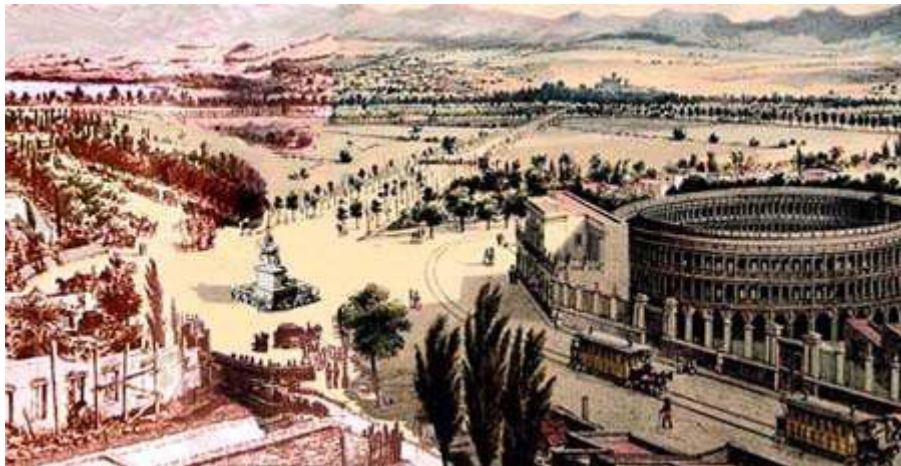
Edificios anteriores.

El Paseo de la Reforma fue proyectado en el año de 1864 y su objetivo fue abrir una vía de comunicación directa entre el Castillo de Chapultepec y el Palacio de Gobierno y se inauguró su primer tramo en el 1865; esta calzada cruzó los terrenos de cultivo de fincas y haciendas ganaderas que existieron en esa época.





La Foto corresponde a una litografía del año de 1856, en la cual se observa la estatua de Carlos IV (“El Caballito”), que daba inicio al Paseo de Bucareli; se observa hacia el poniente terrenos planos.



La Foto representa una litografía del año de 1880, en la cual se aprecia el inicio del Paseo de la Reforma en la cercanía de la estatua de “El Caballito”; para esta época, se continúa con la ampliación de la calzada hasta Chapultepec.



La Foto corresponde al año de 1900, en la cual se observa que se ha concluido la construcción del Paseo y las construcciones que se encuentran a ambos lados corresponden a casas de dos plantas; se ha marcado la ubicación aproximada del predio en estudio.



La Foto muestra la casa típica de finales del siglo XIX que probablemente se construyó en el predio.





En la fotografía aérea de 1936 se aprecia que en el predio existe una construcción al centro del mismo y que se encuentra probablemente rodeada por jardines.



En el año de 1945 el predio ya está ocupado por una construcción que en planta tiene la forma de una letra "H" y que está separado de sus colindancias por unos pasillos; este edificio fue construido entre 1936 y 1945.



La Foto corresponde al año de 1950 y muestra una panorámica del área de la estatua “El Caballito” y en la cual se ha marcado el edificio que ocupó el predio en estudio y que constaba de planta baja, cinco niveles y azotea, tal vez con un nivel en sótano; este edificio probablemente fue remodelado y reforzado debido al sismo de 1957; como dato adicional, el edificio que se encontraba en la esquina de Paseo de la Reforma y Plaza de la República tuvo que ser demolido después del sismo de 1957.

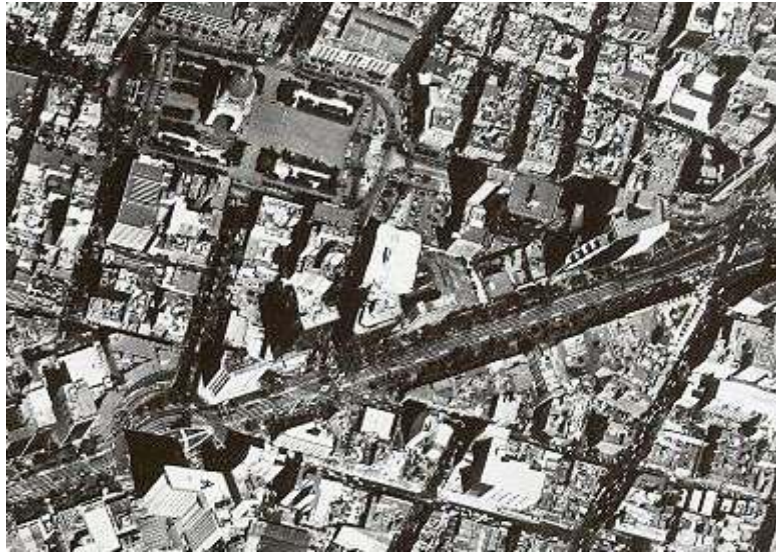




En el año 1985, se aprecia la presencia del edificio que data de antes de 1945.



La Foto, correspondiente al año 1987, se observa que el edificio se mantuvo después del sismo de 1985.



Para el año de 2001 el predio de Reforma N° 27 se aprecia sin construcción; es decir, que entre 1987 y 2001 se llevó a cabo la demolición del edificio.

#### *Condiciones geotécnicas*

#### *Información geotécnica disponible*

Según el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, el predio de Reforma N° 27 se localiza en la Zona III, denominada de Lago; esta zona está asociada al sector no colonial de la ciudad, que se desarrolló a partir de principios del siglo XX y ha estado sujeta a las sobrecargas generadas por construcciones pequeñas y medianas. Se caracteriza por la presencia de una costra endurecida superficial de espesor variable, seguida por grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad.

#### *Hundimiento regional*

Debido a la ubicación y condiciones estratigráficas del sitio, el hundimiento regional registrado en la zona en el período de 1985 a 1995 fue de 10 cm. por año, provocado por el intenso bombeo profundo para abastecer de agua a la ciudad; a este hundimiento contribuyen tanto los depósitos arcillosos superiores como los suelos conocidos como Depósitos Profundos, ya que hay un asentamiento de 11.4 cm./año medido en la superficie de la Alameda Central, el 34% (3.9 cm./año) ocurre en los suelos compactos que se encuentran debajo de 120 m.

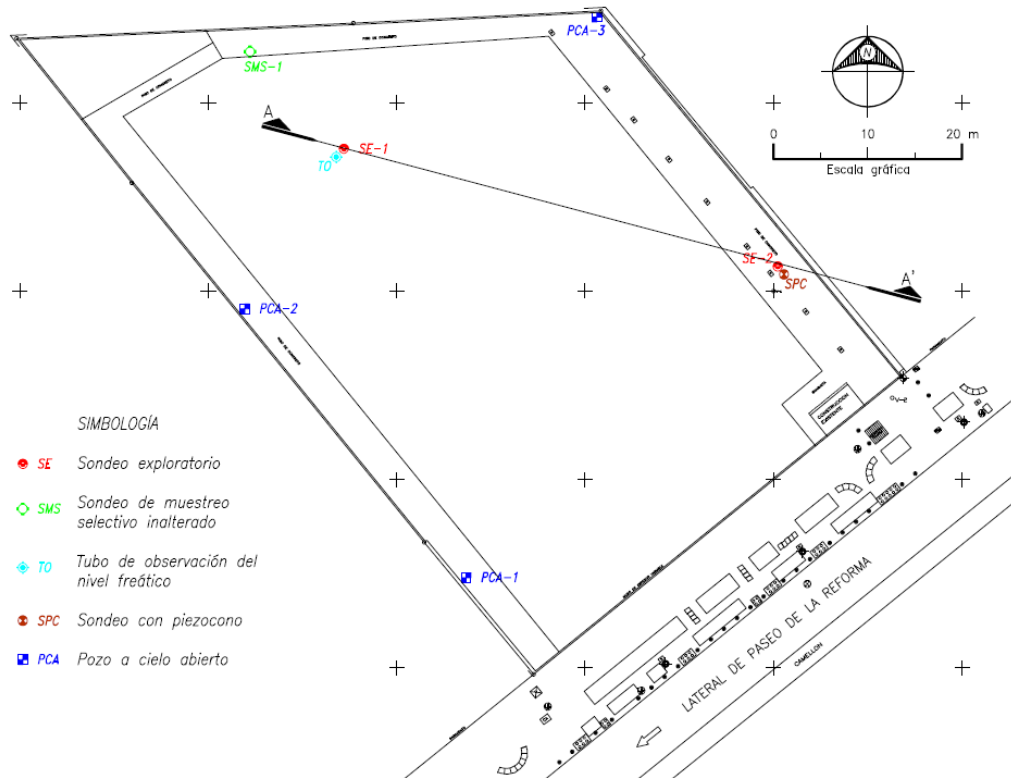
#### *Coefficiente sísmico*

De acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo, el predio se localiza en la Zona IIIb, a la cual corresponde un coeficiente sísmico de 0.45.



## Trabajos de exploración

Para conocer la secuencia estratigráfica del subsuelo se realizaron dos sondeos exploratorios: el SE-1 a 55.0 y el SE-2 a 70.0 m de profundidad, en los cuales se combinaron las técnicas de cono eléctrico y penetración estándar en aquellos estratos en los que el cono no penetró.



En la Fig. se muestra la ubicación de los sondeos realizados.

A partir de los resultados de los sondeos de exploración se programó un sondeo de muestreo selectivo (SMS-1), recuperando muestras inalteradas en los estratos más característicos. Las muestras inalteradas fueron enviadas a nuestro laboratorio con el fin de definir sus propiedades de compresibilidad y resistencia. Con el fin de determinar las condiciones piezométricas en el sitio se realizó un sondeo con piezocono que permitió conocer la presión hidráulica a diferentes profundidades, realizándose diferentes mediciones hasta la profundidad de 67.0 m. Se excavaron tres pozos a cielo abierto (PCA-1 a 3) para definir la profundidad de desplante de la cimentación de los edificios colindantes.

## Ensayes de laboratorio

Las propiedades índices de las muestras extraídas se determinaron por medio de las siguientes pruebas: a) clasificación visual y al tacto, b) contenido de agua y c) límite líquido y plástico.

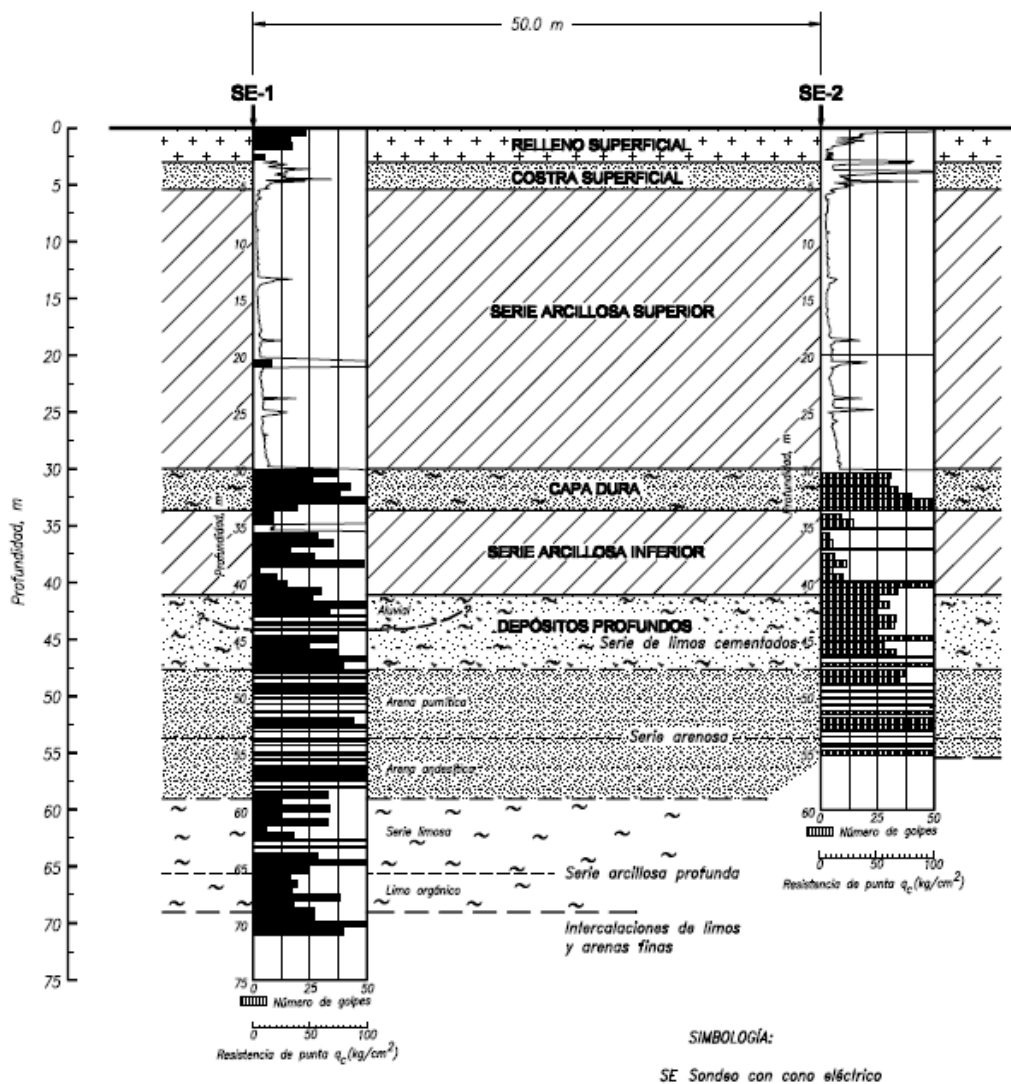
Para medir los parámetros de resistencia y deformabilidad, se realizaron los siguientes ensayos en muestras inalteradas:

- a) Ensaye de consolidación unidimensional
- b) Ensaye triaxial no consolidado no drenado (UU)
- c) Ensaye triaxial consolidado no drenado (CU)

*Interpretación geotécnica*

*Corte estratigráfico*

La estratigrafía del sitio se definió a partir de los sondeos realizados; a continuación se describen los estratos característicos.



La Fig. muestra el corte estratigráfico del sitio.

Relleno. De 0.0 a 3.0 m, constituido por cascajo y limo arenoso.

Costra superficial. De 3.0 a 5.5 m, formada por suelos limoarenosos; la resistencia medida con el cono eléctrico es variable, teniéndose valores de  $q_c$  de  $50 \text{ kg/cm}^2$ .



Serie arcillosa superior. Se extiende hasta 30.0 m de profundidad; corresponde con la secuencia de arcillas de la zona de lago, cuya consistencia varía de blanda a firme conforme aumenta su profundidad y se encuentra intercalada con estratos limoarenosos y arenosos; la resistencia del cono aumenta con la profundidad entre valores mínimos de 3 kg/cm<sup>2</sup> hasta alcanzar máximos de 15 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia al corte no drenada en prueba triaxial (c) varía de 0.34 a 0.95 kg/cm<sup>2</sup>.

Capa dura. Se encuentra entre 30.0 y 33.5 m de profundidad; es un depósito heterogéneo en el que predomina material limoso, con resistencias mayores que la capacidad del cono (100 kg/cm<sup>2</sup>); en la prueba de penetración estándar se registraron valores de número de golpes entre 25 y más de 50.

Serie arcillosa inferior. De 33.5 a 41.5 m de profundidad, está formada por estratos de arcilla preconsolidada por el bombeo profundo separados por lentes duros; la resistencia medida en la prueba de penetración estándar NSPT varía de 3 a 30 golpes y en los lentes duros es de 50 golpes y corresponden a ceniza y vidrio volcánico y arena fina gris. En los suelos arcillosos, la resistencia al corte no drenada en prueba triaxial (c) es del orden de 1.7 kg/cm<sup>2</sup>.

A partir de 41.5 m se encuentran los Depósitos profundos formados por una secuencia de estratos que a continuación se describen.

Tabla 1. Resultados de ensayos triaxiales UU

Sondeo	Prof m	SUCS	$\omega$ %	$e_0$	$G_w$ %	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$c$ kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	$E$ kg/cm <sup>2</sup>	$q_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$N_k$
SMS-1	2.6	CL	63	1.57	97	1.53	0.1	17°	37	---	---
	6.7	MH	423	7.53	100	1.14	0.34	---	28	3.6	8.1
	10.7	MH	345	7.53	100	1.14	0.34	---	28	3.6	10.5
	15.9	MH	382	8.34	100	1.14	0.38	---	44	4.6	12.1
	22.3	MH	276	5.95	100	1.19	0.66	---	124	6.97	10.6
	27.5	MH	260	5.55	100	1.2	0.95	---	189	9.6	10.1
	30.6	SM	30	1.0	78	1.7	0.3	31°	387	---	---
	31.5	ML	35	0.92	92	1.68	1.0	20°	304	---	---
	32.3	ML	35	1.1	80	1.62	1.2	27°	377	---	---
	39.55	CH	136	3.31	98	1.31	1.7	---	156	---	---
45.3	MH	50	1.19	100	1.65	1.9	---	219	---	---	

Tabla 2. Resultados de ensayos triaxiales CU

Sondeo	Prof M	SUCS	$\omega$ %	$e_0$	$G_w$ %	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$c$ kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$	$E$ kg/cm <sup>2</sup>
SMS-1	6.5	MH	291	6.3	100	1.17	0.14	19°	60
	10.5	MH	354	7.69	100	1.14	0.1	18°	45
	15.7	MH	331	7.22	100	1.16	0.2	17°	65
	27.3	MH	283	6.1	96	1.18	0.55	15°	190
	31.7	MH	42	1.23	86	1.6	0.6	27°	265
	45.3	MH	59	1.38	100	1.59	0.8	27°	412

Tabla 3. Resultados de ensayos de consolidación

Sondeo	Prof m	SUCS	$\omega$ %	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$S_s$	$e_0$	$\sigma_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_0$ kg/cm <sup>2</sup>	OCR
SMS-1	6.5	MH	369	1.13	2.19	8.1	0.9	0.67	1.34
	10.5	MH	299	1.16	2.19	6.5	0.92	0.85	1.1
	15.7	MH	324	1.15	2.21	7.18	1.45	1.1	1.3
	22.3	MH	276	1.17	2.2	6.1	2.1	1.76	1.19
	27.3	MH	274	1.17	2.19	6.0	3.3	2.75	1.2
	39.75	CH	110	1.38	2.48	2.76	3.7	---	---
	61.6	MH	144	1.26	2.4	3.65	---	---	---
	67.2	MH	71	1.49	2.34	1.69	---	---	---

Nomenclatura:

Prof; Profundidad de la muestra en metros

$e_0$  Relación de vacíos inicial

SUCS; Clasificación según el Sistema Unificado Clasificación de Suelos

$\omega$  Contenido natural de agua de

$\gamma$  Peso volumétrico natural

$\sigma_c$  ; Esfuerzo crítico (carga de preconsolidación)

$S_s$  Densidad de sólidos

$\sigma_0$  ; Esfuerzo vertical efectivo en el sitio

$G_w$  Grado de saturación

OCR ; Relación de preconsolidación ( $\sigma_c/\sigma_0$ )

$E$  Módulo de Young equivalente

$c$  ; Parámetro de cohesión

$N_k$  Coeficiente de correlación de pruebas  $UU$  a

$q_c$  ; Resistencia de punta del cono eléctrico como eléctrico

De 41.5 a 47.6 m una serie de limos cementados, formada por limos poco arenosos cuyo  $NSPT$  varía entre 25 y 40 golpes; en el sondeo SE-1 se encontró un sustrato de arenas aluviales de 3.0 m de espesor, con resistencia mayor a 50 golpes, y en su parte superior se detectó la presencia de gravas.

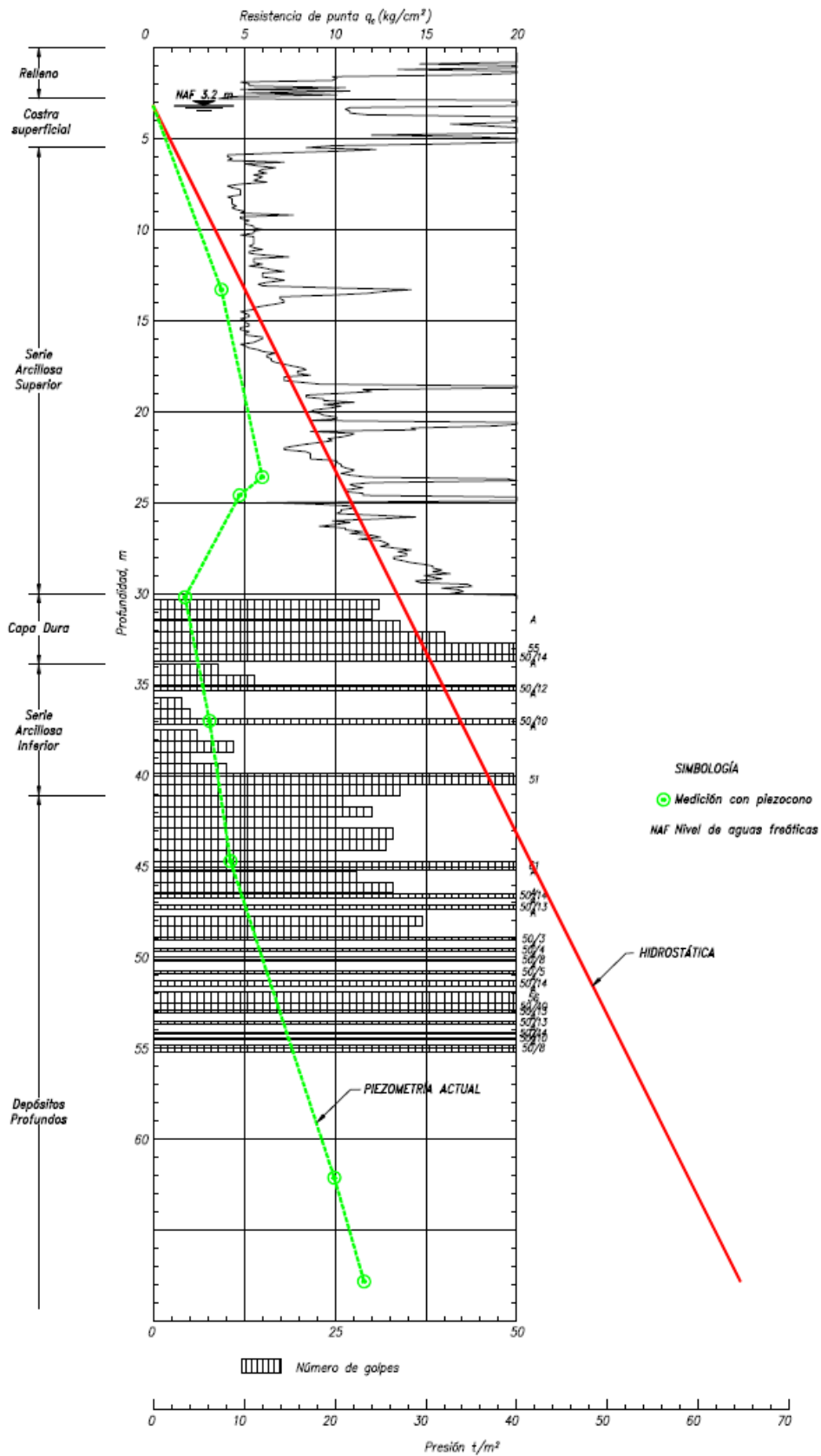
De 47.6 a 59.0 m una serie arenosa, compuesta por dos sustratos: un depósito de arena pumítica compacta café verdoso y gris verdoso con  $NSPT$  variable entre 44 y mayor a 50 golpes, que se extiende hasta 53.6 m; a partir de esta profundidad se tienen arenas compactas andesíticas gris y gris ligeramente rojizo con  $NSPT$  mayor a 50 golpes.

Entre 59.0 y 69.0 m una serie arcillosa profunda, formada por dos sustratos: un depósito de limos café olivo con  $NSPT$  variable entre 6 y 34 golpes, con un lente de arena fina pumítica e intercalaciones de ceniza volcánica, en los cuales el  $NSPT$  es mayor a 50 golpes, que se extiende hasta 65.5 m; a partir de esta profundidad se tiene una secuencia de limos orgánicos café oscuro y gris oscuro, separados por un lente de arena fina y media pumítica, con  $NSPT$  variable entre 16 y 38 golpes.

De 69.0 hasta más de 71.0 m (profundidad máxima explorada), intercalaciones de limos y arenas finas café olivo y café grisáceo, con la presencia de raíces fosilizadas y *NSPT* variable entre 27 y 40 golpes.

*Condiciones piezométricas.*

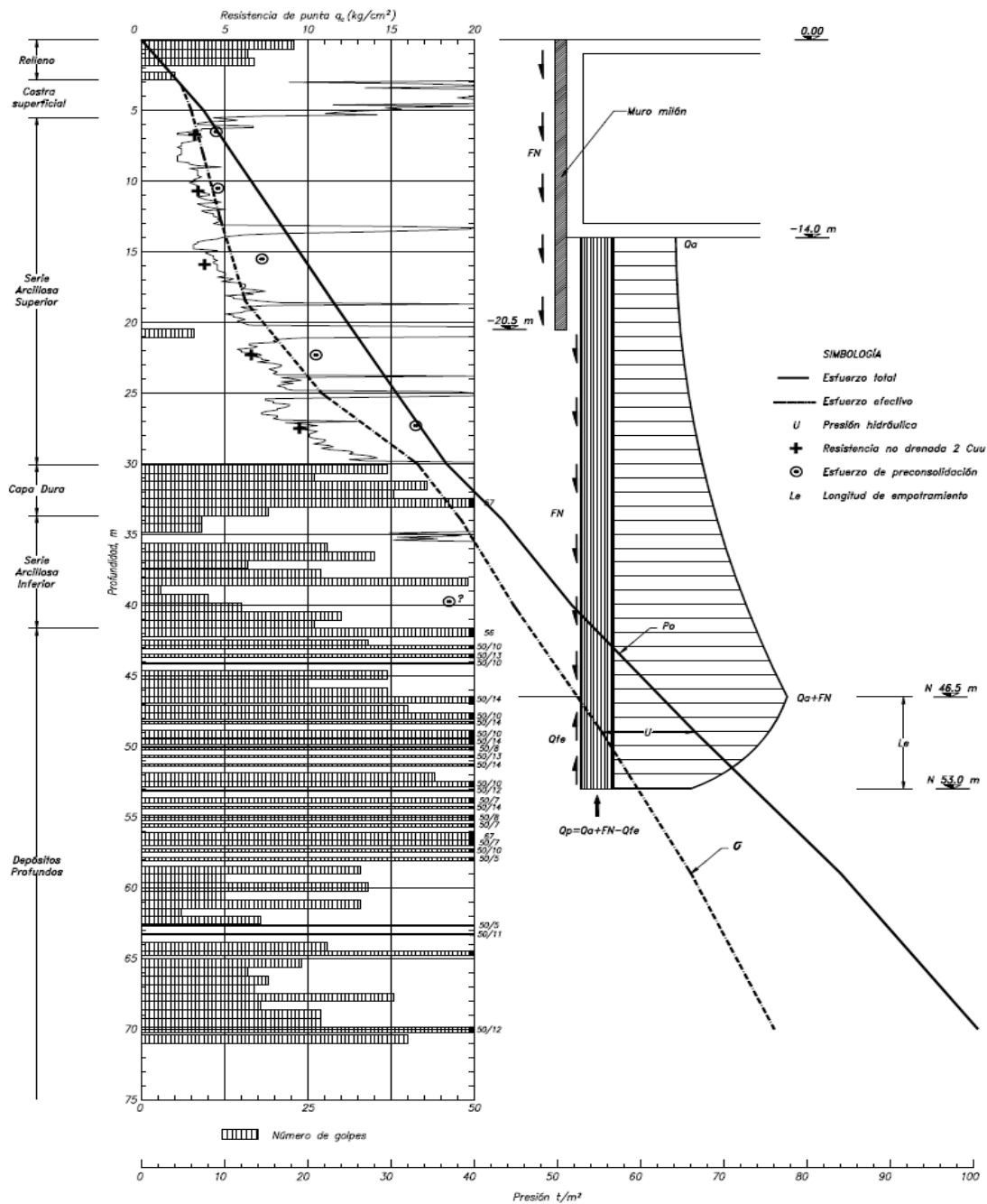
Para precisar las condiciones de la presión de agua del subsuelo en el sitio se realizó un sondeo con piezocono con mediciones en lentes permeables a diferentes profundidades.



La Fig. presenta la distribución actual de la presión hidráulica del subsuelo. La línea roja continua representa la referencia de la distribución hidrostática y la

verde discontinua la presión piezométrica medida referida al nivel freático actual a 3.2 m bajo la superficie; desde esa profundidad se presenta una disminución hasta alcanzar una pérdida de 23.5 t/m<sup>2</sup> en la *Capa Dura* a 30.0 m de profundidad. Al inicio de los *Depósitos Profundos* a 45.0 m se tiene una pérdida de 33.5 t/m<sup>2</sup>; desde esa profundidad se tiene una distribución menor a la hidrostática alcanzando una pérdida de presión a 60.7 m de profundidad de 43.0 t/m<sup>2</sup>. La gráfica de presión de poro contra profundidad muestra que en la serie arcillosa superior se está formando un manto colgado.

### Información geotécnica de diseño



En la Fig. Se presenta la variación de la resistencia de punta del sondeo de cono eléctrico SE-1 con la profundidad, así como los diagramas de esfuerzos totales y efectivos; éste último muestra la misma tendencia que la gráfica de resistencia  $qc$ , con un incremento de resistencia con la profundidad generado por el abatimiento piezométrico registrado.

También se ha graficado la resistencia no drenada y el esfuerzo de preconsolidación; ambos presentan una tendencia igual a la registrada con el cono; en la figura se aprecia una zona de arcillas normalmente consolidadas entre 7.0 y 26.0 m de profundidad.

### *Análisis y diseño geotécnico de la cimentación*

#### *Solución de cimentación*

Considerando las condiciones estratigráficas del sitio, así como las grandes concentraciones de cargas previstas en el proyecto, la solución de cimentación serán pilas empotradas en los depósitos profundos y desplantadas a 53.0 m de profundidad respecto del nivel de la calle.

Además, se prevé una excavación con profundidad promedio de 14.0 m que alojará el cajón de estacionamiento; para alcanzar el fondo de la excavación es necesario formar taludes estables y soportar las colindancias con una tablestaca o muro Milán de concreto reforzado apuntalado.

La parte norte del edificio, en la cual sólo se construirán los cinco niveles en sótano, quedará sobrecompensada; para lograr un comportamiento compatible con la torre deberá reducirse al mínimo la emersión mediante un anclaje en los depósitos profundos, para lo cual se usarán también las pilas propuestas como solución de cimentación.

### III.2 IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de Impacto ambiental se rige a través de las normas establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente para la construcción, es el que nos ayuda a conocer las características de nuestro proyecto en materia de basura generada, gasto de agua, ruido máximo permitido, la forma y el lugar a transportar residuos y materiales de construcción, el tipo de tratamiento del agua durante la construcción y en también durante la operación, el porcentaje de espacios libres, la altura máxima de proyecto, así como conocer el giro de los comercios.

Este estudio es importante ya que en este nos da a conocer los aspectos a considerar para no desequilibrar al medio que rodea al proyecto; así como lograr una correcta utilización de los recursos naturales.

Con fundamento en los artículos 53 fracción II de la Ley Ambiental del Distrito Federal y 67 fracción II del Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo, se otorga a favor de la empresa la AUTORIZACION CONDICIONADA en materia de Impacto Ambiental para la realización del proyecto denominado “CONJUNTO REFORMA 27”, el cual consiste en la construcción y operación de un conjunto habitacional distribuido en dos torres de veintitrés niveles unidas a un mismo cuerpo y basamento, que albergarán doscientos ochenta departamentos tipo residencial, con comercio en planta baja y seiscientos treinta y nueve cajones de estacionamiento distribuidos en cinco sótanos y la planta baja, que en su conjunto tendrá una superficie total de construcción de cincuenta y cuatro mil novecientos ochenta y ocho punto cuarenta y dos metros cuadrados (54,988.42 m<sup>2</sup>), desplantados en mil setecientos noventa y cuatro punto catorce metros cuadrados (1,794.14 m<sup>2</sup>), en un predio con superficie de tres mil cuatrocientos sesenta y siete punto noventa y seis metros cuadrados (3,467.96 m<sup>2</sup>), ubicado en Av. Paseo de la Reforma número 27, colonia Tabacalera, delegación Cuauhtémoc.

Se presentó la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General, referente al proyecto denominado “CONJUNTO REFORMA 27”, el cual consiste en la construcción y operación de un conjunto habitacional distribuido en dos torres de veintitrés niveles unidas a un mismo cuerpo y basamento, que albergarán doscientos ochenta departamentos tipo residencial, con comercio en planta baja y seiscientos treinta y nueve cajones de estacionamiento distribuidos en cinco sótanos y la planta baja que en su conjunto tendrá una superficie total de construcción de cincuenta y cuatro mil novecientos ochenta y ocho punto cuarenta y dos metros cuadrados (54,988.42 m<sup>2</sup>), desplantados en mil setecientos noventa y cuatro punto catorce metros cuadrados (1,794.14 m<sup>2</sup>), en un predio con superficie de tres mil cuatrocientos sesenta y siete punto noventa y seis metros cuadrados (3,467.96 m<sup>2</sup>), ubicado en Av. Paseo de la Reforma número 27, colonia Tabacalera, delegación Cuauhtémoc.

Se solicitó la siguiente información adicional:

a) *“Presentar el Plan de Manejo de Residuos en el formato que se encuentra disponible en la página web de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito*

Federal ([www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)), en la sección de trámites como anexo para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad General”.

b) “Mencionar qué giro tendrán los comercios que incluye el proyecto, así como el número aproximado de empleados”:

c) “Memoria descriptiva de las características y operación de la alberca, la cual señale si se requerirá de algún equipo de calentamiento de agua y si se dará algún tratamiento especial para el mantenimiento y limpieza de la misma”:

d) “Mencionar o en su caso aclarar si el consumo de agua del conjunto incluye el gasto de agua requerido por la alberca”:

e) “Proponer una medida de minimización y/o aprovechamiento sustentable en el consumo de agua del conjunto, en la cual se podrá considerar una planta de tratamiento de agua para reuso, pozos de absorción o sistema de captación de agua pluvial para reuso, así como las características de la propuesta”:

f) “Memoria técnica de la instalación de gas para el conjunto y en su caso el comercio, en la cual se mencione la cantidad de almacenamiento y consumo”:

g) “Con fundamento en el artículo 92 del Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo, se deberá presentar la cada responsiva firmada por el prestador de servicios de Impacto Ambiental para el proyecto presentado”:

Se presentó a esta Dirección General la siguiente información:

- Plan de Manejo de Residuos Sólidos con el formato para generadores no sujetos a LADF.
- Programa de mantenimiento de las instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas.

Respecto al punto a).- Se presenta Plan de Manejo de Residuos Sólidos.

Respecto al punto b).- De acuerdo con lo manifestado, en el comercio pretendido se podrán ubicar tiendas de autoservicio, tiendas departamentales, centro comercial y tienda de servicios, con un aproximado de cuarenta y dos empleados.

Respecto al punto c).- Se anexa el proyecto de energía solar elaborado por el Ing. David Mekler, de acuerdo a la Norma NADF-008-AMBT-2005, para el desarrollo ubicado en Av. Paseo de la Reforma No. 27, colonia Tabacalera, delegación Cuauhtémoc.

Asimismo, se informó lo siguiente:

(...)“ la alberca cuenta con una serie de dispositivos para que su agua tenga un saneamiento integral, para ello también se cuenta con un programa de mantenimiento. Se cuenta con una bomba la cual la canaliza a una depuradora la cual funcionará entre 3y 4 horas cada tercer día, los desagües y filtros tendrán una revisión semanal, mientras que el análisis de pH y el cloro libre se realizarán diariamente. Si el nivel de cloro es bajo, se aplicará un tratamiento



*de choque y posteriormente se volverá a medir. Se asegurará que el nivel de cloro libre se encuentre dentro del margen 1.0-3.0 PPM. Se establecerá una rutina semanal para limpiarla alberca y mantener el equilibrio de las sustancias químicas. Un tratamiento de choque soluciona y evita la mayor parte de los problemas de la alberca. Se medirá el pH y el nivel de cloro libre del agua de la alberca y se aplicará un tratamiento de choque semanalmente en caso necesario”.*

Respecto al punto d).- El consumo de agua total del conjunto será de 226,386.24 litros por día y la alberca se llenará una sola vez con 168, 000 litros.

Respecto al punto e).- Se indica que el proyecto del Sistema Alternativo de Aprovechamiento de Agua Pluvial a implementarse en el predio ubicado en Av. Paseo de la Reforma No. 27, colonia Tabacalera, delegación Cuauhtémoc, ha sido aprobado por dicha Autoridad. Asimismo, se indica que dicho oficio no motiva ni autoriza la Factibilidad del otorgamiento de servicios de agua potable y alcantarillado.

Respecto al punto f) Memoria técnico descriptiva de gas natural para el proyecto en comento.

- Constancia de Alineamiento y Número Oficial, expedida por la delegación Cuauhtémoc, la cual señala que al predio ubicado en Paseo de la Reforma, colonia Tabacalera le corresponde el número 27, se ubica en zona patrimonial y no tiene afectación.

- Certificado Único de Zonificación de Uso de Suelo y Factibilidades, expedido por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda, el cual señala que el predio en comento tiene la zonificación: HM (Habitacional Mixto, 6 niveles, 35% área libre, superficie máxima de construcción de trece mil quinientos veinticinco punto cuatro metros cuadrados (13,525.04 m<sup>2</sup>). Asimismo, tiene las siguientes notas:

*-Aplica Norma sobre Vialidad HM 26/40 (Habitacional Mixto, 25 niveles de construcción, 40% mínimo de área libre) por Norma de Ordenación sobre Vialidad de Paseo de la Reforma, en el tramo M'-N' de Circuito Interior J. Vasconcelos a Eje 1 Poniente Guerrero Bucareli (a excepción de la Glorieta del Ángel de la Independencia). Aplica un 20% de incremento en la demanda reglamentaria de estacionamiento para visitantes, superficie máxima de construcción: 52,019.40 m<sup>2</sup>, sujeta a restricciones.*

-Inmueble colindante a catalogado dentro de los Polígonos de Conservación Patrimonial, aplica la Norma 4; cualquier intervención requiere presentar el Aviso de Intervención o el Dictamen según sea el caso, en la Dirección General de Sitios Patrimoniales y Monumentos de SEDUVI

Se cuenta en el expediente con la siguiente información de tipo técnico:

- Memoria técnica descriptiva del proyecto;
- Exploración geotécnica realizado por la empresa TGC GEQTECNIA, en la cual se determina que el predio se localiza en la Zona III denominada de Lago, tiene un coeficiente sísmico de 0.45, asimismo se recomienda las pruebas correspondientes de campo para obtener propiedades mecánicas *in situ*;
- Plano de infraestructura de red primaria y secundaria de agua potable;

- Plano de infraestructura de red primaria y secundaria de alcantarillado y drenaje;
- Plano de vulnerabilidad y riesgo para el predio del proyecto, en dónde se observa la falla geológica “Las Cruces”.
- Plano de uso de suelo de la zona del proyecto;
- Planos arquitectónicos y de cortes;
- Plano de topografía y anexo fotográfico.

Que el predio del proyecto se encuentra baldío y tuvo el uso de estacionamiento, actualmente se encuentra sin uso alguno.

Que para la preparación y construcción del proyecto se tiene planeada una duración de veintiún meses.

Que el proyecto no contempla la construcción de ninguna obra asociada, sin embargo durante la operación se realizarán contribuciones de reforzamiento de las redes de agua potable y alcantarillado.

Que en las actividades comprendidas para la realización del proyecto se identificaron las que causarán impactos ambientales, entre los que se encuentran:

- Generación de veintiocho mil seiscientos noventa y seis punto treinta y cinco metros cúbicos de excavación de suelo;
- Instalación de infraestructura de apoyo (bodegas, oficinas de obra, tapias de madera para delimitar el predio y letrinas portátiles);
- Utilización de equipo tal como: compresor, retroexcavadora, diez camiones de volteo, perforadora, draga, cortadora de varilla, bomba de concreto, compactadora, vibrador para concreto, equipo de mezclado de bentonita, revolvedora y herramientas de trabajo;
- Contratación de hasta setecientos ochenta y nueve trabajadores;
- Consumo mensual de mil cien litros de diesel y seiscientos de gasolina, para el funcionamiento de la maquinaria, abastecido en las estaciones más cercanas, en caso de requerir su almacenamiento se realizará en un tambo de doscientos litros;
- Consumo de agua tratada hasta por dos metros cúbicos por día;
- Generación de veinte kilogramos por día de residuos sólidos;
- Se generarán emisiones contaminantes a la atmósfera provenientes de la excavación del suelo por el polvo y la generada por la combustión de los motores de la maquinaria utilizada durante el proyecto como son CO, HC, NOx, C02;
- Generación de hasta treinta litros de aguas residuales provenientes de los desechos hidrosanitarios de los trabajadores.

IX.- Que se propone implementar las siguientes medidas para minimizar las afectaciones al ambiente en la etapa constructiva:

- Aplicar el Plan de Manejo de Residuos Sólidos y disponer los residuos generados en sitios autorizados;
- Se colocarán tambos de doscientos litros con tapa para la recolección de los residuos sólidos, y separados en reciclable y no reciclable;

- Riego con agua tratada de las zonas que sean susceptibles de generar partículas de polvo;
- Se implementará un programa de mantenimiento de la maquinaria, que aseguren y garanticen que su operación es óptima, así como establecer calendarios de trabajo para evitar su funcionamiento innecesario;
- Los camiones que participen en el movimiento de tierras, residuos e incluso materiales de construcción, estarán equipados de lonas y no rebasará la capacidad de carga, para evitar la dispersión de partículas o caída de materiales durante el transporte;
- Diseño de las entradas y salidas de los camiones transportistas, para no afectar la vialidad de la zona, así como se contará con personal para orientar las maniobras viales;
- Contratación de personal de limpieza para mantener libre de desperdicios las vialidades circundantes;
- Se verificará que la maquinaria utilizada no rebase los límites permisibles de ruido;
- La caseta utilizada para el resguardo de combustibles y aceites, de ser necesario, se construirá con piso impermeable y debidamente resguardada; y
- Se verificará que las aguas residuales no lleven sedimentos u otro tipo de sustancias catalogadas como peligrosas.

Que durante la etapa de operación y mantenimiento el promovente prevé lo siguiente:

- Uso de gas natural como combustible para el funcionamiento de una caldereta cada ocho niveles, para calentar el agua caliente de las viviendas y otra para la alberca, lo cual generará emisiones a la atmósfera de gases 002, CO y NOx;
- Requerimiento de doscientos veinte seis mil trescientos ochenta y seis punto veinticuatro litros por día de agua potable para la operación de la vivienda y comercio;
- Emisiones de contaminantes tales como CO, 002, HO, NOx, 802 y partículas, provenientes de los vehículos automotores de los usuarios del conjunto;
- Generación de aguas residuales domésticas, en un gasto aproximado de dos punto sesenta y cuatro litros por segundo;
- Operación de un Sistema de captación y reuso de agua pluvial; y
- Operación de una alberca de ciento sesenta y ocho mil litros.

Que de las más de diez mil toneladas de NOx que se emiten al año en el Distrito Federal, aproximadamente el treinta y cuatro por ciento es generada por la combustión de gas LP y natural en casa habitación, misma que genera una emisión de veintitrés y veinticuatro por ciento de partículas PM10 y PM 2.5, respectivamente.

Que se identificó que el proyecto permite optimizar el ordenamiento territorial y propiciar el desarrollo de la vivienda en la zona al reciclar predios subutilizados, asimismo se generan empleos en el ramo constructivo, de servicios y comercio.

Que anexo al estudio de Impacto Ambiental, se presentó el Plan de Manejo de Residuos Sólidos y una vez analizado se determinó que técnicamente tiene deficiencias para su integración al expediente y pueda considerarse en la

evaluación, toda vez que se indica que se generarán 88,703,480.99 kg/día de residuos de la excavación de obra civil en general (RMEDCE), lo cual se contrapone a los 28,696.35 m<sup>3</sup> de excavación de suelo manifestado en el estudio de impacto ambiental y al programa calendarizado de generación de residuos sólidos en donde se indica la generación de 43,023.72 kg/día.

Asimismo, se pretende su disposición final en el Bordo de Xochiaca y no se desarrolla el cumplimiento de la Norma Ambiental NADF-007-RNAT-2007, referente al reciclaje de al menos el treinta por ciento de los residuos de construcción aprovechables y el reuso de al menos el diez por ciento de los residuos de excavación generados, ya que se hace referencia a un predio ubicado en Santa Fe, el cual no corresponde al del proyecto.

Determinar y promover el uso de plantas de tratamiento, fuentes de energía, sistemas y equipos para prevenir las emisiones contaminantes en el Distrito Federal, así como fomentar el cambio en tecnologías compatibles con el ambiente.

Que la Ciudad de México está identificada como una de las zonas que presentan situaciones críticas respecto al abasto del agua, con fuentes superficiales prácticamente agotadas, por lo cual este recurso se extrae principalmente de dos fuentes primordiales: el acuífero de la Cuenca de México y de los Sistemas del Alto Lerma y del Cutzamala convirtiéndose esto en un problema complejo de vulnerabilidad del equilibrio ecológico, que en caso de no ser atendido traerá graves consecuencias para sus habitantes, ante el crecimiento y expansión incontrolada de la población y la incesante demanda del líquido.

Implementar durante la operación del proyecto, el sistema de calentamiento del agua de la alberca por medio del aprovechamiento de la energía solar, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Ambiental NADF-008-AMBT-2005.

Que la vegetación urbana participa en la regulación y definición de las características climatológicas de la ciudad, favorece el incremento de la humedad, ayuda a disminuir el ruido, olores desagradables y la contaminación atmosférica, además, contribuye al mejoramiento de la fisonomía y paisaje urbano por poseer valores estéticos generales y particulares, y en consecuencia beneficios sociales y psicológicos en la población. Por tal motivo y dado el efecto ambiental benéfico de la presencia de vegetación en las ciudades, es deber de esta Dirección General, promover acciones relacionadas a su crecimiento dentro del Distrito Federal.

Que para la evaluación en materia de Impacto Ambiental del proyecto denominado "CONJUNTO REFORMA 27", se consideraron los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio, el Programa de Desarrollo Urbano vigente en la delegación Cuauhtémoc, las normas y demás disposiciones jurídicas aplicables.

La obra deberá apegarse en todo momento a las disposiciones y restricciones establecidas en el Certificado Único de Zonificación de Uso de Suelo y Factibilidades, el cual señala que el predio en comento le *“Aplica Norma sobre Vialidad HM 25/40 (Habitacional Mixto, 25 niveles de construcción, 40% mínimo de área libre). Aplica un 20% de incremento en la demanda reglamentaria de estacionamiento para visitantes, superficie máxima de construcción: 52,019.40 m<sup>2</sup>, sujeta a restricciones”* Asimismo, los giros en el comercio que se pretende desarrollar deberán estar permitidos por la tabla de uso de suelo del Programa de Desarrollo Urbano de la Delegación Cuauhtémoc.

*‘Las personas físicas y morales que construyan desarrollos habitacionales de más de 20 viviendas, deberán cumplir el pago por concepto de aprovechamientos para que la autoridad competente realice las acciones necesarias para prevenir, mitigar o compensar las alteraciones o afectaciones al ambiente y los recursos naturales, a razón de \$28.42 (veintiocho pesos 42/100 M.N.) por metro cuadrado de construcción’* salvo los metros cuadrados destinados a estacionamiento.

Se deberá cumplir con la normatividad ambiental vigente y con cada una de las medidas de Prevención, Mitigación o Compensación de los Impactos Ambientales Adversos Identificados, propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental citadas en el apartado de considerandos y las derivadas de esta Resolución Administrativa que se indican a continuación:

## 1. MEDIDAS GENERALES.

1.1. Se deberá dar aviso del inicio y terminación de las obras; adicionalmente deberán realizar un programa de información y seguimiento sobre el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental, así como de las derivadas de la presente Resolución Administrativa; por lo cual deberá realizar informes semestrales del cumplimiento de las condicionantes de acuerdo con los avances del proyecto, con el contenido mínimo siguiente:

- Periodo comprendido.
- Descripción breve del avance de la obra, relacionado con las actividades efectuadas en dicho periodo relativas al cumplimiento de condicionantes, que incluya esquemas, diagramas y/o porcentajes de avance.
- Descripción del avance y cumplimiento de los programas impuestos en esta Resolución Administrativa.
- Tabla resumen en la que se refleje claramente el cumplimiento de las condicionantes establecidas en la presente Resolución Administrativa, acreditando tales hechos con fotografías con su respectivo pie de foto y su relación con el avance de la obra.

1.2. Se deberá presentar un Programa de Plantación y Arquitectura del Paisaje, a la Dirección de Reforestación Urbana, Parques y Ciclovías, desarrollado en

las zonas susceptibles localizadas dentro y/o alrededores del predio, independientemente del pretendido espacio jardinado en la azotea, utilizando las especies recomendadas en el Anexo B de la Norma Ambiental NADF-006-RNAT-2004, cuya cantidad establecerá la citada Autoridad; queda prohibida la siembra de especies exóticas que por sus características morfológicas y su relación con otras especies puedan causar afectación en el sano crecimiento de otras, bienes inmuebles e infraestructura de servicios públicos.

1.3. Se deberá realizar el estudio de Mecánica de Suelos en el predio del proyecto tal como se recomienda en la Exploración Geotécnica realizada por la empresa TGC GEOTECNIA, debiendo presentar a esta Dirección General previamente al inicio de obras, la copia simple de dicho estudio para integrarse al expediente.

1.4. La autorización de la planta de tratamiento de aguas residuales, se deberá ingresar un informe Preventivo, que deberá contener además de lo solicitado en el formato correspondiente, los elementos de carácter técnico que en forma explícita definan y justifiquen la selección y alcance de un sistema de tratamiento, entre ellos los siguientes tópicos:

- Caracterización fisicoquímica y biológica del agua a tratar. Por lo que en base a la naturaleza de la obra, se pueden definir la caracterización, utilizando referencias bibliográficas;
- Parámetros de diseño;
- Descripción de las operaciones y procesos fisicoquímicos utilizados en el sistema de tratamiento;
- Planos;
- Materiales y sustancias utilizadas en la operación de la planta;
- Efectividad de tratamiento;
- Descripción del manejo de los sólidos resultantes en su caso;
- Deberá informar del uso que se dará al agua tratada, considerando como porcentaje mínimo de reuso el cincuenta por ciento de la capacidad de la planta de tratamiento, estableciendo al efecto las actividades y usos.

1.5. Se deberá tramitar ante el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Órgano desconcentrado de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal; la Factibilidad Técnica de Servicios.

1.6. Toda vez que se utilizará la energía solar para el calentamiento del agua de la alberca con que contará el proyecto, conforme a las especificaciones de la Norma Ambiental NADF-008- AMBT-2005, se deberá presentar previamente a la conclusión de la obra e instalación del sistema.

1.7. Se deberá cumplir durante las obras de construcción y operación del inmueble pretendido, con la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-005-AMBT-2006, que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, de aquellas actividades o giros que para su operación requieran maquinaria y equipo que generen emisiones sonoras al ambiente, que corresponden a:

Horario	Límite máximo permisible
6:00 h. a 20:00 h.	65 dB (A)
20:00 h. a 6:00 h.	62 dB (A)

Se deberá cumplir que:

- *Toda operación de carga y descarga de mercancías u objetos que se realice en la vía pública, el responsable de la operación no deberá rebasar un nivel de 95 dB (A) de las 7:00 hrs. a las 22:00 hrs. y 85dB (A) de las 22:00 hrs. a las 7:00 hrs.”*

Por todo lo anterior, en el sitio de construcción se deberá contar con las medidas técnicas necesarias para el cumplimiento de esta disposición, entre las que pueden ser el uso de barreras construidas con materiales que permitan un aislamiento acústico suficiente para que el ruido generado en el interior del inmueble, no rebase los niveles permitidos. En tal virtud se informará los elementos técnicos que se consideraron para el cabal cumplimiento de esta Disposición.

## II. PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN.

II.1. En el predio se debe contar con los señalamientos preventivos, informativos y/o restrictivos, acordonamientos, tapiales o elementos de protección de colindancias y vía pública.

II.2. Podrán instalarse dentro del predio temporalmente bodegas, comedor para el personal y/u oficinas de residentes, debiendo reducir al mínimo el área de su establecimiento y ubicarse en zonas que hayan sido alteradas con anterioridad. Al concluir los trabajos, se deberá proceder a su desmantelamiento y retiro total, así como la limpieza del terreno afectado.

II.3. Se debe cumplir con el número de sanitarios portátiles, excusados o letrinas, será uno por cada veinticinco trabajadores o fracción excedente de quince.

II.4. Queda prohibido realizar actividades de reparación o de mantenimiento del equipo o maquinaria ocupado durante la construcción del proyecto en el interior del predio.

II.5. Se deberán usar pinturas y recubrimientos libres de plomo y sin solventes, asimismo deberá colocar las protecciones necesarias para evitar que las radiaciones ultravioleta que emite la soldadura eléctrica sean visibles desde el exterior del predio.

II.6. Se debe tener en el predio tambos de doscientos litros, para que los trabajadores de la obra depositen los residuos sólidos generados. Los residuos orgánicos se diferenciarán en tambos de color verde, gris los de tipo reciclables y anaranjado los residuos de otro tipo, además cada uno de estos tambos deberá contar con su respectiva leyenda de forma que sea visible.

II.7. Los responsables deben transportar los escombros generados en la obra en vehículos cubiertos con lonas, que eviten su dispersión durante su traslado al sitio de disposición final, asimismo, deberán programar y controlar las rutas que serán utilizadas por los camiones transportistas de materiales y residuos relacionados al proyecto; procurando que sean las más convenientes a fin de evitar conflictos viales.

II.8. Con la finalidad de minimizar las emisiones contaminantes generadas por los vehículos utilizados durante la obra, éstos deberán cumplir con las siguientes normas:

NOM-004-AMBT-2004, que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles para vibraciones mecánicas, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras en el Distrito Federal.  
NOM-041-SEMARNAT-1999, que regula las emisiones a la atmósfera generada por los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-045-SEMARNAT-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

II.9. Para minimizar las emisiones de ruido, gases y humos a la atmósfera, es necesario exigir a los transportistas que cumplan con: los tiempos de afinación y mantenimiento de sus vehículos de carga así como los requerimientos de verificación vehicular. Además se deberá solicitar a los contratistas apagar los motores de los camiones de transporte de materiales, así como de la maquinaria utilizada cuando ello no sea necesario.

II.10. Con el fin de evitar la generación de polvos dentro del predio, debido al continuo movimiento de tierras producto de las obras inherentes al proyecto, se deberán regar con agua tratada las zonas más susceptibles a generar dichas partículas. Por lo anterior, debe ingresar a esta Dirección General dentro de lo solicitado en el punto 1.1, los comprobantes que acrediten la contratación del servicio de transporte de agua tratada al sitio del proyecto.

II.11. Se deben establecer y ejecutar las medidas precautorias y técnicas tendientes a proteger la vida e integridad física de los trabajadores y la de terceros, para lo cual deberá cumplir con lo establecido en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

II.12. Queda prohibida la disposición de cualquier tipo de residuo sólido o líquido, producto de alguna etapa del proyecto, en particular de la excavación del predio, en áreas públicas y en áreas de valor ambiental, como son parques y jardines, plazas jardinadas o arboladas, jardineras, zonas con cualquier cubierta vegetal en la vía pública, alamedas y arboledas, promontorios, cerros, colinas, elevaciones, depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas rurales de producción forestal, agroindustrial o que presten servicios ecoturísticos, barrancas, zonas de recarga de mantos acuíferos y las demás áreas análogas.

II.13. Con excepción de las maniobras que sean indispensables para la carga y descarga de materiales, queda estrictamente prohibido estacionar vehículos de



carga permanentemente sobre las calles aledañas al predio, debiendo informar a los operadores de los vehículos relacionados a la obra de tal restricción.

II.14. Los residuos peligrosos generados durante esta etapa como pueden ser residuos de solventes, envases que contuvieron materiales peligrosos y en general cualquiera que se catalogue como residuo peligroso de acuerdo a su clasificación y a los listados correspondientes, quedarán sujetos a las disposiciones establecidas en los siguientes ordenamientos jurídicos federales: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

II.15. El área del predio destinada al resguardo de solventes, pinturas, aditivos, aceites, combustibles, etc., deberá ser protegida con materiales impermeables que eviten la posible contaminación del suelo y subsuelo en el caso del derrame accidental de éstos, no obstante que dichas sustancias, deben estar almacenadas en recipientes cerrados en óptimas condiciones que garanticen que no existirán fugas.

II.16. En caso de que resulte necesario el desalojo de las aguas del nivel freático:

- Se prohíbe arrojarlas o descargarlas a la calle o a coladeras pluviales;
- Se deberá obtener el permiso de la autoridad competente e instalar con la debida anticipación un albañal que conecte al drenaje;
- Se deben colocar filtros de retención de los sólidos en suspensión para evitar el azolve del alcantarillado.

II.17. Se deben instalar los accesorios que garanticen la optimización en el uso del agua, por lo cual, las instalaciones hidráulicas de muebles tales como son sanitarios, lavabos y fregaderos en su modalidad de regaderas o aireadores, según sea el caso, deberán tener llaves de cierre automático y aditamentos economizadores de agua, NOMX-C-415-ONNCCE- 1999; los excusados deberán tener una descarga máxima de seis litros en cada servicio, NOM009-CNA-2001; los mingitorios tendrán una descarga máxima de cuatro Otros por servicio, NOM-005-CNA-1996; así como, los gastos establecidos en la NOM-008-CNA-1998, que se reproducen a continuación:

Regadera Tipo	Limite inferior		Límite superior	
	Gasto mínimo Lts/mm.	Presión Kpa (kgf/cm <sup>2</sup> )	Gasto mínimo Lts / mm.	
Baja presión	20(0.2)	4.0	98(1.0)	10.1
Media presión	98(1.0)		4J0 588 (6.0)	
Alta presión	294 (3.0)			

II.18. Se deberán colocar ventanas con cristales que permita el aislamiento acústico y una baja absorción de calor en los interiores de las torres, con la finalidad de reducir costos por la operación de equipos de climatización y por consecuencia disminución en el consumo de energía.

### *III. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.*

III.1. Se deberá consultar si la actividad que se realice en el comercio requiere del trámite de la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal, de ser así se deberá tramitar y obtenerla.

III.2. Con la finalidad de evitar desperdicio de agua potable debido a fugas en las tuberías de conducción, se debe revisar periódicamente el sistema hidráulico. Asimismo, se deben fomentar entre los habitantes, buenas prácticas ambientales en el uso de dicho recurso.

III.3. Las instalaciones eléctricas deben ajustarse a las disposiciones establecidas en las Normas Técnicas Complementarias respectivas, así como recibir mantenimiento periódico con el fin de evitar incendios u otro tipo de incidentes. Asimismo, es recomendable el uso de lámparas fluorescentes que cuenten con sistema ahorrador de energía.

III.4. Para eficientar el consumo de energía, se sugiere que las divisiones de las áreas de comercio con las mismas necesidades de iluminación sean lo más amplio posible, para una mejor distribución del flujo luminoso y/o utilizar materiales transparentes para intercambio de luces, así como la aplicación en la medida de lo posible de colores claros y superficies lisas.

III.5. Se deberá contar con un sistema de ventilación de extracción e inyección de aire para mantener libre de contaminantes los sótanos de estacionamiento.

III.6. Los calentadores de agua que requieran como combustible gas licuado o natural, utilizados en las viviendas, deberán cumplir con el setenta y dos por ciento como mínimo de eficiencia térmica en calentadores, lo cual se establece en la Norma Oficial Mexicana NOM003-ENER-2000, con el fin de incrementar el ahorro de energía y la preservación de recursos energéticos.

III.7. Los residuos sólidos urbanos generados en la operación y mantenimiento del inmueble, deben ser depositados previamente a su recolección por el servicio público de limpia, en un área destinada y acondicionada para tal fin, que deberá incluir contenedores acordes a las normas sanitarias respectivas y al volumen estimado de generación diaria, los cuales además, deberán servir para depositar residuos orgánicos e inorgánicos en forma separada, con el fin de facilitar su aprovechamiento y disposición final, o bien, llevar aquellos residuos sólidos valorizables directamente a los establecimientos de reutilización y reciclaje.

III.8. Se debe elaborar y promover entre los usuarios del inmueble, un Programa de Protección Civil y presentarlo ante la Unidad de Protección Civil correspondiente, a fin de obtener su visto bueno.

III.9. El inmueble pretendido deberá contar con las instalaciones, equipos y medidas preventivas necesarias para evitar incendios, como es una red de extintores, ubicados en lugares fácilmente visibles. El diseño, selección, ubicación e instalación de los sistemas contra incendio, deberá estar avalada por un Corresponsable en el área de seguridad.

III.10. Se deberá contar con un programa de regulación y mantenimiento respecto a las instalaciones de gas utilizado en estufas o quemadores del comercio en el caso que se requiera, así como de las condiciones generales de higiene, a fin de que se cumpla con los lineamientos de salubridad correspondientes.

III.11. La instalación, suministro, almacenamiento y mantenimiento del equipo de gas natural, deberá apegarse a la Normatividad correspondiente y estar supervisadas por personal capacitado en la materia, esto con el fin de evitar un evento no deseado y ajeno a la operación normal del proyecto autorizado.

III.12. Con la finalidad de evitar taponamientos y contaminación al drenaje, se deberá colocar a la salida de sus drenajes de los comercios, un sistema de retención de sólidos y grasas, principalmente en los comercios que manejan productos perecederos, así como en las áreas que cuenten con comedor, Asimismo, deberán proporcionar mantenimiento periódico a dichos sistemas y contar con una bitácora de auto inspección, en la cual se registrará la fecha y tipo de mantenimiento.

III.13. De ser el caso, las áreas destinadas a la venta de alimentos preparados deberán contar con los equipos que se estimen necesarios para la ventilación y extracción artificial de aire, o en su caso con equipos de captación directa a la fuente como son campanas y extractores.

III.14. Para la instalación y operación de subestaciones eléctricas en el proyecto, se deberá considerar la NOM-113-SEMARNAT-1998, que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

III.15. En el mantenimiento del espacio jardinado que se pretende, se debe utilizar compuestos orgánicos, o en su caso agroquímicos, fertilizantes o insecticidas, que se encuentren permitidos por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest).

III.16. Se deberá elaborar y aplicar un Reglamento Interno de Condóminos, en el cual se estipule el respeto a las áreas libres del predio.

## **IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN Y LA SUBESTRUCTURA**

En este capítulo se revisará el procedimiento utilizado para construir la cimentación así como las actividades que se tuvieron que realizar antes de tener la losa de cimentación puesta.

También se verá el proceso constructivo de la subestructura que servirá de estacionamiento subterráneo.

### **IV.1 TRABAJOS PREPARATORIOS PARA LA EXCAVACION, CIMENTACION Y SUPERESTRUCTURA.**

Los trabajos preliminares antes de comenzar son:

1. Habilitado de Rutas de acceso a la obra para poder meter los camiones y material
2. Trabajos en el predio de la obra: Demoliciones, Acarreos, Nivel del terreno - 1.50
3. Instalación de Planta de Lodo Bentonítico
4. Suministro de Acero de refuerzo para muro milán y pilas de cimentación
5. Llegada de maquinaria pesada para la ejecución de los trabajos



Antes de proceder a realizar la excavación debieron realizarse las siguientes actividades:

1. Excavación en la zona donde se encontraba el edificio anterior, para descubrir la profundidad de desplanta del cajón, que se estima a 2.5 m en relación al nivel actual de banqueteta. Demoler y retirar la cimentación de la barda de colindancia del predio y dependiendo de las condiciones que presenten las cimentaciones de las estructuras vecinas se requerirá de ejecutar alguna obra de protección de la misma, probablemente a base de un remamposteo o se protegerán contra el intemperismo con concreto lanzado reforzado con malla electro soldada, lo cual se definirá al momento de realizar las excavaciones correspondientes.
2. Excavación en la zona donde se encontraba el edificio anterior, para descubrir la profundidad de desplanta del cajón, que se estima a 2.5 m en relación al nivel actual de banqueteta.
3. Construcción de los brocales guía para el muro milán hasta una profundidad de 2.0 m.
4. Construcción del muro milán perimetral a 21.5 m en la colindancia con Reforma y hacia la parte norte del predio a 23.0 m de profundidad, en relación al nivel actual de banqueteta.
5. Demoler la losa de fondo y contratraves de concreto que existan en las zonas que interfieran con la perforación para las pilas y el hincado de la tablestaca metálica y retirar los pilotes de madera que se descubran, rellenando los huecos que queden con una mezcla fraguante.
6. En aquellas áreas donde no se haya demolido la losa del sótano se podrá usar como plataforma de trabajo y en aquellas zonas en las que no se tenga dicha losa se formará una plataforma de trabajo de 0.7 m de espesor, con material de banco compactada al 90% de su peso volumétrico seco máximo en la prueba Proctor estándar.
7. Construcción de la trabe de remate en la parte superior del muro Milán que permitirá unir los tableros para que trabajen en conjunto.
8. Hincado de la tablestaca metálica a 23.0 m de profundidad.
9. Construir las pilas que se desplantarán en los Depósitos Profundos a una profundidad de 53 m respecto al nivel actual de la calle. Para estabilizar la perforación se usará lodo bentonítico y el colado de la pila se suspenderá 30 cm arriba del nivel de desplante de la losa de fondo. Se requerirá de un ademe perdible tipo espirotubo que impida el fracturamiento hidráulico de la serie arcillosa superior provocado por la presión que ejercerá el concreto fluido sobre las paredes de la perforación. El resto de la perforación se rellenará con grava o suelo cemento fluido. Los niveles que rigen son los indicados en los planos arquitectónicos. Consultar las especificaciones relativas a la construcción de pilas.
10. Instalación del sistema de bombeo a 19.5 m de profundidad, formado con puntas eyectoras, una punta por cada 50 m<sup>2</sup> y al centro de cada grupo de puntas eyectoras se instalará un tubo de observación a 18.0 m para verificar la



profundidad de abatimiento. El sistema de bombeo se pondrá a funcionar por lo menos dos semanas antes de iniciar la excavación y se deberá verificar que el nivel abatido se ubique por lo menos dos metros por abajo del nivel máximo de excavación.





Procedimiento de excavación de zonas laterales que serán simultaneas, habiendo realizado las actividades preliminares, se iniciara la excavación en el eje a (sobre paseo de la reforma) dirigiéndose hacia la colindancia norte.

Fase I.- primero se excavara hasta el nivel -3.00m con una amplitud de 11.5m. Rematándola con un talud de 45%. Una vez que se libere el espacio suficiente se colocaran las vigas de ademe en el nivel -2.5m. con los troqueles correspondientes antes de continuar la excavación.

Fase II.- continuar con la excavación hasta el nivel -6.0m. Con el perfil que se indica en corte mostrando la secuencia de excavación, y una vez que se libere el espacio suficiente se colocaran las vigas de ademe en el nivel -5.5m. Así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.

Fase III.- se continuara la excavación hasta el nivel -9.0m con el perfil que se indica en el corte de excavación, y una vez que se libere el espacio suficiente se colocaran las vigas de ademe, junto con los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.

Continuando con la excavación, se llegara al fondo de la excavación en niveles -12.0m. y -13.5m; después de colocar troqueles 50cm; arriba del lecho alto de la losa de cimentación, se excavara hasta el lecho bajo de la losa donde se colocaran plantilla para armar y colar la losa de cimentación.

En zona de nivel -12.0 hay dados sobre pilas con 3.0m. De peralte, al excavar en esa posición, deberá troquelarse el muro Milán contra la losa ya colada utilizando viguetas con claros cortos que se dejan ahogadas al colar el dado. La presión en el troquel será de 10 ton./m. por el área tributaria que reciben.

Procediendo en esta forma, conforme se cuelan losas de cimentación, se armaran y colaran columnas y muros, pudiendo eliminar las líneas de troqueles mas bajas de niveles -11.5m. y -13.0m. Y preparar el cimbrado para armar y colar losas en niveles -9 y -10.5m. En cuanto estas losas alcancen el 80% de su resistencia se retiraran los troqueles y vigas de ademe en niveles -8.5m. y -10.0m. Continuando el colado de muros y columnas para recibir las losas de niveles -6.0m. y -7.5m. Procediendo en esta forma se colaran las losas del nivel -3.0m. y -1.5m. Eliminando troqueles y vigas de ademe en la medida que las losas adquieran el 80% de su resistencia.

Cuando se tengan coladas las losas de niveles -3 y -1.5m. En zonas laterales, se iniciara la excavación en la zona central procediendo en la misma forma y en etapas sucesivas que en zona laterales, en esta zona central ya no se utilizaran vigas de ademe y troqueles excepto frente al eje a y en la colindancia norte, por lo que se retiran también la tablestaca metálica entre ejes.

Una vez terminados todos los trabajos de excavación se comienza con la construcción de la losa de cimentación y posteriormente la subestructura que servirá como estacionamiento.



## **IV.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

En este punto se analizará el procedimiento constructivo de la cimentación el cual se define como los pasos a seguir para poder plasmar con congruencia el desarrollo físico de la obra que llevara cada etapa en la construcción así como los materiales, maquinaria, herramienta y personal calificado necesarios para cada etapa de la misma.

Procedimiento constructivo en general:

En forma general consistirá en una excavación en todo el terreno para desenterrar las cimentaciones existentes, la ubicación topográfica de los pilotes de madera, extracción de los pilotes de madera en los puntos donde ubiquen pilas y muro Milán o tablestaca, formar una plataforma de trabajo, construcción de las pilas y muro Milán, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de bombeo, excavación hasta el nivel de desplante de la losa de fondo, construcción del sótano y de la superestructura.

La instalación del muro Milán se realizará desde el nivel de banquetta, por lo que la construcción del brocal guía ayudará a proteger las colindancias; dependiendo de las condiciones de las cimentaciones.

Procedimiento Constructivo Detallado:

Aquí pondremos también las primeras etapas de planeación para poder llevar acabo la realización del proyecto o también llamadas actividades preliminares.

1.- Visita al lugar: Esto es ver físicamente el lugar donde se pretende realizar la obra, esto nos va a permitir ver los accesos para la maquinaria que vamos a utilizar, el tamaño y la condición en la que se encuentra el terreno para poder elaborar la planeación de la cimentación y la obra en general.

2.-Estudios preliminares: Son todos aquellas pruebas a las que voy a someter el terreno para saber como esta formado y su capacidad de carga, así como ver la normatividad que rige el lugar para los estudios ambientales y demás estudios necesarios.

3.- Planeación de la Obra: Es una actividad que permite conocer en cierta forma las actividades que conforman un proceso productivo y es muy importante tener en cuenta la organización de la obra. Para planear la obra se debe tomar en cuenta , el proyectar la planeación, , tomar en cuenta experiencias e ideas de otros, la habilidad para simplificar planes, redactar en forma precisa el plan de ataque, hacer constante pruebas de verificación y obtener la aprobaciones requeridas.

En esta parte del procedimiento se van a revisar todos los estudios para dar la mejor solución a la cimentación y demás aspectos a revisar, también es en este punto donde se ven cuales son las mejores alternativas para hacer el movimiento de tierras y hacer los programas de obra.

4.-Llegada a la obra: Es aquí cuando llega la maquinaria a utilizar, el material se coloca donde van a estar los talleres y el acomodo de las cosas para dejar los accesos bien definidos y que no se vaya a tener problemas posteriores.

5.-Instalación de campamentos: Se requiere el montar lugares para poder realizar las actividades, pueden ser las oficinas así como también para resguardar el material y para tener los servicios necesarios para la realización de la obra como son baños, servicios médicos, comedores, áreas para habilitado de acero, etc.

6.-Desmante y despalme:

Desmante; esta actividad consiste en el derribe de árboles y arbustos, troncos, etc. Se usan tractores empujadores (Bulldozer)

Despalme; Esta actividad consiste en la eliminación completa de cubierta vegetal existente en la zona de trabajo se puede hacer con el Bulldozer.

7.-Excavación a 1.5m: Este trabajo consiste en hacer una excavación perimetral a la obra de 1.5 metros para la construcción de los brocales que servirán de guía para la excavación del muro Milán, así como para proteger las colindancias.

8.-Muro Milán:

Para el muro Milán es necesario hacer una excavación de -23 m. con una almeja guiada, llenarla con lodo bentonítico, montar dos vigas de acero que sirven de junta, meter la parrilla de acero y por último colar el concreto empezando en el fondo y ascendiendo poco a poco.

Proceso de construcción y elementos de Muro Milán.

Zanja guía y brocales

La zanja guía es una ranura en la superficie del terreno de ancho igual al muro más la tolerancia que permita el paso de la almeja de excavación, en cuanto a la profundidad de la zanja, usualmente se iguala al espesor de material superficial suelto. Esta zanja se protege con un revestimiento que se le conoce como el brocal, que refuerza esa parte superior de la excavación; las funciones de la zanja guía con brocal son:

- a) Precisar la posición topográfica de los muros incluyendo los ángulos y las curvas necesarias.
- b) Comprobar que no hay instalaciones municipales, ductos o cables en la traza el muro.
- c) Controlar la operación de excavación obligando a que la almeja entre en la posición correcta.
- d) Estabilizar la parte superior de la excavación y evitar caídos locales.
- e) Confinar el lodo y facilitar el control de su nivel durante la excavación.

- f) Facilitar la colocación de la junta y en caso necesario servir de apoyo para sostenerla.
- g) Soportar la jaula del acero de refuerzo en posición fija para evitar que penetre o se levante.
- h) En caso necesario servir de apoyo al paso de la maquinaria pesada de excavación y maniobra.

La zanja se excava con maquinaria ligera y en caso de tropezar con instalaciones se procede manualmente, esta excavación se realiza hasta una profundidad no menor a 1.5 m ni mayor que la profundidad del nivel freático; en cuanto al brocal mismo lo más usual es hacerlo de concreto reforzado.

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto, de concreto reforzado colado en el lugar; en general el refuerzo se puede hacer con malla electro soldada 6x6-10/10; un detalle que siempre se debe tener es el de colocar juegos de pares de orejas para sujetar la jaula del acero de refuerzo, que la mantienen en su posición y evitan que descienda porque se hunda en el fondo o ascienda durante el vaciado del concreto.

Es importante advertir que la estabilidad de los brocales es casi siempre precaria y que por ello siempre deben mantenerse acuñados con puntales de madera para evitar que se muevan horizontalmente, estos puntales se retiran durante la excavación y de ser necesario se vuelven a colocar hasta que se inicie el vaciado del concreto.



## Lodo bentonítico

El profundizado de las zanjas guía o brocales, se realiza excavando el tramo entre tableros hasta el nivel de desplante de los muros milán, se hará manteniendo siempre el nivel del lodo no más de 50 cm. abajo del borde superior de los brocales.

Los lodos tienen como función estabilizar las paredes y el fondo de la excavación por presión hidrostática, la cual es superior a la del manto freático no sólo por la diferencia de densidades entre el lodo y el agua sino también por la diferencia de cargas. El faldón del brocal aísla de la excavación los rellenos superficiales y los depósitos más permeables y deleznable de la capa superficial, que se encuentran arriba del nivel freático principalmente; lo que se encuentran debajo de éste quedarán sujetos al empuje del lodo. Éste tenderá a infiltrarse en los materiales más permeables separándose parte del agua libre y quedando una costra plástica de residuo de bentonita llamada cake.

El espesor de esta costra es mayor cuanto mayor es el contenido de agua libre en el lodo, pero cuanto mayor es su espesor menor es su resistencia dando por resultado derrumbes o caídos. Lo ideal es que el espesor del cake sea pequeño para que trabaje como una membrana delgada y resistente que contenga al suelo deleznable transmitiéndole las presiones del lodo. Es decir, para garantizar la estabilidad de las paredes de la zanja, especialmente en los materiales deleznable y erosionables de la capa superficial, debe mantenerse esta siempre llena con un lodo cuyas características estén dentro de los márgenes especificados y controlados por pruebas de laboratorio realizados cada hora.

El lodo bentonítico que se utiliza en este caso para estabilizar las paredes de la excavación de la zanja tiene una viscosidad Marsh de 30 a 55 segundos; densidad entre 1.03 y 1.07 medida en balanza de lodos; contenido de arena menor al 3% y un pH entre 7 y 9.5. Para obtener los valores recomendados de densidad y de la viscosidad se realizan mezclas de prueba con diferentes contenidos de bentonita.

Por ningún motivo debe permitirse abatir el nivel del lodo por debajo de los 50 cm. medidos del borde superior de los brocales. Debe preverse las instalaciones para la preparación de lodos y la capacidad de almacenamiento suficiente para cubrir ampliamente las necesidades diarias de la obra; esta amplitud cubrirá un 50% en exceso del volumen de las zanjas por rellenar en el día, para absorber el consumo adicional que se tenga por fugas o pérdidas de lodo por los de los materiales más permeables.

Cuando se percibe cualquier fuga de lodo durante las operaciones de excavación se anota todas sus características y se señala de inmediato a la Supervisión. Por ningún motivo se admite colar en un tramo donde se hayan percibido fugas y nos e hayan tratado adecuadamente hasta asegurarse de que hayan desaparecido.

## Elaboración de lodo bentonítico

Mezclado e hidratado. Se inicia en un tanque de preparación utilizando un mezclador, se vacía la bentonita en la tolva y se va incorporando el agua que sale a presión por el chiflón ubicado en la parte inferior; esta mezcla se hace circular durante 15 minutos por una tubería en circuito cerrado utilizando una bomba de lodos. Una vez que se tiene un lodo homogéneo, se deja hidratar durante un tiempo mínimo de 24 hrs; descuidar esta recomendación siempre genera problemas: (a) el más común es el sobre consumo de bentonita y (b) los lodos fraguantes quedan mal dosificados.

Transporte y colocación. El envío de lodo hacia la zanja se realiza con mayor eficiencia por medio de tubería, a mayor o menor presión según la viscosidad y distancia de bombeo, vaciándolo conforme la excavación progresa, de tal forma que su nivel se mantenga igual al del agua freática o a la profundidad que el proyecto indique.

Recuperación y regeneración. Los lodos se utilizan para controlar la excavación de varios módulos y por ello se suelen contaminar de partículas sólidas durante la excavación o cuando se coloca el concreto. Así cuando el lodo no reúne las condiciones requeridas de densidad, viscosidad y contenido de arena debido a una contaminación, se bombea a un depósito de regeneración de lodos donde se le agrega agua y se hace circular a través de unos ciclones desarenadores. El lodo cargado de arena entra tangencialmente al desarenador centrífugo o hidrociclón y crea un remolino, que provoca la separación de las arenas por centrifugación. El lodo depurado es expulsado por un orificio superior en tanto que la arena desciende por las paredes y sale por el orificio inferior.

Para normar un criterio, el lodo fresco tiene una viscosidad Marsh del orden de 35 seg, por contaminación crece a unos 45 seg y en reposo por efecto tixotrópico llega hasta 55 seg.

Eliminación del lodo. Una vez que los lodos no se puedan reutilizar debido a que resulte antieconómica su regeneración, se eliminan, depositándolos en sitios que reduzcan el riesgo de contaminación.



## Excavación

La excavación para profundizar las zanjas se hace con uno de los siguientes equipos:

- a) Cucharón de almeja guiado con cuchillas laterales
- b) Cucharón de almeja libre con estabilizador en la parte superior, combinado con perforaciones previas que sirvan de guía al cucharón
- c) Zanjadora guiada.

La excavación de los tableros para el muro milán se hacen atacando tableros alternados con la idea de que cada tablero excavado quede respaldado por un bloque de tierra sin excavar.

La excavación se realiza hincando la herramienta de ataque con suavidad, sin chicoteos ni golpes, accionar las quijadas o el cucharón para cortar firmemente sin arrastrar, sacudir o arrancar. Una vez cargada la herramienta se sacará del interior de la zanja también con suavidad para no provocar succión o chicoteo.

El máximo tiempo que podrá dejarse una zanja excavada y ademada con lodo no excede de 24 horas entre la excavación de un tablero y su colado. Asimismo, no se excava un tablero hasta que el concreto del contiguo haya pasado su fraguado inicial. El desconocimiento de estas limitaciones puede llevar a caídos y deslaves que azolven la zanja y provoquen socavación de las paredes, y a movimientos no despreciables de las propias paredes y del fondo que se pueden difundir hacia el exterior, causando desplazamientos en la superficie del suelo vecino a la excavación o en las estructuras vecinas.



### Limpieza del fondo de la excavación

Aunque se está limitando el tiempo en que permanezca un tablero excavado sin colar y se está especificando un control de lodos diario, es imposible asegurar que no existirán azolves en el fondo e de los tableros excavados. Si se descienden las parrillas y se cuelan en una excavación cuyo fondo tenga azolves, por pequeños que estos sean, se corre el riesgo de que en los pasos más estrechos del emparrillado se estanquen estos y se mezclen con el concreto que va fluyendo hacia la superficie. Es indispensable evitar esto, por lo que habrá que hacer una buena limpieza del fondo de la excavación y del lodo que estabilice esta, antes de descender las parrillas de armado.

La limpieza del fondo de la excavación se hace con un “air-lift” o una bomba eléctrica sumergible cuya boca se traslada por el fondo en varias pasadas. A la vez se recircula el lodo procurando no descender el nivel del mismo. Después de ejecutar estas operaciones se verifica la profundidad del fondeo de la excavación, asegurándose que este haya quedado limpio de azolves.



### Juntas para colado.

Las juntas para los muros milán son perfiles de acero que permiten confinar temporalmente uno o los dos extremos verticales de uno de sus módulos durante el proceso del vaciado del concreto, con la finalidad de conformar su superficie para producir un machihembrado que permita la unión estructural por cortante con el siguiente módulo.



Para la construcción del primer panel se requiere colocar dos juntas de colado, para así formar el muro primario con dos lados hembra.

Tan pronto como se haya realiza la excavación hasta el nivel de desplante del muro milán se debe colocar los moldes de las juntas dentro de la zanja antes de que la jaula de acero de refuerzo sea colocada y de iniciar el vaciado del concreto; las juntas deben estar en posición firme dentro del terreno para lo cual su punta debe ser delgada y penetrar por lo menos 10 cm en el fondo de la excavación, para confinar adecuadamente el concreto fresco y evitar que éste las levante. Asimismo deberán quedar bien centradas y perfectamente verticales, nunca con inclinación que deje un hueco inferior que origine pendiente negativa y dificulte gradualmente su extracción.

En los suelos blandos el peso de la junta puede causar la falla del suelo y su descenso y penetración, en esos casos la junta debe tener topes que se apoyen en los brocales de la zanja guía o bien contar con prensas laterales.

Deben tenerse iguales cuidados en cuanto a la ubicación en planta, profundidad y verticalidad que los que se tienen con pilotes precolados hincados en perforación previa.



De la verticalidad y correcta ubicación en planta y profundidad de las juntas depende en alto grado el éxito de las siguientes etapas de construcción. Cuando hayan quedado debidamente colocadas las juntas, se procede a colocar los emparrillados del acero de refuerzo del muro milán.

Una vez que un módulo de un muro milán ha alcanzado el fraguado inicial del concreto, lo cual empieza unas 2 horas después de su colado, conviene levantar axialmente la junta unos 2 cm con la finalidad de romper la adherencia. Antes de este lapso cualquier movimiento producirá deformaciones y alteración en la resistencia del módulo recién colado.

Parrillas de refuerzo para muro Milán Izado. Al levantar los armados de acero suelen sufrir distorsiones y deformaciones por peso propio. En el diseño de la jaula de acero de refuerzo es necesario decidir si las parrillas del armado serán una jaula rígida o flexible; las jaulas rígidas se logran agregando varillas soldadas para arriostrar; en muchos casos se prefieren las jaulas flexibles, debido a economía y a que son menos susceptibles a sufrir deformaciones permanentes durante el manejo. Para el izado de las jaulas se requiere de balancines y dos líneas de estrobos que sujetan a las jaulas, de tal manera que se eviten deformaciones por pandeo; una vez que el armado se encuentra en posición vertical se colocan los centradores que permiten que el armado deslice dentro de la zanja y también aseguran el recubrimiento mínimo, los cuales se describen más adelante.

Uniones. La altura de las parrillas está determinada por: la altura libre en obra, la capacidad del equipo disponible, la longitud y profundidad de los muros, las condiciones de apoyo dada por el procedimiento constructivo; si se hace necesario recurrir al corte de las parrillas, la unión de ellas deberá realizarse por medio de traslape, soldadura o de algún dispositivo mecánico.

El procedimiento de unión de las parrillas empieza por levantar e introducir el primer tramo dentro de la zanja, dejando un tramo libre fuera de ella soportado con barras transversales horizontales apoyadas en los muros guía; se iza y se acopla el segundo tramo de acero de refuerzo; para hacer la unión vertical de los dos tramos se recurre a alguna de las siguientes uniones:

- a) Traslape de las varillas con la longitud de especificación y amarre con alambre.
- b) Traslape de las varillas con la longitud de especificación y amarre con perros o grapas "U".
- c) Unión de las varillas en sus puntas con conectores mecánicos de presión.
- d) Soldadura longitudinal de las varillas con la longitud de especificación.

Descenso del refuerzo. La maniobra se realiza lentamente de manera constante, plomeado verticalmente el armado y haciendo coincidir los centros de zanjas y parrilla; se debe cuidar que los armados no se asienten en el fondo de las zanjas; al terminar de introducir el acero deberá mantenerse suspendido a la elevación correcta, por lo que las parrillas deberán tener orejas o lazos de varillas para su anclaje con el brocal.

Centradores del refuerzo. Los más utilizados son ruedas de concreto simple mal llamados "pollos", fijados en ambos lechos del armado para centrarlo horizontalmente dentro de la excavación. Esta técnica es adecuada si el rodillo de concreto tiene el ancho suficiente para deslizar sobre las paredes de la zanja sin hundirse; si lo anterior no ocurre, como en el caso de las arcillas blandas del Valle de México, es mejor el uso

de tubos rectangulares de centrado apoyados en los muros guías. Las parrillas de refuerzo deben contar en su parte superior con orejas o lazos de varilla que ayuden a la colocación de la parrilla en su correcta posición vertical y a la vez para anclarla.

#### Colado de concreto

Después de colocadas, centradas y niveladas las parrillas se introduce en el espacio respectivo, la trompa de colado o tubo tremie, por tramos.

Es conveniente realizar la operación de colado en el menor tiempo y sin discontinuidades o interrupciones para evitar la adherencia excesiva con los coples, bloqueos en la tubería y flotación de la jaula causada por el ascenso de concreto endurecido. El concreto debe ser premezclado para el mejor control de calidad, con la suficiente fluidez para acomodarse más rápidamente en muros de 60 cm de ancho; el vaciado a la tolva es del orden de 27 m<sup>3</sup>/hr. El revenimiento mínimo del concreto debe ser de unos 20 cm. El flujo de concreto ocurre en dos direcciones hacia fuera y hacia arriba, mientras el flujo sea lento y la superficie no se agite físicamente, el muro resultante será de alta calidad; el tubo tremie nunca deberá trasladarse a través del concreto fresco. En muros de más de 3 m de largo se recomienda operar simultáneamente con dos tubos tremie para reducir la distancia horizontal que debe fluir el concreto.

Antes de iniciar el colado se colocará un tapón deslizante dentro de cada línea de colado que puede ser una pelota de vinil o de poliestireno; la función del tapón, también conocida como diablo es evitar que el concreto se contamine con el lodo; cuando el concreto entra a la tubería; el tapón desciende por el peso de la masa fresca y llega al fondo. En este estado el tubo tremie se levantará levemente permitiendo que el concreto empuje al tapón hacia fuera; una vez que esto ocurre el concreto empieza a descargarse y rellenar el panel mientras la tubería permanece sumergida y llena completamente; en la medida que el concreto va llenando la zanja el tubo se levanta cuidando que la punta siempre esté sumergida entre 1 y 1.5 m.

Este último requerimiento debe ser controlado vigilando la velocidad a la cual el concreto fresco puede ser suministrado.

Una vez que inicia la colocación, el proceso de verificación debe ser continuo del nivel de concreto alrededor del tubo y en los extremos del panel. El tapón inicial eventualmente es recuperado a causa de que flota. El concreto no deberá descender demasiado rápido en la tubería ya que el desalojamiento de lodo fuera de la punta erosionará el fondo o desplazará el acero de refuerzo.

El colado debe realizarse de manera continua evitando lapsos de espera prolongada que provoquen taponamientos en la tubería por el fraguado inicial del concreto. El concreto debe ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar nunca ahogada a menos de 1.5 m en el concreto que se esté colando. Para ayudar al concreto a fluir al principio, puede desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y a hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto. Si el concreto cumple con las especificaciones debe desplazar al lodo por la diferencia de densidades,

prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga produce un efecto de rastra en el fondo del tablero y lo deja limpio de lodo.

El proceso de llenado de la zanja con concreto es de abajo hacia arriba y por ello en la parte superior se encuentra la capa de contacto entre el lodo y concreto, la cual en función del “chaqueteo” puede ser de unos centímetros a un par de decímetros, le subyace el concreto no contaminado o sano. El concreto alterado debe rebosar en la superficie y se debe retirar para deshacerse de la parte contaminada que pudiera haberse formado. El acero debe estar dentro de concreto sano y aún así parte de él debe ser demolido para la consecución de la construcción. Es conveniente precisar que el curado de los muros milán suele ser perfecto y estar exento de contracción por secado por el ambiente húmedo en que se encuentra. Una vez concluido el colado se debe lavar cuidadosamente el tubo tremie y en caso necesario cambiar los sellos de hule.

## 9. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO

La perforación para los pozos es de 25 cm de diámetro, se perfora con máquina rotaria, equipada con una broca de aletas, inyectando agua como fluido de perforación.

Una vez alcanzada la profundidad especificada, se lava el pozo hasta comprobar que el agua de retorno salga limpia (limpia de lodo o arena).

En la perforación terminada y lavada se coloca el ademe ranurado en toda su longitud, formado por un tubo de PVC de 10 cm de diámetro interior, con ranuras de 1 mm espaciadas 10 mm entre sí; que soporte una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup>.

El espacio entre el ademe y la pared del pozo se rellena con gravilla de tamaños variables entre 5 y 10 mm en toda la longitud del pozo.

Dentro del ademe se instala la punta eyectora o bombas sumergibles de pequeño diámetro con electro nivel, a una elevación de 0.50 m sobre el fondo de la perforación, sobre una cama de material filtrante; se estima un gasto por punta eyectora del orden de 0.3 lt/seg.

A la punta eyectora se conecta una tubería de inyección de 3/4 de pulgada de diámetro y una tubería de descarga o retorno de 1 pulgada de diámetro; las cuales se unen al sistema general de circulación de agua, formado por tuberías galvanizadas de 3 pulgadas de diámetro y conectadas a un cárcamo regulador, que también funciona como sedimentador; este tanque tiene una salida por donde se elimina el agua excedente del ciclo de inyección y retorno. La circulación del agua se realiza con bombas centrífugas eléctricas de 15 hp.

El nivel dinámico de los pozos debe permitir un abatimiento de 2.0 m por debajo del nivel máximo de excavación, para lo cual se realiza pruebas de bombeo en los primeros pozos, mismas que se controlarán mediante la instalación de tubos de observación. La prueba consiste en hacer funcionar un conjunto de cuatro pozos de bombeo distribuidos de acuerdo a la planta de ubicación de pozos y en cuyo centro se

tenga un tubo de observación; se lleva un registro del abatimiento alcanzado dentro del tubo en el tiempo, así como del gasto de bombeo.

Durante el proceso de excavación es conveniente ir recortando el tubo ademe de los pozos de bombeo, para lo cual se recomienda que a partir de la salida de las tuberías del pozo se empleen mangueras flexibles reforzadas que puedan soportar una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup> y que facilitan su movimiento de acuerdo con las necesidades de los trabajos de excavación.

Para la operación eficiente de los sistemas de bombeo, es necesario que se cuente con un tablero para la instalación eléctrica de las bombas que incluya interruptores, arrancadores, estaciones de botones, ductos y conexiones.

El sistema de bombeo debe iniciar su funcionamiento dos semanas antes del comienzo de la excavación.

El tubo de observación consiste en un ducto vertical instalado dentro de una perforación previa que se profundiza por lo menos un metro por debajo del nivel de abatimiento previsto; su parte inferior es permeable para permitir la entra del agua y la superior sellada con bentonita, para evitar que el agua superficial entre al tubo.

El tubo que se usa es de PVC de una pulgada de diámetro que soporte una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup> con ranuras horizontales de 1 mm de espesor en un tramo de longitud de 1.5 m; para evitar que el suelo penetre al interior del tubo se protege con un filtro geotextil o una malla tipo mosquitero.

Para la instalación se requiere una perforación de 7.5 cm de diámetro que se realiza con una broca de aletas y como fluido de perforación se emplea únicamente agua.

Una vez terminada la perforación se introduce el tubo de observación protegido con una funda de polietileno cuya función es evitar que el filtro se contamine por la maniobra; cuando el tubo está apoyado en el fondo de la perforación se levanta la protección. A continuación se rellena la perforación en su parte inferior con arena media y el último metro con bentonita.

El nivel del agua dentro del tubo se determina con ayuda de una sonda eléctrica integrada por un cable dúplex flexible y un medidor de resistencia o voltímetro.

#### 10.-Pilas:

Durante la construcción de las pilas se lleva un registro con todos los detalles relevantes de la obra.

Perforación. Para la perforación de las pilas se coloca un brocal de 2.0 m de longitud para evitar socavación de la superficie durante la excavación.

La perforación para las pilas podrá efectuarse empleando bote y/o broca helicoidal, manteniendo estables las paredes mediante lodo bentonítico, con una viscosidad Marsh de 40 seg o polímero. Este lodo sustituirá progresivamente el material extraído de la perforación, teniendo especial cuidado de mantener el nivel muy cerca al brocal, para garantizar que aplique la máxima carga hidrostática sobre las paredes.

En la preparación del lodo bentonítico se siguen las mismas indicaciones establecidas en el apartado de muro Milán.

Se requiere de un ademe perdible tipo espirotubo que impida el fracturamiento hidráulico de la serie arcillosa superior provocado por la presión que ejerce el concreto fluido sobre las paredes de la perforación y que se instalará hasta una profundidad del orden de 22.0 m.

Al alcanzarse el nivel de desplante de las pilas se verifica mediante la clasificación del material excavado, que éste corresponda al recomendado para el apoyo de las pilas. Se realizará la limpieza del fondo de la perforación retirando el azolve con el bote o air lift.

Acero de refuerzo. Una vez terminada la perforación, se colocará el acero de refuerzo previamente habilitado con separadores para garantizar un recubrimiento libre mínimo de 7 cm, entre paños de estribos y perforación. Para el manejo del acero que se coloca en el interior de la pila, debe colocarse refuerzo adicional para formar "armaduras" que permitan su manipulación y traslado una vez armado, sin que se presenten deformaciones, movimientos o desplazamientos del acero longitudinal o transversal.

Para el corte y armado del acero de refuerzo debe planearse su "secuencia de utilización" con el objeto de que además de procurar que los empalmes o traslapes no queden en la misma sección transversal, de acuerdo con los reglamentos respectivos, se logre un aprovechamiento más racional del mismo.

Colocación del concreto. El concreto para el colado de las pilas debe tener un revenimiento mínimo de 21 cm; se utiliza tubo tremie hermético y el colado se realiza con un balón deslizante, manteniendo el extremo inferior del tubo embebido en el concreto fresco un mínimo de 3.0 m. El suministro de concreto debe permitir un colado continuo sin interrupciones; debe terminarse el colado de toda la pila antes de que el concreto presente su fraguado inicial. El tiempo máximo para iniciar el colado de una pila, una vez concluida la perforación, no excederá de 4 horas; de lo contrario volverá a limpiarse la perforación sustituyendo el lodo bentonítico. El procedimiento de colocación del concreto con tubo tremie se apega a lo indicado en el apartado correspondiente a colado de muro Milán.

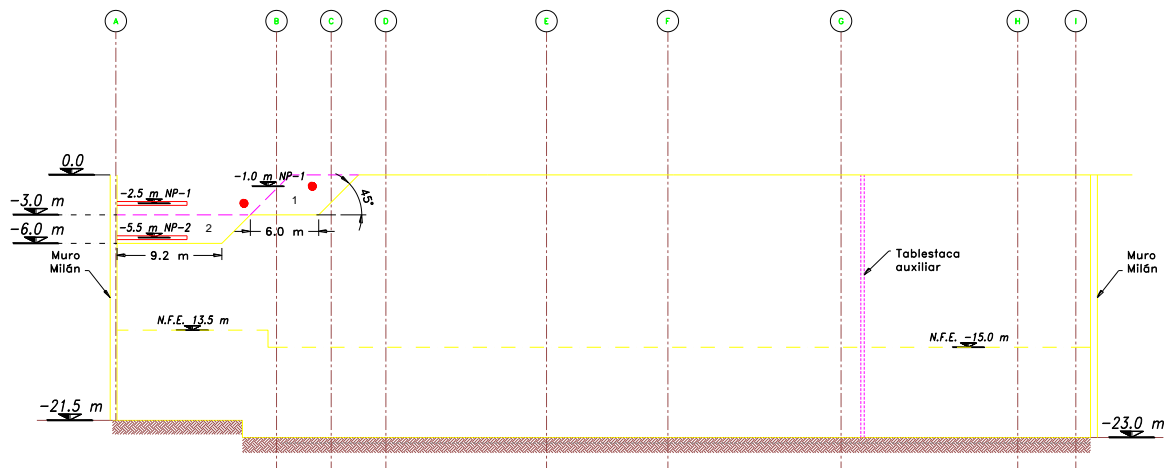
Una vez concluido el colado de la pila, el resto de la perforación se rellena de grava con lechada de cemento o suelo cemento fluido para una resistencia del orden de los 7 kg/cm<sup>2</sup> que es similar a la que presenta la arcilla en el sitio. Los niveles que rigen son los indicados en los planos arquitectónicos.

Con el propósito de verificar la calidad, durante el colado de las primeras pilas se debe efectuar pruebas de integridad física. Esta prueba se basa en la propagación y reflexión de una onda en un medio heterogéneo, y permite verificar las dimensiones y homogeneidad en toda su longitud.

Conviene construir pilas de prueba con el fin de afinar los procedimientos constructivos, además de verificar las capacidades por fricción y punta mediante pruebas de carga en pilas que sirvan de prototipo para las definitivas.



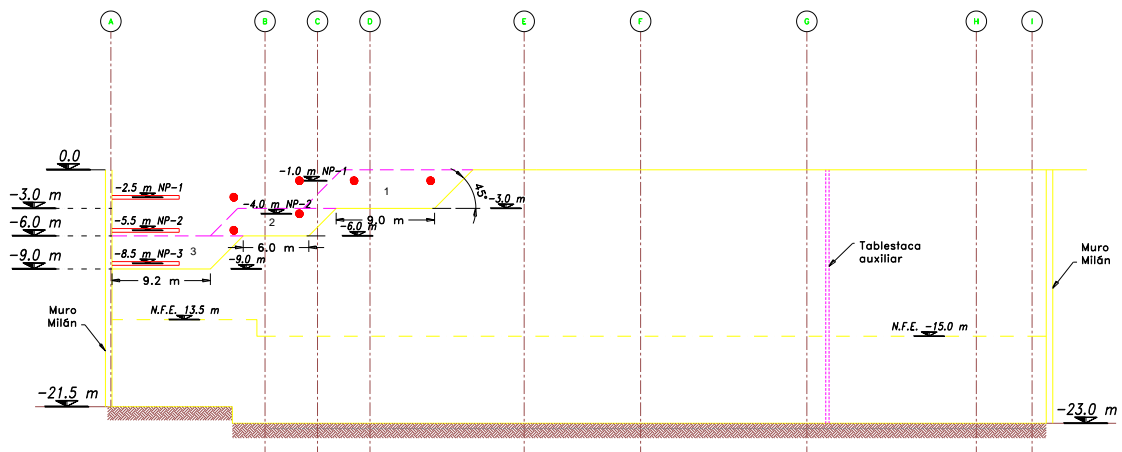




## Fase II

### FASE III

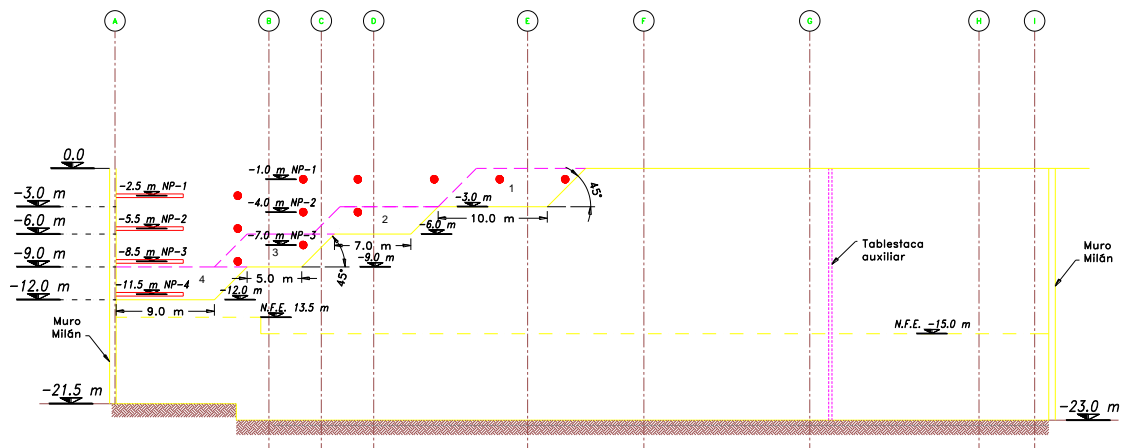
1. Se continuará con la excavación al nivel -3.0 m con talud a 45° y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel -1.0 m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.
2. Continuar con la excavación al nivel -6.0 m, dejando un talud de 45° y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel -2.5 y -1.0 m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.
3. Se realizará la excavación hasta el nivel -9.0 m, dejando un talud de 45° y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel -8.5 m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.



## Fase III

## FASE IV

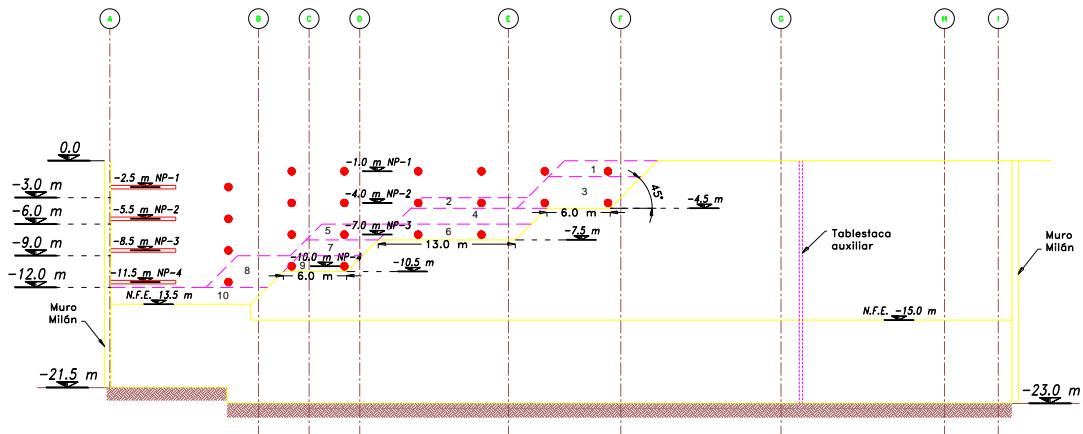
1. Se continuará con la excavación al nivel  $-3.0$  m con talud a  $45^\circ$  y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel  $-1.0$  m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.
2. Continuar con la excavación al nivel  $-6.0$  m, dejando un talud de  $45^\circ$  y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel  $-4.0$  m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.
3. Se realizará la excavación hasta el nivel  $-9.0$  m, dejando un talud de  $45^\circ$  y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel  $-8.5$  y  $-7.0$  m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.
4. Se continuará la excavación hasta el nivel  $-12.0$  m con un talud a  $45^\circ$  y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel  $-11.5$  m, así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.



Fase IV

## FASE V

Se continuará la excavación de acuerdo a la secuencia indicada con los números (etapas), es importante indicar, que en cada etapa una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de continuar con la excavación.

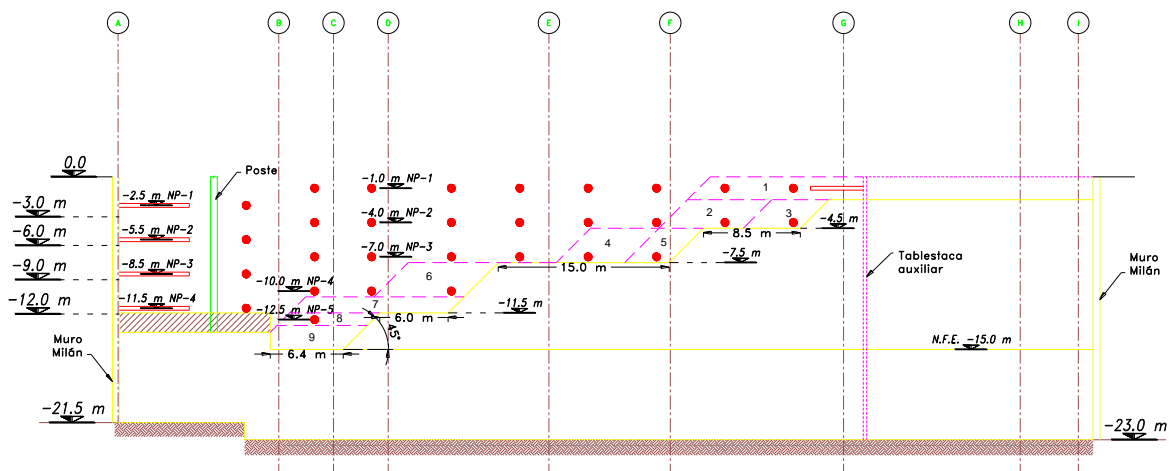


Fase V

## FASE VI

Afinar el fondo de la excavación y colocar la plantilla de trabajo, realizar el armado y cimbrado de la losa de fondo; se instala el poste vertical de 13.7 m altura y se procede al colado de la losa de fondo. En el poste se apoyarán los troqueles de la siguiente etapa y permitirá distribuir la carga en la estructura de concreto del sótano.

Se continuará la excavación de acuerdo a la secuencia o etapas mostradas con los números, es importante indicar, que en cada etapa una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación.



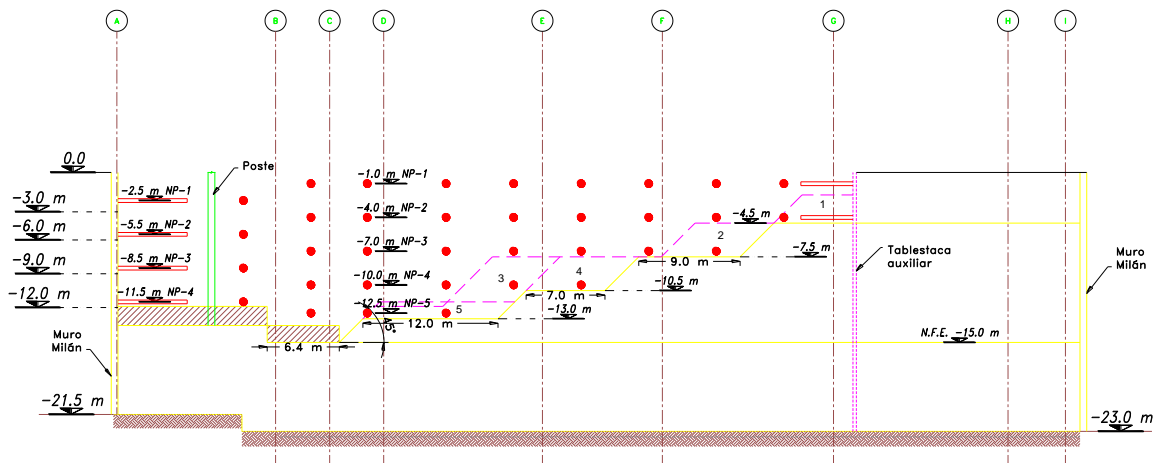
Fase VI

## FASE VII

Se afinará el fondo de la excavación en el área liberada, colocar una plantilla de trabajo y realizar el armado y colado de la losa de fondo.

Se continuará con la excavación de acuerdo a la secuencia o etapas mostradas con los números, es importante indicar, que en cada etapa una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación.

Iniciar con la construcción de columnas del nivel 4 del sótano.



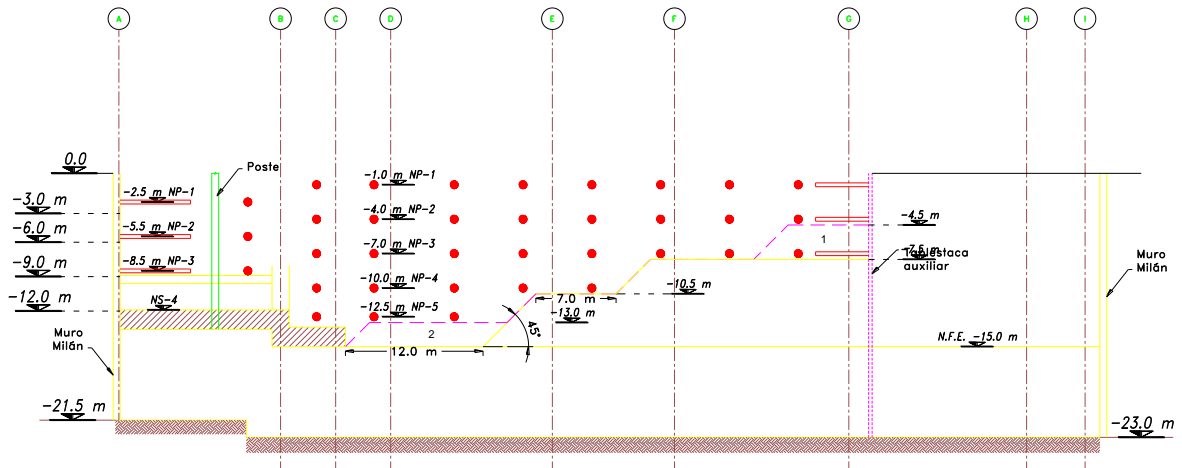
Fase VII

## FASE VIII

1. Se continúa con la excavación hasta el nivel -7.5 m en el área del eje G y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina al nivel -7.0 m, así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación.

2. Se realiza la excavación hasta el nivel de proyecto de la losa de fondo entre los ejes C y E.

Una vez que la losa de fondo tenga la resistencia adecuada, de acuerdo con el estructurista, para tomar los empujes laterales del suelo, se procederá a retirar el cuatro nivel de puntales entre los ejes A y B; se continua con la construcción de la estructura de sótano.



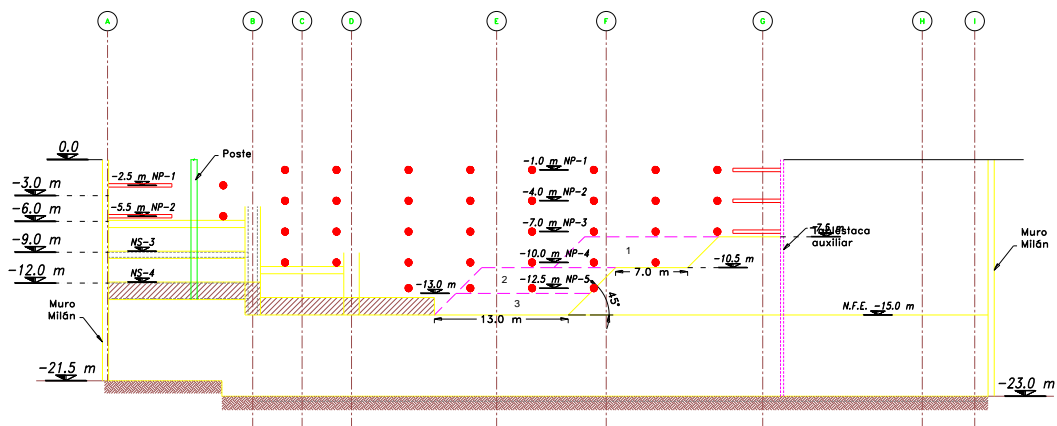
Fase VIII

### FASE IX

Se afinará el fondo de la excavación en el área liberada entre los ejes C y E, colocar la plantilla de trabajo y realizar el armado y colado de la losa de fondo.

Se continuará con la excavación de acuerdo a la secuencia o etapas mostradas con los números, es importante indicar, que en cada etapa una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación.

Una vez que la losa de fondo tenga la resistencia adecuada, de acuerdo con el estructurista, para tomar los empujes laterales del suelo, se procederá a retirar el quinto nivel de puntales entre los ejes B y D. De igual manera, una vez que la losa de entrepiso del N-S3 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el tercer nivel de puntales entre los ejes A y B.



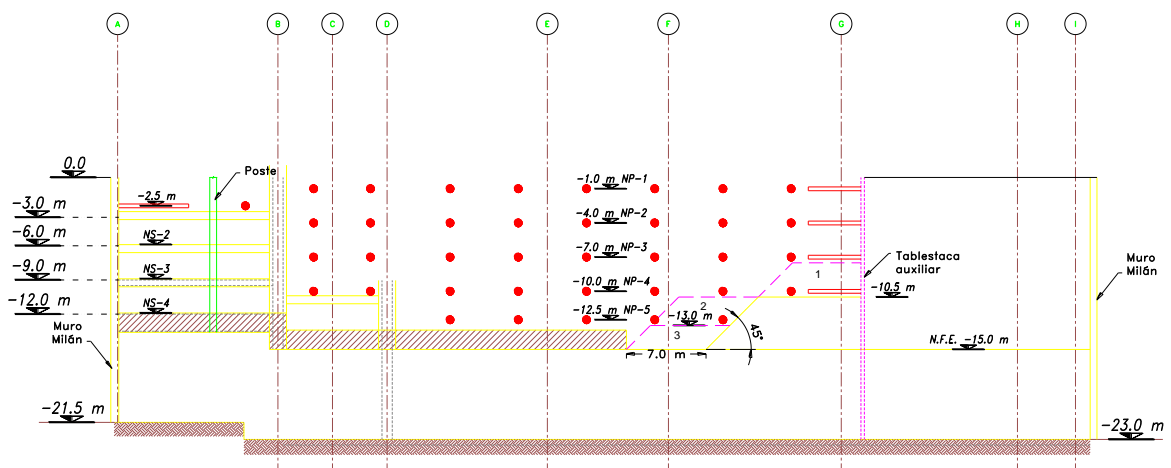
Fase IX

## FASE X

Se afinará el fondo de la excavación en el área liberada entre los ejes E y F, colocar la plantilla de trabajo y realizar el armado y colado de la losa de fondo.

Se continuará con la excavación de acuerdo a la secuencia o etapas mostradas con los números, es importante indicar, que en cada etapa una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación.

Una vez que la losa de entrepiso N-S2 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el segundo nivel de puntales entre los ejes A y B.



Fase X

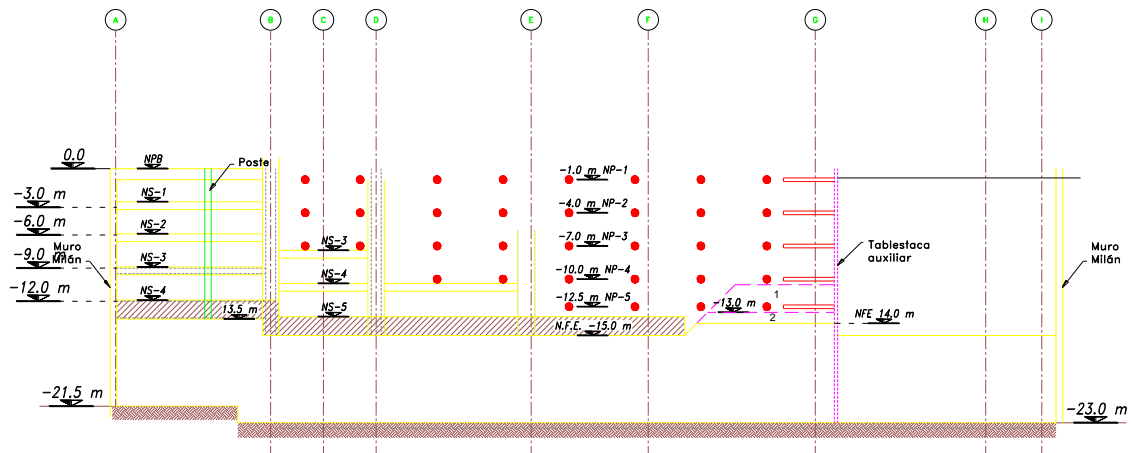
## FASE XI

Continuar con la excavación hasta el nivel -13.0 m y una vez que se libere el espacio suficiente se colocará la viga madrina así como los troqueles correspondientes antes de seguir con la excavación. Se concluye la excavación hasta el nivel de proyecto al -15.2 m de profundidad.

Una vez que la losa de entrepiso N-S1 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el primer nivel de puntales entre los ejes A y B.

Una vez que la losa de entrepiso N-S4 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el cuarto nivel de puntales entre los ejes B y D.

Una vez que la losa de fondo tenga la resistencia adecuada, de acuerdo con el estructurista, se retirará el quinto nivel de puntales entre los ejes D y E.



Fase XI

## FASE XII

Afinar el fondo de la excavación y colocar la plantilla de trabajo, realizar el armado y cimbrado de la losa de fondo; se instalarán los postes verticales de 15.0 m altura y se procede al colado de la losa de fondo. Los postes servirán para apoyar el apuntalamiento de la siguiente etapa.

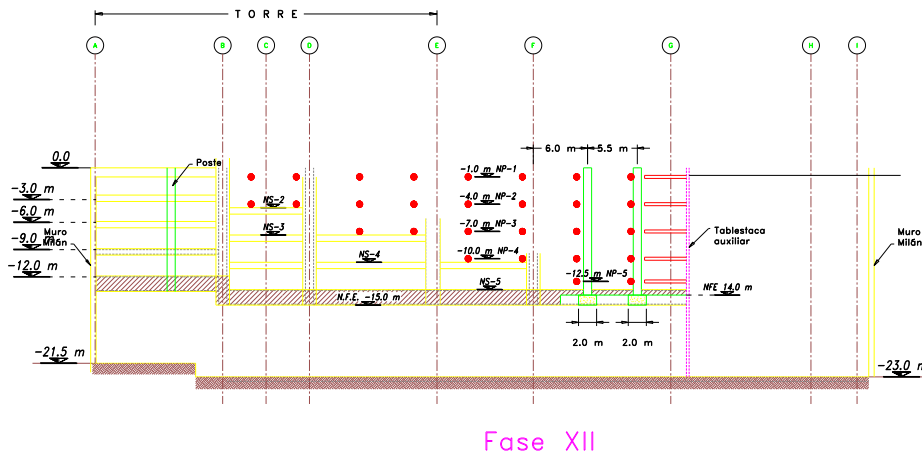
Una vez que la losa de entrepiso N-S3 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el tercer nivel de puntales entre los ejes B y D.

Una vez que la losa de entrepiso N-S4 tenga la resistencia recomendada por el estructurista se retirará el cuarto nivel de puntales entre los ejes D y E.



Una vez que la losa de fondo tenga la resistencia adecuada, de acuerdo con el estructurista, se retirará el quinto nivel de puntales entre los ejes E y F.

Continuar con la construcción de la estructura de sótano, teniendo prioridad concluir el área de la torre, entre los ejes A y E.



### IV.3 LOGISTICA

#### Actividades Preliminares

Se hará la colocación de la planta de lodos en un sitio estratégico en donde se evitara la interferencia con las maquinas, así como el taller de habilitado de acero de refuerzo y un sitio para las vigas del muro Milán.

Conjuntamente se hará la excavación para el brocal del muro Milán, el cual tiene como función guiar el equipo de excavación verticalmente y tambien evitar el caído de material superficial por el paso de la maquinaria. Este brocal será de concreto de  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ .

#### Construcción del muro Milán

Una vez que la planta se haya colocado se comenzara a trabajar con el equipo guiado Soilmec BH 12 e el muro 2 ubicado en el eje A, entre los ejes 2 -3 de la Av. Reforma. Constantemente en la excavación se bombeara desde la planta de lodos, lodo bentonitico con una línea de conducción, se tendrá cuidado en el nivel de lodo ya que deberá de estar 50 cm. arriba del nivel inferior del brocal.

Al término de la excavación de ese muro el equipo pasara al muro 4 ubicado sobre el eje A entre los ejes 5 – 6 dejando un muro intermedio el cual posteriormente será construido.

Con una grúa Link Belt LS-418 con una capacidad de 90 ton. Se colocara la vigueta para las juntas del muro Milán, una vez que ambas juntas hayan sido colocadas, se procederá al cambio de lodo bentonitico de la excavación y conducido al desarenador con el fin de su reutilización y así evitar el azolve en el fondo.

El izaje de los armados se hará por medio de un balancín, y se tendrá un control en los niveles de las preparaciones de las losas de los niveles de estacionamiento dejando marcado un nivel en la parte superior del armado, y se tendrá un control de este.

Al terminar todo el muro del eje A, se comenzara a construir el primer muro del eje 15 teniendo como ajuste el muro esquinero ubicado entre A – 15. La zona de armado durante esta etapa de la construcción del muro Milán serán colocados muy cerca de Av. Reforma. Al cerrar ese tramo de esquinero, el equipo cambiara al otro lado del terreno en el eje 1 y se hará la construcción del primer muro del ese eje para el cierre de la “U” que se forma en Av. Reforma

Una vez que el armado del muro Milán este dentro de la excavación, se procederá al proceso de colado, se colocaran dos tubería tremies de 10” de diámetro con una tolva tipo cono en la parte superior, dentro de esta se colocara una pelota la cual evitara el contacto del concreto con la bentonita y su segregación por la caída; será necesario que antes de iniciar el vaciado del concreto se deberán tener mínimo 3 ollas en el sitio, y se hará el vaciado en ambos conos al mismo tiempo para asegurar que no haya contaminación del concreto en el fondo de la excavación.

Conforme el colado avanza se ira desacoplando la tubería cuidando estar 50 cms por debajo del nivel de concreto, se llevara un control del colado.

Durante el proceso del colado, se recuperara el lodo para su reutilización, mediante bombeo hasta la siguiente excavación a los tanques de almacenamiento de lodo.

En caso de que el lodo no pueda ser reutilizado, este se retirará del sitio de los trabajos por medio de pipas y tirado en un sitio autorizado.

Cuando el equipo este trabajando sobre el eje 1, el armado de acero será tendido del otro lado o en la zona intermedia donde no interfiera con la planta de lodo ni el acceso de camiones para el acarreo del material producto de la excavación.

Es necesario que se libere el eje A en Av. Reforma y en ambos extremos del terreno los muros hasta el eje D para comenzar con la construcción de pilas de cimentación, para evitar problemas entre el funcionamiento de la maquinaria, armado de pilas, izaje de armados y el acceso de las ollas para concreto al terreno.

Para la construcción de las pilas se hará la demolición de la losa existente según el diámetro de cada pila, a base de rimas en la herramienta de perforación se abrirá ligeramente unos centímetros con el objeto de colocar un ademe de acero, de protección en la parte superior de la perforación. Dicho ademe no tendrá mas de 3.00 m de longitud, así mismo se comenzara a llenar la perforación de lodo bentonítico.

Una vez terminada la perforación, se llevara acabo el izaje del armado de acero de refuerzo, previamente preparado y se hará en una sola sección, dicho armado estará pegado, ya sea al eje 1 o al eje 15, según la cercanía de la perforación que se este trabajando.

Al termino de la colocación del armado se colocara el espiroducto de 22.00 mts. De longitud aproximadamente, y se hará la colocación de la tubería tipo tremie de 10” de

diámetro, durante el colado se bombea el lodo hasta el desarenador, para el proceso de recuperación.

Así mismo, durante el colado el lodo bentonítico será recuperado hasta el desarenador y los residuos se retirarán del sitio de los trabajos. Las pilas serán rellenas hasta el nivel de terreno natural con concreto plástico  $F'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ , y  $50 \text{ kg/cm}^3$  de bentonita sódica.

#### *Pilas de cimentación e Hincado de Tablaestaca*

Una vez que el equipo de excavación de muro Milán será retirada del sitio de los trabajos y se atacará con el frente de pilas de cimentación de los ejes F, G, H, I y sus intermedios, mientras que se tendrá un área para el habilitado de la tablaestaca metálica de 20.00 y 1.50 m respectivamente. Esta será izada y colocada para que el vibrohincador la coloque. Previamente se colocará un escantillón con el cual se garantizará el alineamiento y la verticalidad de la tablaestaca metálica.

Se hará un hincado previo de 7 tablaestacas metálicas las cuales igualan la longitud del escantillón, una vez que estas se encuentren en un mismo nivel, se procederá a hacer el segundo hincado hasta el nivel de terreno natural.

Una vibrahincadora PTC 50 estará montada sobre una grúa Link Belt LS-118 para el hincado, primeramente se hará el hincado en el eje 6 hasta donde la planta de lodos permita y posteriormente en el eje 11.

Al final se hará el hincado de la tablaestaca del eje G, una vez que se termine con el hincado en los ejes previamente mencionados.

### **IV.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA CIMENTACIÓN**

En este tema se explicará de todos los elementos que en su conjunto, forman parte de la cimentación, así como también aquellos que son necesarios para poder construir la cimentación.

#### **IV.4.1 MURO MILÁN**

Se define como muro: ...“ Toda estructura continua que deforma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno”.

El carácter fundamental de los muros es el de servir de elemento de contención de un terreno, que en unas ocasiones es un terreno natural y en otras un relleno artificial.

El cuerpo del muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión vertical debida a su propio peso es generalmente despreciable.

Sin embargo, en ocasiones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales al terreno, desempeñando una función de cimiento. La carga vertical puede venir de una cubierta situada sensiblemente a nivel del terreno o puede ser producida también por uno o varios forjados apoyados sobre el muro y por

pilares que apoyan en su coronación transmitiéndole las cargas de los plantas superiores.

Un Muro Milán de concreto armado in situ es un tipo de pantalla, o estructura de contención flexible.

A diferencia de los muros de paneles prefabricados de concreto armado, este tipo de estructura se realiza en obra. Es decir, en lugar de recurrir a paneles prefabricados, los elementos estructurales de este tipo de pantalla se ejecutan in situ.

Las dimensiones de los paneles que conforman los Muros Milán son entre 2,5 y 5 m de longitud, y 4 a 15 dm de espesor. La longitud de la pantalla depende del dimensionamiento de la misma.

Cada elemento que conforma un Muro Milán trabaja independientemente, y entre ellos presentan juntas que han de ser estancas (evitar el paso de agua a través de las mismas).

#### *Proceso constructivo del Muro Milán*

Hay que indicar que para evitar las complicaciones que el proceso entraña, se ha de realizar en el menor tiempo posible (no más de veinticuatro horas).

La construcción de los distintos paneles (pasos 2, 3, 4, y 5) se realiza alternando zanjas, y de la forma más continua posible. Es decir: si disponemos de un pequeño muro milan de 8 paneles, se ha de procurar que cuando se esté excavando la 7ª zanja, a la vez se estén colocando la armadura y las juntas en la 5ª (previamente excavada), se esté colando la 3ª (previamente excavada, y con la armadura y las juntas colocadas), y se haya concluido la 1ª zanja. Una vez concluido este paso, se procedería tal y como se acaba de explicar con la 2ª, 7ª y 5ª zanja, habiendo concluido la 3ª.

#### *Construcción de Brocales*

El brocal es un muro que se realiza a ambos lados de la zanja, donde se construirá el muro. Suelen tener de dimensiones entre 70 y 100 cm de altura, y entre 30 y 50 cm de espesor.

Las funciones del murete guía son:

- \* Guiar el útil de excavación (cuchara al cable o equipo hidráulico).
- \* Evitar la caída de terreno de la zona superior de la zanja por efecto del golpe del elemento excavador, y por ser una zona "descomprimida".
- \* Facilitar que el lodo bentonítico se mantenga aproximadamente al nivel de la superficie de trabajo, haciendo que la presión del lodo sea superior que la del posible nivel freático, y permitiendo, con ello, que el lodo actúe correctamente sobre las paredes de la zanja (una vez excavada).
- \* Servir de soporte a la armadura: la armadura de los paneles se colgará de los brocales

### *Excavación de la Zanja Guía.*

La zanja guía es una ranura en la superficie del terreno de ancho igual al muro más la tolerancia que permita el paso de la almeja de excavación, en cuanto a la profundidad de la zanja, usualmente se iguala al espesor de material superficial suelto.

La excavación se puede realizar de tres formas:

1. Cuchara bivalva (Almeja) : se emplea en terrenos que lo permitan (no demasiado duros). Dependiendo del fabricante, pueden llegarse a excavar terrenos que tengan una resistencia a compresión en torno a los 60 kg/cm<sup>2</sup>.

2. Trépano: se emplea en terrenos excesivamente duros, o en roca, que no pueden ser arrancados por la cuchara bivalva. El trépano es un elemento metálico, generalmente cilíndrico, de entre 2 y 3 m de altura, que pesa entre 5 y 10 t, y que se deja caer desde una altura de 1 a 3 m. Al caer, rompe el terreno del fondo de la zanja, que se extrae con la cuchara bivalva. Tiene como inconveniente que produce vibraciones elevadas. Esto convierte al trépano en un sistema de excavación prácticamente inviable en ciudades.

3. Hidrofresa: es un elemento excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. La elevada fricción que se produce en las ruedas dentadas, hace necesaria la refrigeración de las mismas, así como de la roca. Para ello, se emplea como líquido refrigerante los lodos bentoníticos, que se inyectan mediante un dispositivo de la propia máquina. Los propios lodos se mezclan con los detritus de la excavación, gracias a lo cual se extraen del fondo de la zanja. Dado que los lodos bentoníticos se recirculan para permitir esta extracción, han de ser "reciclados", o limpiados, mediante la eliminación de los restos de terreno extraídos del fondo de la zanja. La hidrofresa, a pesar de ser el mejor sistema, pues apenas produce vibraciones y es el más rápido, presenta el inconveniente de que son máquinas caras, por lo que se puede elevar el costo de la construcción del muro.

### *Colocación de la armadura*

La armadura ha de estar previamente armada. Para su colocación, se eleva la armadura con una grúa, y se introduce en el panel. Ha de quedar colgada, por medio de un elemento metálico, de los brocales.

La armadura no puede apoyarse en el fondo de la zanja, dado que fluctuaría, y al entrar en contacto con las paredes de la excavación, perdería el recubrimiento de hormigón de los laterales de la misma, así como su misión estructural.

### *Colocación de las juntas*

Antes de colar, se colocan las juntas, entre el panel excavado y el panel que se excavará más adelante.

La misión de estas juntas es evitar que se produzcan problemas a la hora de excavar los paneles contiguos. De no colocarse, habría irregularidades entre los paneles, que darían lugar a filtraciones que podrían resultar antiestéticas, o incluso peligrosas.

Estas juntas pueden ser láminas metálicas o tubos de hormigón prefabricado.

En ocasiones se dispone longitudinalmente, y a través de la junta, un elemento de goma de entre 30 y 40 centímetros de ancho. Cuando ha fraguado el concreto, se retira la junta. Y al ejecutar el nuevo panel, el elemento de goma evita que puedan producirse filtraciones en la unión entre ambos paneles.

#### *Colado*

Al colar, la zanja está llena de lodo bentonítico.

Para evitar que el concreto se contamine al mezclarse con estos, es necesario que se cole con un tubo capaz de alcanzar una profundidad 3 m mayor a la parte superior del concreto.

Como la densidad del concreto es superior a la de los lodos bentoníticos, quedará por debajo del lodo, y éstos se pueden ir extrayendo en superficie.

Una vez que concluye el colado, la parte superior del concreto está contaminada por los lodos. Por lo tanto, habrá que seguir colando hasta que rebose, extrayendo la parte contaminada de concreto.

#### *Construcción de la viga de atado*

Una vez realizados todos los paneles, es decir, una vez llevados a cabo todos los pasos previamente descritos en todos los paneles, se hace una viga de atado. Consiste en una viga de hormigón, que une la parte superior de todos los paneles.

La viga de atado tiene dos misiones:

1. Hacer que todos los paneles trabajen conjunta o solidariamente.
2. Eliminar definitivamente el concreto de la parte superior, que pudiera estar contaminado por los lodos bentoníticos, a pesar de todas las precauciones.

#### *Excavación del recinto interior*

Una vez realizadas todas las operaciones previas, puede procederse a la excavación del recinto (generalmente interior) del Muro Milán.

Si se ha previsto ejecutar elementos de soporte (anclajes o puntales), se van colocando a medida que se realiza la excavación.

### **IV.4.2 PILAS**

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda. En tal caso es preciso buscar terrenos de apoyo mas resistentes a mayores profundidades; a veces estos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de cimentación que

distribuyan las cargas en un espesor grande de suelo. En todos estos casos y en otros, se hace necesario recurrir a el uso de cimentaciones profundas.

Los elementos que forman las cimentaciones profundas que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre si por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta, circular o rectangular, que son la mas comunes.

Los elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales de orden comprendido entre 0.30 m y 1.0 m se denominan pilotes. A pesar del amplio rango de dimensiones que se indicó, la inmensa mayoría de los pilotes en uso tienen diámetros o anchos comprendidos entre 0.30 m y 0.60 m; puede ser de madera concreto o acero.

Los elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0 m, pero no excede del doble de valor suelen llamarse pilas.

Desde el punto de vista de su forma de trabajo, los pilotes se clasifican en de punta, de fricción o mixtos.

Atendiendo al material del cual están hechos, los pilotes pueden ser de madera, de concreto, de acero o de una combinación de estos materiales.

**Pilotes de Punta:** Son aquellos que funcionan principalmente como una columna que al soportar una carga sobre su extremo superior, desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo sobre un estrato resistente, pudiendo desarrollarse una pequeña resistencia sobre la superficie del mismo.

**Pilotes de Fricción:** Son aquellos que al estar soportando una carga sobre su cabeza dentro de un estrato profundo de suelo granular o coherente, desarrollan su resistencia por el rozamiento que se genera a lo largo de éste y el suelo que lo rodea. La rugosidad de la superficie del pilote puede ayudar en algo, pero tal parece que sus efectos son relativamente importantes, salvo en aquellos casos que se utilicen pilotes de madera sin descortezar.

**Pilotes Mixtos:** Son aquellos elementos que utilizan las características de los de punta y de fricción.

Un pilote o Pila es un elemento de cimentación profunda cuyas funciones principales son las de transmitir las cargas de la superestructura e infraestructura a través de estratos flojos e inconsistentes, hasta estratos mas profundos con la capacidad de carga suficiente para soportarlas; o bien, para repartir estas en un suelo relativamente blando de tal manera que atraviesen lo suficiente que permitan soportar la estructura con seguridad, así como evitar asentamientos.

Por lo antes explicado concluimos que no existe entre pilas y pilotes una diferencia más substancial que su diámetro. La capacidad de carga y los asentamientos en pilas pueden establecerse en la misma forma descrita para los pilotes.

Las pilas pueden ser preexcavadas a mano o con maquinaria especial, pues su diámetro prohíben su hinc a golpes. El procedimiento denominado del pozo seco consiste simplemente en fabricar manualmente un pozo hasta el estrato resistente, convenientemente ademado y de dimensiones tales que un hombre por lo menos



pueda trabajar en su interior; como su nombre lo indica, el método solo puede aplicarse en terrenos secos o en los que las filtraciones sean muy pequeñas.

Método Chicano es una variante del anterior, en la que se va excavando el material hasta una profundidad del orden de 1 a 2 m, según su consistencia; la excavación se adema con largueros verticales de madera, que se mantienen con anillos de acero; se continua después de la excavación, repitiendo las operaciones de ademado en cada trama; al alcanzar el nivel de apoyo, suele ampliarse la base, para mejorar el poder portante del elemento : el hueco así producido, se rellena de concreto . Si las filtraciones de agua resultan grandes puede usarse el método Gow en el cual van introduciendo en el terreno secciones tubulares de acero, telescópicamente, excavando a mano el material que va quedando dentro de cada sección.

Los métodos de excavación a mano resultan muy costosos en la actualidad, por lo cual se han desarrollado maquinas capaces de construir pilas, que además no tiene la limitación que la presencia de agua impone a los métodos manuales. Entre estas destaca la maquina Benoto de patente francesa, que fabrica pilas de 1 m de diámetro.

La excavación se realiza hincando un tubo exterior resistente, del que se va extrayendo el material usando una cuchara de almeja. El tubo se hinca con un efecto combinado de presión y rotación alternado, con lo que se asegura que no se adhiera al suelo. Al terminar la perforación se vacía dentro el concreto, a la vez se extrae la tubería de perforación.

#### **VI.4.3 TABLESTACADO METÁLICO**

Se define como tablestacado metálico al muro formado por perfiles metálicos especiales, denominados tablestacas, enlazados entre sí longitudinalmente e hincados en el terreno total o parcialmente.

El tablestacado metálico se utiliza como muro de impermeabilización, como muro de contención de excavaciones y rellenos y como obra de entibación del terreno

Las tablestacas, s son un tipo de pantalla, o estructura de contención flexible.

Están formadas por elementos prefabricados. Estos elementos prefabricados suelen ser de acero, aunque también las hay de concreto.

Los elementos prefabricados que componen las tablestacas se hincan en el terreno mediante vibración. Aunque es muy raro, en ocasiones también se introducen en el terreno por golpeo.

Dado que los elementos se colocan mediante hinca, han de tener unas dimensiones (entre ellas el espesor) lo suficientemente pequeñas para que se facilite la hinca. Pero también ha de tener una resistencia mínima. Es por esto por lo que, salvo raras excepciones, se emplea el acero.

Los pequeños espesores pueden dar lugar a que los paneles o planchas metálicas que conforman las tablestacas pandeen o flexione. Para evitarlo, se alabea la sección, dotándoles de una mayor inercia.

Sus secciones típicas son 'en Z' o 'en U'.

La hincada de tablestacas puede realizarse por alguno de los siguientes procedimientos:

- Hincada de cada tablestaca individualmente.
- Hincada de tablestacas por parejas.
- Hincada de tablestacas por paneles.

En suelos granulares muy compactadas, en especial si están secos, se suele inyectar agua a presión, inmediatamente antes del pie de la tablestaca a hincar, a través de un tubo metálico rígido de pequeño diámetro. Por este procedimiento se consigue aflojar y descompactar el terreno facilitando la hincada de la tablestaca. No se recomienda el empleo de agua a presión (lanza de agua) en suelos arcillosos, por ser prácticamente ineficaz.

Cuando la hincada se vaya a realizar por pares de tablestacas, la unión entre cada una puede ejecutarse en taller o en obra, con la ayuda de un tomo; la junta entre ambas piezas debe estar perfectamente limpia, realizada de forma que no se rellene con granos de arena durante la hincada, con el fin de que no oponga demasiada resistencia al deslizamiento relativo entre tablestacas.

En obras de importancia la hincada de tablestacas se suele realizar por paneles. Cada panel está formado por seis (6) a ocho (8) pares de tablestacas, previamente ensambladas entre sí y guiadas a uno o varios niveles. La hincada de los paneles se empieza por las tablestacas extremas, hincándolas hasta la mitad de su empotramiento definitivo o hasta que queden ancladas, en casos de tablestacas de gran longitud. A continuación se hincan, hasta la misma profundidad, las tablestacas intermedias, colocándose un nuevo panel, del que se hincan las tablestacas, empezando por la extrema en el sentido de avance. Una vez realizado el tablestacado hasta la profundidad anterior, se procede a completar la hincada de los paneles previos, pudiendo utilizarse para ello un nuevo equipo de hincada.

Cuando se utiliza un vibrador suspendido de una grúa para la hincada de tablestacas, el número de éstas que se presentará, simultáneamente, no debe ser inferior a veinte (20), hincándose alternativamente de forma que la diferencia de alturas de las cabezas de dos contiguas no sea superior a dos metros ( 2m.).

En terrenos sin cohesión se recomienda, en general, hincar las tablestacas con golpes ligeros y rápidos o bien por vibración; en terrenos compactados y con cohesión se deberá dar golpes lentos y potentes.

Se debe disponer de guías para las tablestacas, consistentes en una doble fila de perfiles o de tablones o piezas de madera de mayor sección, colocadas a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a ejecutar. Esta doble fila de tablones estará solidariamente sujeta y

apuntalada al terreno y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de las tablestacas en más de dos centímetros (2 cm ).

Las ranuras de las pestañas de unión de unas tablestacas con otras se protegerán en lo posible, en su extremo inferior, de la introducción de terreno ya que dificultaría el enhebrado de las tablestacas que se hincan a continuación, tapando el referido extremo inferior de la mencionada ranura con una pieza metálica, tornillo, clavo, etc., de forma que permanezca en su sitio durante la hincada, pero que pueda ser fácilmente expulsado por la tablestaca que se enhebre en la ranura y que llegue a mayor profundidad.

La hincada se continuará hasta alcanzar la penetración mínima exigible en el terreno.

Terminada la hincada se cortarían, si fuese necesario, las tablestacas de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los Planos y se arriostrarán o anclarán, si procediera.

Los empalmes de tablestacas se efectuarán con trozos de longitud apropiada que se unirán por soldadura, de forma que el ángulo de las dos partes soldadas no sea superior a tres grados sexagesimales en cualquier dirección.

Cuando esté prevista la extracción de las tablestacas, se tomarán precauciones durante la hincada con el fin de facilitar el futuro arranque. En particular, se deberá interrumpir la hincada cuando se alcance el rechazo, para no deformar la base de la tablestaca, lo que impedirá el arranque normal. Si las tablestacas se hubieran hincado por partes, con las juntas matizadas, se deberán arrancar también por pares.

#### **IV.4.4 EXCAVACIÓN CON TROQUELES.**

En el diseño de las excavaciones se considerarán los siguientes estados límite:

- a) De falla: colapso de los taludes o de las paredes de la excavación o del sistema de adomado de las mismas, falla de los cimientos de las construcciones adyacentes y falla de fondo de la excavación por corte o por subpresión en estratos subyacentes, y colapso del techo de cavernas o galerías.
- b) De servicio: movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos por descarga en el área de excavación y en los alrededores. Los valores esperados de tales movimientos deberán ser suficientemente reducidos para no causar daños a las construcciones e instalaciones adyacentes ni a los servicios públicos. Además, la recuperación por recarga no deberá ocasionar movimientos totales o diferenciales intolerables para las estructuras que se desplanten en el sitio.

Para realizar la excavación, se podrán usar pozos de bombeo con objeto de reducir las filtraciones y mejorar la estabilidad. Sin embargo, la duración del bombeo deberá ser tan corta como sea posible y se tomarán las precauciones necesarias para que sus efectos queden prácticamente circunscritos al área de trabajo.

Para nuestra cimentación los estados límite de falla y de servicio.

#### Estados límite de falla

La estabilidad de las cimentaciones compensadas se comprobará además que no pueda ocurrir flotación de la cimentación durante ni después de la construcción. De ser necesario, se lastrará la construcción o se instalarán válvulas de alivio o dispositivos semejantes que garanticen que no se pueda producir la flotación. En la revisión por flotación, se considerará una posición conservadora del nivel freático.

Se prestará especial atención a la revisión de la posibilidad de falla local o generalizada del suelo bajo la combinación de carga que incluya el sismo.

#### Estados límite de servicio

Para este tipo de cimentación se calcularán:

- a) Los movimientos instantáneos debidos a la carga total transmitida al suelo por la cimentación, incluyendo los debidos a la recarga del suelo descargado por la excavación.
- b) Las deformaciones transitorias y permanentes del suelo de cimentación bajo la segunda combinación de acciones. Se tomará en cuenta las deformaciones permanentes tienden a ser críticas para cimentaciones con escaso margen de seguridad contra falla local o general y que los suelos arcillosos tienden a presentar deformaciones permanentes significativas cuando bajo la combinación carga estática–carga sísmica cíclica se alcanza un esfuerzo cortante que represente un porcentaje superior al 90 por ciento de su resistencia estática no–drenada.
- c) Los movimientos diferidos debidos al incremento o decremento neto de carga en el contacto cimentación– suelo.

Los movimientos instantáneos y los debidos a sismo se deben calcular. El cálculo de los movimientos diferidos se llevará a cabo en la forma tomando en cuenta, además, la interacción con el hundimiento regional. Se tomará en cuenta que las cimentaciones sobre–compensadas en la zona lacustre tienden a presentar una emersión aparente mucho mayor y más prolongada en el tiempo que la atribuible a las deformaciones elásticas y a los cambios volumétricos inducidos por la descarga. Lo anterior es consecuencia de la interacción entre la descarga y el hundimiento regional cuya velocidad disminuye localmente al encontrarse el suelo preconsolidado por efecto de la descarga. En la zona III y en presencia de consolidación regional la sobre–compensación no será superior a 10 kPa (1 t/m<sup>2</sup>) a menos que se demuestre que un valor mayor no dará lugar a una emersión inaceptable ni a daños a construcciones vecinas o servicios públicos.

En el diseño y construcción de estas cimentaciones deberá tenerse presente que los resultados obtenidos dependerán en gran medida de la técnica empleada en la realización de la excavación

#### **IV.4.5 LOSA DE CIMENTACIÓN**

Las Cimentaciones por Losa, también conocidas como Cimentaciones por Placa o Plateas de Fundación, son aquellas Cimentaciones Superficiales que se disponen en plataforma, la cual tiene por objeto transmitir las cargas del edificio al terreno distribuyendo los esfuerzos uniformemente.

Estas losas llevan una armadura principal en la parte superior para contrarrestar la contrapresión del terreno y el empuje del agua subterránea, y una armadura inferior, debajo de las paredes portantes y pilares, para excluir en lo posible la producción de flechas desiguales.

En casos de terrenos de poca resistencia para cimentación (inferior a  $1 \text{ kg/cm}^2$ ), puede ocurrir que las zapatas de los pilares aislados tiendan a juntarse.

La cimentación por losa es una buena solución cuando:

- \* La construcción posee una superficie pequeña en relación al volumen (rascacielos, depósitos, silos).
- \* La base de cimientos calculada resulta tal que la transmisión de carga a  $45^\circ$  representa una profundidad excesiva.
- \* El terreno tiene estratificación desigual y son previsibles asientos irregulares
- \* El terreno de asiento es flojo y de gran espesor y los pilotes a colocar serían exageradamente largos.

También se opta por ella cuando se quiere construir un sótano en seco en una obra asentada sobre una capa freática (excavación en forma de cubeta). Por lo tanto, conviene construir una losa general de apoyo de toda la estructura del edificio. Esta forma tiene la ventaja de que ofrece una buena disminución en el riesgo de asiento de la estructura.

Esta alternativa se da a través de la disposición en plataforma o tablero de cimentación que transmite las cargas del edificio al terreno mediante una superficie igual o superior a la de la obra.

La cimentación en losa debe tener un canto mínimo de 30 cm. sobre base de concreto pobre o. Aunque habitualmente las losas tienen unos cantos que van desde 50 a 120 cm, según el tipo de edificio que soportan.

Las Cimentaciones por Losa actúan a través de una superficie de apoyo continua que iguala las presiones y forma un arriostramiento en todos los puntos de apoyo.

Estas cimentaciones se construyen en concreto armado preparado para reducir los posibles asentamientos. Esta estructura responde en forma óptima en suelos con

estratos sensiblemente homogéneos y cuando el edificio reparte los esfuerzos sobre la losa con una retícula que guarda simetría geométrica.

También se opta por ella cuando se quiere construir un sótano en seco en una obra asentada sobre una capa freática.

Esta alternativa se da a través de la disposición en plataforma o tablero de cimentación que transmite las cargas del edificio al terreno mediante una superficie igual o superior a la de la obra.

Puede conseguirse máxima rigidez con poco consumo de material procediendo tal y como es frecuente en los forjados de piezas huecas: envolviendo en concreto un sistema de piezas huecas o de relleno.

#### **IV.4.6 SUBESTRUCTURA**

La subestructura es la parte de la estructura que sirve para transmitir las cargas de ésta al suelo de la cimentación, este tipo de cimentación es conocida como cimentación compensada.

Se entiende por cimentaciones compensadas aquéllas en las que se busca reducir el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante excavaciones del terreno y uso de un cajón desplantado a cierta profundidad.

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

Para el cálculo del incremento de carga transmitido por este tipo de cimentación y la revisión de los estados límite de servicio, el peso de la estructura a considerar será: la suma de la carga muerta, incluyendo el peso de la subestructura, más la carga viva con intensidad media, menos el peso total del suelo excavado. Esta combinación será afectada por un factor de carga unitario. El cálculo anterior deberá realizarse con precisión tomando en cuenta que los asentamientos son muy sensibles a pequeños incrementos de la carga neta. Además, en esta evaluación, deberán tomarse en cuenta los cambios posibles de materiales de construcción, de solución arquitectónica o de usos de la construcción susceptibles de modificar significativamente en el futuro dicha carga neta. Cuando la incertidumbre al respecto sea alta, la cimentación compensada deberá considerarse como poco confiable y deberá aplicarse un factor de carga mayor que la unidad, cuidando al mismo tiempo que no pueda presentarse una sobre-compensación excesiva, o adoptarse otro sistema de cimentación.

La porción de las celdas del cajón de cimentación que esté por debajo del nivel freático y que no constituya un espacio funcionalmente útil, deberá considerarse como llena de agua y el peso de esta deberá sumarse al de la subestructura, a menos que dicho espacio se rellene con material ligero no saturable que garantice la permanencia del efecto de flotación.

## VI. PROGRAMA DE OBRA

El programa de obra es la representación grafica y calendarizada del tiempo de ejecución de los trabajos de una obra o proyecto a realizar y consiste en poderlo descomponer en operaciones individuales, para poder llevar acabo un lógico y eficiente manejo de la obra.

En el caso del proyecto de l edificio de reforma 27, su programa de obra consiste en un tiempo de ejecución de todas sus actividades de aproximadamente 804 días, empezando el jueves 13 de diciembre de 2007 y finalizando el jueves 30 de octubre de 2010.

El programa general se divide en preliminares y tres etapas diferentes las cuales tienen sus respectivas actividades.

Para el caso de nuestro tema de tesis se vera el programa de obra en general así como la etapa I en las actividades que con forman el programa de obra de la cimentación desglosada. La cual consta de 120 días de realización de los trabajos.

### *ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE OBRA EN GENERAL*

Firma de la carta de intención

Inauguración de la obra

Comienzo de los trabajos

Preliminares

Etapa I

"Entrega de proyecto ejecutivo de muros Milán, pilas y tablaestaca"

Cuantificación y elaboración de catalogo de conceptos

Conciliación de catálogo y programa ejecutivo

Autorización del presupuesto y firma del contrato

Elaboración y conciliación del contrato

Anticipo y documentación necesaria para el mismo

"Cimentación profunda (muros Milán, pilas y tablaestacado)"

Cimentación (muros Milán y pilas)

Etapa II

Sub-estructura y súper-estructura

Entrega de proyecto ejecutivo de subestructura y superestructura

Cuantificación y elaboración de catalogo de conceptos



Conciliación de catálogo y programa ejecutivo  
Autorización del presupuesto  
Elaboración y conciliación del contrato  
Anticipo y documentación necesaria para el mismo  
Comienzo de los trabajos  
Sub-estructura  
Zona 1B y zona 1 A  
Excavación de núcleo  
Losa de cimentación  
Nivel -4  
Nivel -3 al nivel -1  
Zona central  
Excavación de núcleo  
Losa de cimentación  
Nivel -4  
Nivel -3 al nivel -1  
Superestructura  
Superestructura etapa 1  
Estructura de concreto pb- n1  
Estructura de concreto n-2 al n-5  
Estructura de concreto del n-5 al n-23  
Estructura de concreto n-alberca y n - gimnasio  
Instalación de montacargas y grúas fijas

### Etapa III

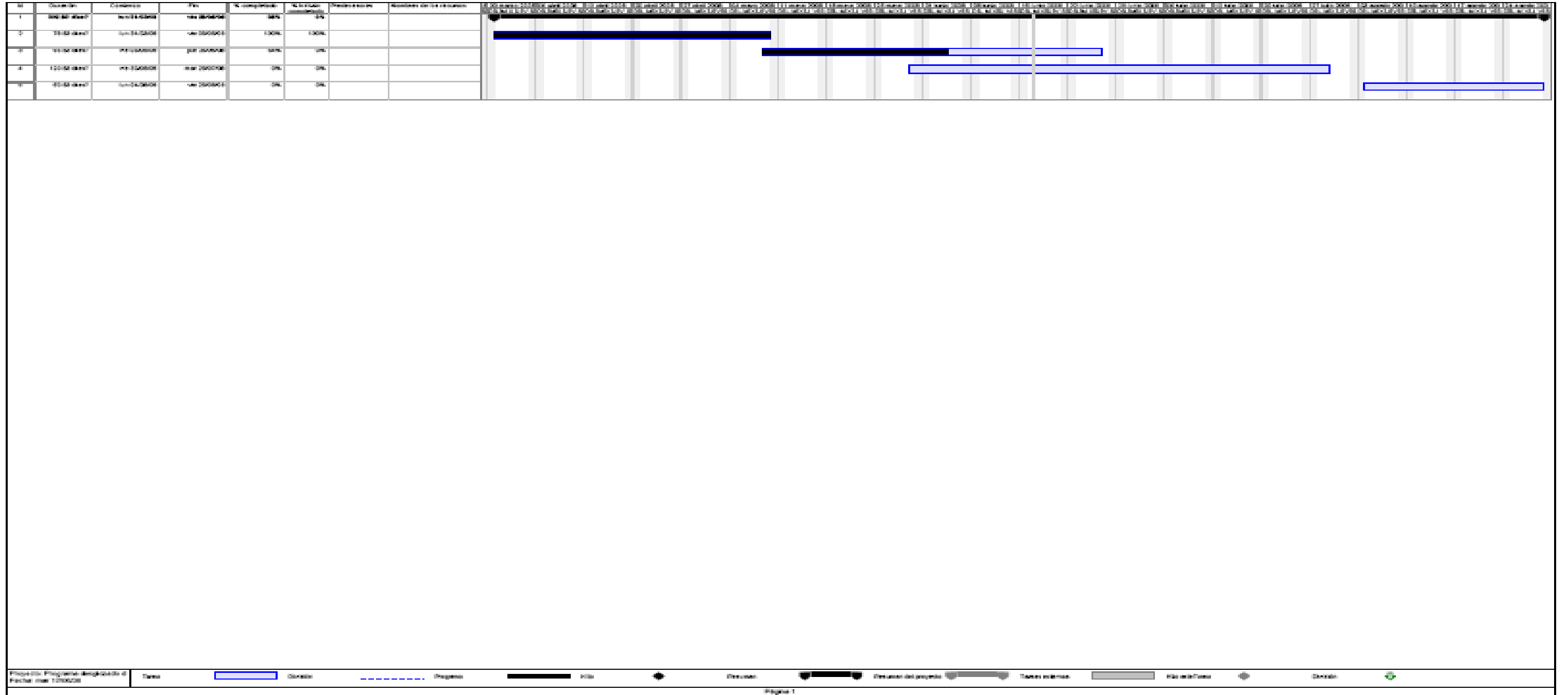
"Entrega de proyecto ejecutivo de albañilerías, instalaciones, acabados y obra exterior"

Cuantificación y elaboración de catalogo de conceptos  
Conciliación de catálogo y programa ejecutivo  
Autorización del presupuesto

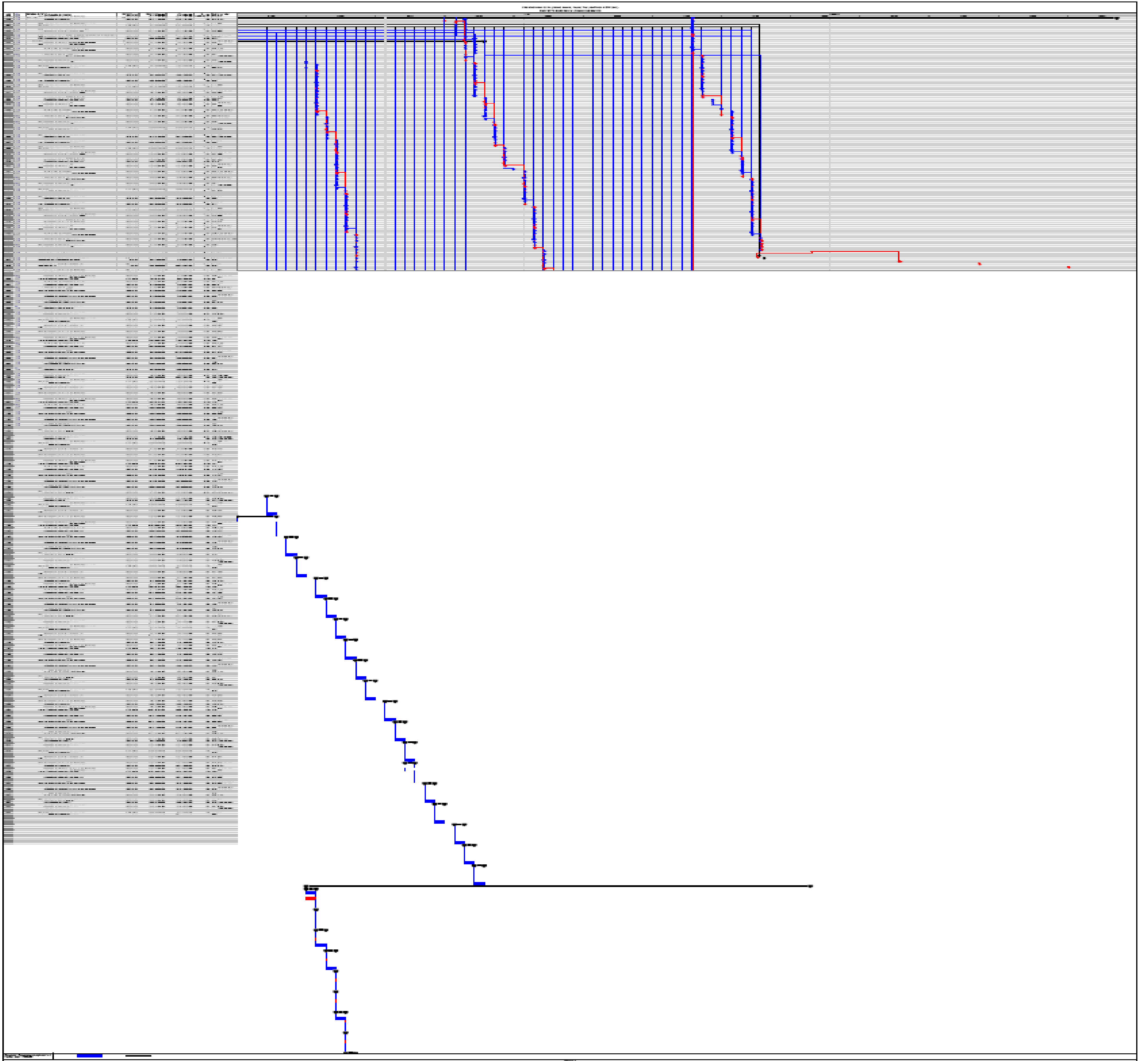
Elaboración y conciliación del contrato  
Anticipo y documentación necesaria para el mismo  
Comienzo de los trabajos  
Instalaciones  
Hidrosanitaria  
Electromecánica  
"Voz, datos, aire"  
Albañilerías  
Muros  
Firmes  
Azoteas  
Acabados  
Recubrimientos pétreos  
Cancelería  
Carpintería  
Tabla roca  
Pastas y pintura  
Instalación de mobiliario decorativo  
Obra exterior  
Jardinerías y banquetas  
Fin de los trabajos



## Programa de Obra de la Cimentación



Programa de Obra de la Cimentación Desglosado



## CONCLUSIONES

Construir en el suelo de la ciudad de México muchas veces resulta una labor complicada, ya que tiene la característica particular de que gran parte esta construida en una zona donde alguna vez hubo un lago. Lo cual hace que se tenga un suelo con material inestable complicando y encareciendo el poder edificar.

En México se tiene un déficit de casas de 4.3 millones y se estima crecerá 7.2 millones en los próximos 10 años, por lo que es necesario empezar a construir mas hogares para las familias mexicanas y disminuir la demanda de estas.

En nuestra investigación se reviso un edificio de departamentos el cual tiene la particularidad de estar construido en la zona del lago y esto nos dificulta la construcción ya que se tuvo que proponer varias soluciones para poder hacer dicho edificio sin que se elevara mucho el costo del proyecto.

Se opto por una alternativa que hacia la cimentación del edificio más sencilla y que permitía que los costos no se elevaran, así mismo se lograba trabajar mas rápido ya que se podían atacar varios frentes al mismo tiempo.

En esta tesis se tomaron puntos muy importantes para la construcción de cualquier proyecto, en especial el estudio de impacto ambiental sin el cual no es posible continuar con la realización del proyecto.

El estudio de mecánica de suelos fue hecho por la empresa TGC geotecnia a petición de las autoridades del gobierno del Distrito Federal, en este estudio se propuso la cimentación usada, tomando en cuenta la profundidad que se requería y el tipo de materiales que se encontraban en el sitio.

En el proceso de construcción del muro Milán y Pilas hubo factores importantes que no se tomaron en cuenta en la planeación, y que se presentaron al momento de la construcción. Lo cual nos hace reflexionar en que para cualquier estudio y planeación de construcción se deben tomar en cuenta las opiniones y experiencias del personal calificado en obra.

Se entiende que es muy importante contar con un buen programa de obra, conociendo todas las variantes que podrían impedir el poder llevar a cabo las actividades planeadas, ya que en ocasiones no es posible construir con la velocidad deseada por agentes externos a la obra, como en nuestro caso fueron festividades no calendarizadas, por lo cual se tubo que ingeniar una estrategia para no afectar el avance de la obra.

Tenemos que tomar en cuenta para cualquier tipo de construcción todos los factores que intervienen en ella, un factor importante es el factor humano el cual lleva a tomar en cuenta todas las precauciones posibles para no tener ningún tipo de incidente que afecte al personal, así como también un trato digno y justo para la labor que desarrollan y así poder tener un eficiente desempeño que nos ayude en la correcta y eficaz ejecución de los trabajos.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

Gaceta Oficial del Distrito Federal (2004), “Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo”, 6 de octubre, Tomo II, N° 103-Bis

Gaceta Oficial del Distrito Federal (2004), “Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones”, 6 de octubre, Tomo II, N° 103-Bis

GAVM “Asentamiento promedio por año en el periodo 1985-1995”, gráfica

*Mecánica de suelos, Tomo II, Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez, Editorial LIMUSA, Segunda edición, Tercera Reimpresión 1982.*

*Mecánica de Suelos Y Cimentaciones, Carlos Crespo Villalaz, Editorial LIMUSA, Segunda edición, 2005.*

Santoyo, E. y J. A. Segovia (2006), “El hundimiento regional del subsuelo de la ciudad de México se acrecenta”, Revista del Colegio de Ingenieros

Tamez, E et al. (1987), Manual de diseño geotécnico, Vol I, COVITUR, Departamento del Distrito Federal

TGC, Geotecnia, S.A. de C. V., “Recomendaciones Geotécnicas para la Solución de Cimentación del Proyecto de Reforma 27”

VIVEICA (2007) “Propuesta de proyecto arquitectónico en Reforma 27”