



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS ACATLAN



“ ANALISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TORRES DE TELEFONIA CELULAR “

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A:
BENJAMIN HUGO ELVIRA DEL CARMEN

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Benjamin Hugo Elvira del Carmen
FECHA: 26 de Octubre de 2005
FIRMA: [Firma manuscrita]



ACATLAN, ESTADO DE MEXICO 2005

m. 349443



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Esta tesis está dedicada a:

Mi madre

Quien me dio la vida y ha alimentado mis sueños

A Francis y Madame Bailloul

Por su apoyo en aquellos días de universidad.

Mi padre y hermanos

Presentes en cada momento de mi vida

Mi Abuela

Por sus cuidados y enseñanzas para mantener en el camino.

Francesco y Margarita

Más que amigos, por su gran amistad y constante consejo

A Salomé

Por su coraje, decisión y actitud ante la vida

"Todos tenemos las mismas oportunidades, pero cada quien decide si las toma"

Gladys, Raymundo y Hector

Compañeros de universidad y siempre a amigos.

*A todos aquellos que han compartido y me han enseñado en trabajo del día a día en la vida profesional
(Laura, Dante, Javier y Hugo).*

¡Gracias a Dios!

INDICE

Introducción

Capítulo 1 Redes de telefonía celular

Objetivo	1
1.1. Definición	1
1.1.1. Radio bases	1
1.1.2. Teléfono celular	1
1.1.3. Funcionamiento de la red celular	2
1.2. Mapa de una red de telefonía celular	4
1.2.1. Definición de las zonas de cobertura	5
1.2.2. Medio de transmisión	6
1.2.3. Ruta de transmisión	6
1.3. Estudios de radio frecuencia	7
1.3.1. Antena de radio frecuencia	8
1.3.2. Prueba en movimiento (Drive Test)	9
1.3.3. Orientación de la antena	10
1.3.4. Proceso de optimización	10
1.3.5. Recomendaciones de seguridad	11
1.4. Estudios de microonda	12
1.4.1. Antena de microonda	12
1.4.2. Orientación de la antena	12
1.4.3. Línea de vista	13
1.5. Definición de alturas necesarias para radio frecuencia y microonda	14
1.6. Definición de área de búsqueda	15
1.7. Elección y evaluación de espacios para radio bases	18
1.7.1. Consideraciones legales	18
1.7.2. Consideraciones constructivas	18
1.7.3. Procedimiento de evaluación de espacios	19
1.8. Adquisición del Sitio radio base	20

Capítulo 2 Tipos de escenarios y estructuras más comunes

Objetivo	22
2.1 Escenario de torre sobre piso	22
2.2 Escenario de torre sobre estructuras o azoteas	26
2.2.1 Torre arriestrada y caseta tipo contenedor	28
2.2.2 Mástiles y equipos compactos	28
2.3 Escenario combinado	30
2.4 Estructuras más comunes	33
2.4.1 Especificaciones generales de torres	33
2.4.2 Normas y reglamentos para instalación de estructuras	33
2.4.3 Especificaciones de materiales para la fabricación de torres	34

2.4.4	Conexiones	34
2.5	Torres auto-soportadas robustas	35
2.5.1.	Montantes o piernas	35
2.5.2.	Miembros transversales	35
2.5.3.	Miembros diagonales	36
2.5.4.	Características estructurales	36
2.6	Torres auto-soportadas esbeltas	37
2.7	Monopolos	37
2.8	Torres arriostradas	42
2.9	Conclusiones	42

Capítulo 3 Revisión y análisis de estructuras

Objetivo		43
3.1	Propuesta real para análisis por viento de un sitio	43
3.2.	Análisis de viento	48
3.2.1.	Análisis paso a paso	49
3.2.2.	Procedimiento de análisis para obtener las fuerzas de viento de acuerdo a manuales CFE y normas vigentes	50
3.2.2.1.	Clasificación de la estructura según su importancia	50
3.2.2.2.	Clasificación de la estructura según su repuesta ante la acción de viento	51
3.2.2.3.	Efectos de viento que deben considerarse	53
3.2.2.4.	Procedimiento para determinar las acciones de viento	53
3.2.2.5.	Cálculo de la velocidad de diseño	55
3.2.2.6.	Categorías de terreno y clases de estructura	55
3.2.2.7.	Mapas de Isotacas, Velocidad Regional V_R	57
3.2.2.8.	Factor de exposición F_a	58
3.2.2.9.	Factor de tamaño F_c	59
3.2.2.10.	Factor de rugosidad y altura F_z	59
3.2.2.11.	Factor de topografía F_t	60
3.2.2.12.	Presión dinámica a la base q_z	61
3.2.3.	Análisis dinámico	62
3.2.3.1.	Cálculo de presiones y fuerzas	63
3.2.3.2.	Factor de respuesta dinámica debida a ráfagas	63
3.2.3.3.	Cálculo de g	64
3.2.3.4.	Cálculo de fuerzas en la dirección del viento	68
3.2.3.5.	Torre tipo celosía de 40.00 M – materiales	68
3.2.3.6.	Torre expuesta tipo M4MA-CEL/CUA-EX	70
3.2.3.7.	Calculo de fuerzas de viento sobre las antenas	72
3.3.	Análisis de operación	73
3.3.1.	Análisis sísmico	78
3.3.2.	Elaboración de modelo empleando el programa Staad Pro	80
3.4.	Resultados de análisis	80
3.4.1.	Reacciones sobre apoyo	80
3.4.2.	Revisión de desplazamientos	80

3.4.3.	Peso de torre_____	82
3.4.4.	Resumen de eficiencias de perfiles_____	82
3.4.5.	Elementos mecánicos para diseño de cimentación_____	83

Capítulo 4 Diseño de cimentaciones

Objetivo_____		85
4.1	Tipos de suelos y sus propiedades_____	85
4.1.1.	Identificación de los suelos_____	88
4.1.2.	Identificación de suelos gruesos_____	88
4.1.3.	Identificación de suelos finos_____	89
4.1.3.1.	Propiedades de los suelos finos_____	90
4.1.4.	Sistemas de clasificación de suelos_____	91
4.1.5.	Sistema unificado de clasificación de suelos USCS_____	91
4.2	Tipos de cimentaciones_____	96
4.2.1	Cimentaciones someras o superficiales_____	96
4.2.2	Cimentaciones profundas_____	97
4.3	Estudio de mecánica de suelos_____	97
4.3.1	Sondeos de suelo_____	97
4.3.2	Tipos de sondeo_____	97
4.3.3	Número, tipo y profundidad de los sondeos_____	98
4.3.4	Método de penetración estándar_____	98
4.3.5	Pozos a cielo abierto_____	99
4.4	Proceso de análisis y diseño_____	100
4.4.1	Diseño de la zapata_____	101
4.4.2	Calculo del peso propio de la cimentación y peso propio de la torre_____	103
4.4.3	Elementos mecánicos obtenidos con ayuda del programa Staad Pro_____	104
4.4.4	Revisión de factores de seguridad_____	105
4.4.4.1	Revisión por volteo_____	105
4.4.4.2	Revisión por cortante_____	106
4.4.5	Revisión Estado Límite de Falla de Suelo_____	107
4.5	Cálculo, análisis de acero de refuerzo_____	108
4.6	Planos de cimentación_____	114
4.7	Recomendaciones para construcción de la zapata_____	116

Capítulo 5 Proceso Constructivo y Análisis de Costo

Objetivo_____		117
5.1	Proceso constructivo de cimentación para torre auto-soportada robusta_____	117
5.1.1	Limpieza, trazo y nivelación de terreno_____	118
5.1.2	Excavación_____	118
5.1.3	Colado de plantilla de concreto pobre_____	119

5.1.4	Habilitado y armado de acero de refuerzo	120
5.1.5	Colocación de anclas	120
5.1.6	Cimbrado	121
5.1.7	Colado	121
5.1.8	Cilindros de concreto	122
5.1.9	Descimbrado	122
5.1.10	Curado de cimentación	122
5.2	Pruebas de Campo	123
5.3	Pruebas de concreto	123
5.4	Pruebas de laboratorio	124
5.4.1	Prueba próctor estándar	124
5.4.2	En el laboratorio	125
5.5	Proceso de montaje de torre auto-soportada robusta	126
5.5.1	Tramo cero	126
5.5.2	Desplome vertical	127
5.5.3	Rotación Horizontal	127
5.5.4	Piezas verticales de arranque	127
5.6	Análisis de costo de cimentación	127
5.6.1	Programas de computadora	128
5.6.2	Presupuesto	128
5.6.3	Análisis de factor de salario real	131
5.6.4	Análisis costo horario	141
5.6.5	Análisis de precios unitarios	150
5.6.6	Presupuesto	159
Conclusión		163

Anexo A Elaboración de Modelo empleado el programa STAAD Pro

Anexo B Mecánica de Suelos

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

La industria de las telecomunicaciones en el mundo ha tenido un auge importante desde la década de los 80's. En México, este auge se retrasó una década y no fue hasta los 90's que se desarrolla y despliega significativamente la tecnología de las telecomunicaciones. Esta naciente industria ha creado una cantidad importante de empleos requiriendo a especialistas de diferentes áreas, tanto Administrativas como de Ingeniería, destacando los ingenieros en telecomunicación, electrónica, mecánico eléctrico, civiles, etc.

El presente trabajo se enfoca principalmente a la aplicación de la Ingeniería Civil en la industria de las telecomunicaciones, específicamente al Análisis, Diseño y Construcción de torres de telefonía celular. Para ello es necesario que el ingeniero civil tenga claros los conceptos que integran una Red de telefonía celular o inalámbrica, desde los parámetros de diseño hasta la colocación y operación de una torre de telecomunicación.

Los parámetros que definen dicha red celular permiten al ingeniero tener una idea bien enfocada del proyecto y ser capaz de tomar todas las consideraciones para el óptimo comportamiento de la estructura.

El tipo de infraestructura en la que pueden ser colocadas las diferentes estructuras de telecomunicación van desde el suelo hasta edificios; por lo tanto el ingeniero debe saber que las infraestructuras tienen un comportamiento propio y colocar una estructura de telecomunicación adicional provoca un análisis más complejo e involucra la aplicación de los reglamentos y normas vigentes en el país, así como las recomendaciones de los propios fabricantes y publicaciones especializadas.

También se deben conocer las propiedades de los materiales y sus comportamientos. Si el Ingeniero conoce el origen y comportamiento del suelo y si además se asesora de un especialista en este ramo, realizará diseños que se apeguen a sus características y formulará una serie de observaciones que facilitarán los procesos constructivos.

Otro punto importante es la tecnología, la cual permite utilizar paquetes de cómputo para analizar y simular el comportamiento de las estructuras de telecomunicación de forma aproximada a la realidad, con la ayuda de algoritmos matemáticos que se apegan a los reglamentos. Este es el caso del Análisis y Diseño de Torres, ya que con ayuda de la tecnología pueden obtenerse desplazamientos, rotaciones angulares y esfuerzos máximos y mínimos respecto a los permisibles por los materiales y estructura en conjunto.

Lo anterior también ayuda a definir con mayor precisión los proceso constructivos, como el montaje de torres, que se ha convertido en una especialidad, así como

los diferentes procesos que van desde que un equipo o brigada que coloque las estructuras diseñadas hasta la utilización de grúas de gran capacidad y longitud de alcance.

También se define el presupuesto del costo de la cimentación de la torre que es conformado por los costos de materiales, mano de obra y equipo, así como los costos directos, costos indirectos y utilidad; para finalmente integrar un presupuesto. Este se puede realizar actualmente con la ayuda de programas de cómputo que permiten hacer más eficientes todas las actividades y con un mayor número de variables que se acerquen al escenario real del proyecto.

El presente trabajo está basado en un proyecto de radio base real ubicado cerca del aeropuerto de la ciudad de San Luis Potosí, para un operador celular.

CAPITULO 1

Redes de telefonía celular

Objetivo: En este capítulo se define el concepto de Red de telefonía celular, así como cada uno de sus componentes y funciones; además de los estudios necesarios de las diferentes ingenierías que tiene como objetivo definir el punto geográfico y alturas de transmisión de señal y radios de cobertura.

1.1. Definición

En términos técnicos una red de telefonía celular consiste en una serie de radio bases comunicadas entre sí mediante emisión de frecuencias radio que se transmiten a través de sistemas de fibra óptica (red de cableado telefónico terrestre) y/o sistemas de microondas (red telefónica inalámbrica). Estas radio bases captan la señal emitida por el teléfono celular o móvil. Se debe entender que la existencia de un teléfono móvil implica la existencia de una vasta red de repetidores de las ondas digitales.

1.1.1. Radio bases

Las radio bases de telefonía móvil son radios bi-direccionales multicanal de baja potencia que captan la señal emitida por un teléfono celular y la transmiten a través de la red de radio bases hasta la central de telecomunicaciones (*Switch*) para ser procesada y conectada con la radio base más cercana al teléfono que se está llamando. Al utilizar un teléfono móvil lo que realmente se está haciendo es comunicarse con la estación base más cercana para iniciar un proceso en cadena que envía la señal de nuestra llamada hasta nuestro objetivo para establecer la comunicación.

Estas radio bases pueden captar indiscriminadamente la señal de los teléfonos celulares y enviarla a la radio base requerida sin que haya restricción de ubicación, lo que la convierte en una de red para aparatos en movimiento; por ello el que también se les conozca como red de telefonía móvil. Si el teléfono está en movimiento, cuando se acerca a otra repetidora cambia la banda de transmisión a la nueva repetidora sin que el usuario del teléfono lo note; ese es el acto de malabarismo que ha terminado con los hilos que subyugaban el teléfono a la tierra.¹

1.1.2. Teléfono celular

Un teléfono celular es una unidad de radio bi-direccional monocanal de baja potencia que tiene la singular capacidad de cambiar dinámicamente la banda

¹ También es la explicación de por qué a veces se cortan las llamadas telefónicas celulares.

por la que transmite y recibe la señal. Estos radios generan radiación en radiofrecuencias "no ionizantes" y sus efectos biológicos son esencialmente diferentes de los de la radiación "ionizante" producida por las máquinas de rayos X.

Como se explicó para que estos radios transmitan su señal a otros teléfonos, cada compañía de teléfonos celulares debe tener unidades repetidoras (radio bases) situadas estratégicamente en diversos lugares de la ciudad y cada teléfono celular usa la repetidora más cercana.

1.1.3. Funcionamiento de la red celular

En la siguiente explicación, un teléfono celular o cualquier otro dispositivo que se puede conectar a una red celular de radio serán referidos como una estación móvil. De esta manera se mantiene la nomenclatura de la literatura sobre el tema.

Las redes celulares están divididas en celdas, cada celda es servida por uno o más radios (transmisor/receptor). Las comunicaciones en una red celular son full duplex, donde la comunicación se logra al enviar y recibir mensajes en dos frecuencias diferentes (FDD por sus siglas en inglés - *Frequency Division Duplexing*). La razón para la topología celular de la red es permitir la re-utilización de las frecuencias. Las celdas, separadas a una cierta distancia pueden re-utilizar las mismas frecuencias, lo cual asegura el uso eficiente de los recursos limitados de radio.

Una red celular consiste tanto de secciones basadas en radio como en tierra. A tal red se la conoce comúnmente como red pública móvil terrestre (PLMN por sus siglas en inglés - *Public Land Mobile Network*). La red está compuesta de las siguientes entidades:

- Estación móvil (MS por sus siglas en inglés - *Mobile Station*): un dispositivo usado para comunicarse en una red celular.
- Estación transportadora base (BST por sus siglas en inglés - *Base Station Transceiver*): un transmisor/receptor usado para transmitir/recibir señales de la sección de radio de la red.
- Centro conmutador móvil (MSC por sus siglas en inglés - *Mobile Switching Center*): El corazón de la red el cual establece y mantiene las llamadas que se hacen en la red.
- Controlador de estación base (BSC por sus siglas en inglés - *Base Station Controller*): controla las comunicaciones entre un grupo de BSTs y un único MSC.
- Red de telefonía pública conmutada (PSTN por sus siglas en inglés - *Public switched telephone network*): La sección terrestre de la red.

La Figura 1 ilustra como estas entidades se relacionan unas con otras dentro de la red. Las BSTs y su BSC a menudo se refieren colectivamente como el subsistema

estación base (BSS por sus siglas en inglés - *base station subsystem*). Para usar en forma eficiente el espectro de radio se reutilizan las mismas frecuencias en celdas no adyacentes. Una región geográfica se divide en celdas. Cada celda tiene una BST que transmite datos a través de un vínculo de radio a las MSs dentro de la celda. Un grupo de BSTs están conectadas a una BSC. Un grupo de BSCs están a su vez conectadas a un centro conmutador móvil a través de vínculos de microondas o líneas telefónicas. El MSC se conecta a la red de telefonía pública conmutada, la cual deriva las llamadas a otras estaciones móviles o teléfonos terrestres.

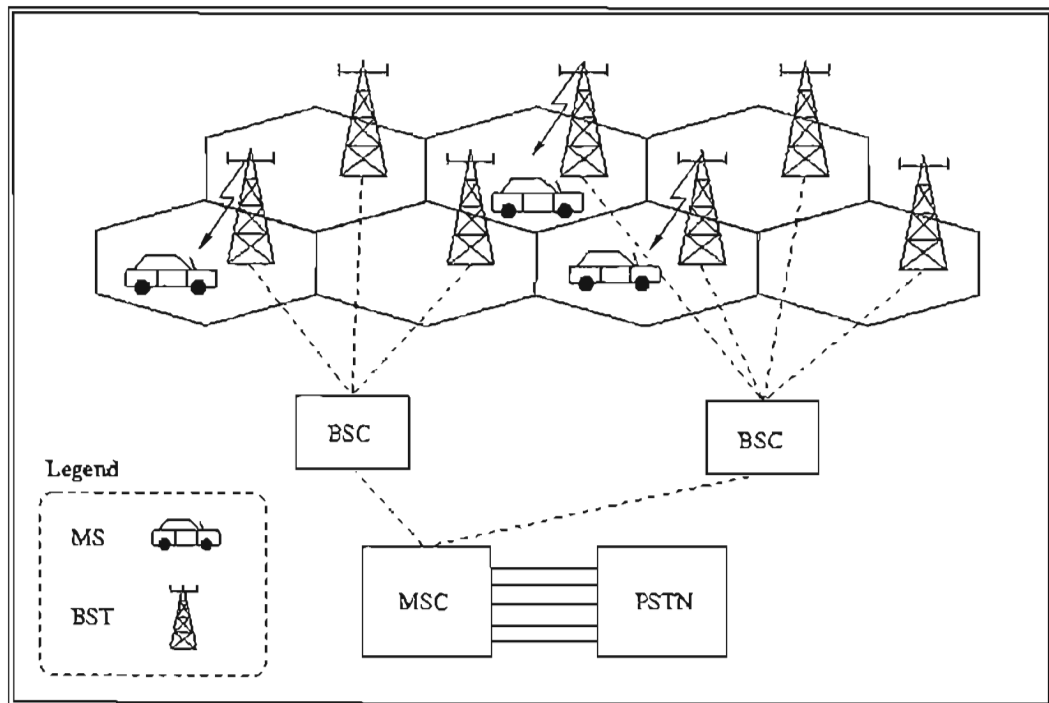


Figura 1. Diagrama General de una Red de Telefonía Celular

La siguiente descripción de una estación móvil haciendo una llamada a otra estación móvil explica mejor la tecnología subyacente en un sistema de red celular:

- a) Una estación móvil inicia una llamada enviando un pedido de inicio de llamada a su estación base más cercana. Este pedido se envía en un canal especial, el canal de control inverso, (RCC por sus siglas en inglés - *Reverse Control Channel*).
- b) La estación base envía el pedido, que contiene el número de teléfono de la parte llamada, al MSC. El MSC valida el pedido y usa el número para hacer una conexión a la parte siendo llamada a través de la PSTN. Primero se conecta él mismo al MSC de la parte siendo llamada, luego el MSC instruye a las estaciones base y móvil que colocó la llamada para cambiar a los canales de voz.

- c) La estación móvil que inició la llamada está entonces conectada con la estación llamada usando canales de voz hacia adelante y hacia atrás sin usar (FVC, BVC por sus siglas en inglés - *Forward Voice Channel, Backward Voice Channel*).

Los pasos que tienen lugar cuando una estación móvil recibe una llamada entrante son como siguen:

- 1) Las estaciones móviles analizan continuamente el canal de control hacia adelante (FCC por sus siglas en inglés - *Forward Control Channel*) por señales de búsqueda desde las estaciones base.
- 2) Cuando un MSC recibe un pedido para una conexión a una estación móvil en su área, envía un mensaje de *broadcast message* a todas las estaciones base bajo su control. Este contiene el número de la estación móvil que está siendo llamada.
- 3) Las estaciones base luego emiten el mensaje en todos los canales de control hacia adelante (FCC).
- 4) La estación móvil correcta reconoce la búsqueda, identificándose en el canal de control inverso (RCC).
- 5) El MSC recibe el reconocimiento a través de la estación base, e instruye a las estaciones base y móvil a cambiar a un canal de voz sin usar. Se transmite entonces un mensaje de datos sobre el FVC, que le indica al teléfono móvil que suene.

Los pasos explicados arriba suceden lo suficientemente rápido como para que el usuario no experimente ninguna demora perceptible entre el pedido de inicio de una llamada y la llamada realmente establecida.

1.2. Mapa de una red de telefonía celular

Para conformar una red de telefonía celular es necesario ubicar de manera general las zonas del mercado objetivo en las cuales se quiere tener la posibilidad de suministrar servicio (cobertura) e identificar las zonas específicas de cobertura que serán las localidades adecuadas para la instalación de las radio bases que constituirán la columna vertebral de una red de telefonía celular. Por ejemplo dentro de una ciudad como México se indica primero el vecindario y/o colonia que se desea cubrir (por ejemplo: Polanco) y después se especifican las calles sobre las cuales se intenta proporcionar servicio. Estas zonas deben irse enlazando entre sí para poder cubrir una llamada en movimiento.

La Figura 2 muestra un mapa inicial de red expresado en las coordenadas de ubicación para las radio bases:

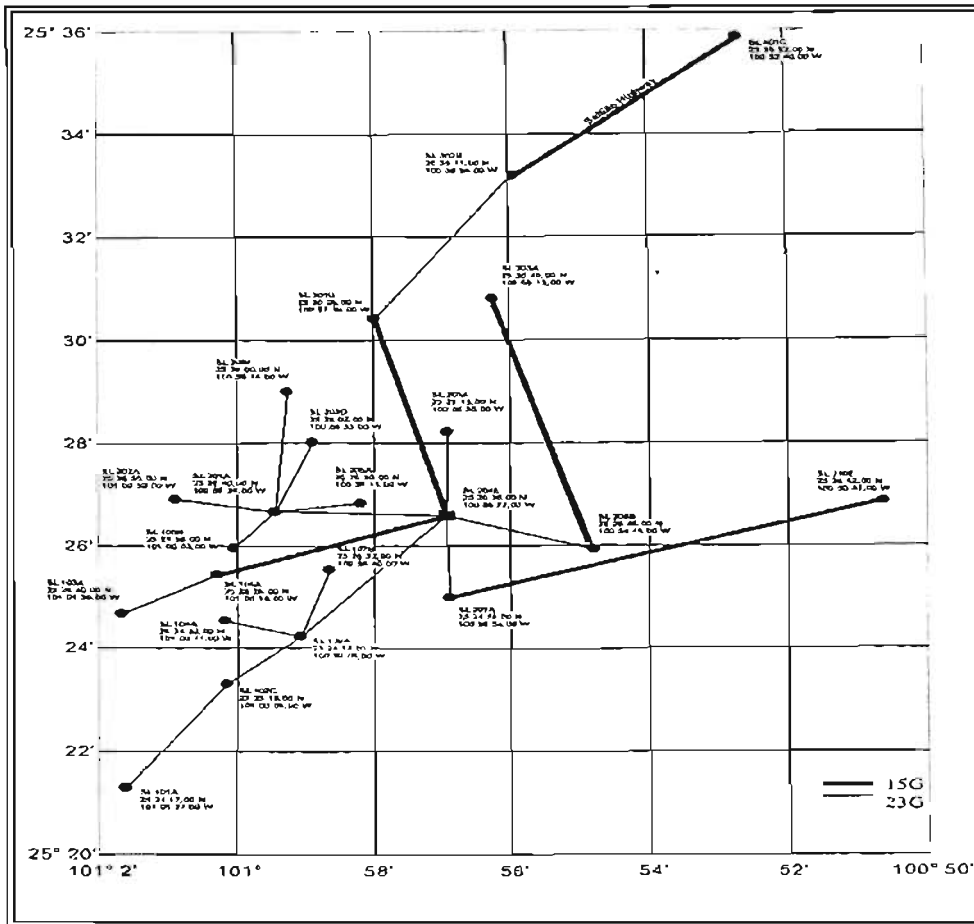


Figura 2. Mapa de Red Inicial con Coordenadas

1.2.1. Definición de las zonas de cobertura

El primer paso es efectuar un estudio de mercado que indique las zonas de cada ciudad que son las más apropiadas para ofrecer el servicio en función a su nivel económico y necesidades de comunicación. Este estudio ayudará también a determinar la capacidad de transmisión que el mercado objetivo requiere para que la red a desarrollar sea competitiva.

Es importante recalcar que aunque la selección de las zonas de cobertura se hace con base en las necesidades de comunicación del estrato económico que puede costearla, estas zonas deben definirse con base en la densidad de población de las áreas seleccionadas, sin importar su nivel económico. Debe recordarse siempre que los teléfonos celulares están en movimiento y deben proporcionar su servicio, en virtualmente toda la ciudad objetivo.

Las zonas que identificará el área de objetivo de mercadotecnia son exclusivamente geográficas y deben trabajarse en conjunto con las áreas de Ingeniería de Radio Frecuencia y de Diseño de Red Fija para crear el mapa específico de búsqueda. La zona objetivo se debe analizar desde el punto

topográfico y de transmisión de frecuencia para determinar los puntos exactos en donde pueden establecerse las radio bases.

1.2.2. Medio de transmisión

Las dos formas de transmisión más comunes en las redes de telefonía celular son: las microondas y la fibra óptica. Cada compañía telefónica debe establecer en este punto el medio de transmisión que piensa utilizar ya que cada medio tiene diferentes consideraciones para desarrollar un mapa de la red.

Si la compañía utiliza microondas es de vital importancia que entre las zonas identificadas no exista ninguna clase de obstrucción (cerros, altiplanos, etc.) en virtud de que las microondas para transmitirse de una zona a otra deben "verse" físicamente. Por esta razón, el estudio topográfico de cada ciudad juega un papel primordial para establecer los puntos óptimos de las radio bases. Este estudio es conocido como análisis de Línea de Vista y se detalla en el punto 1.4.2.² Una vez que se han identificado las irregularidades del terreno, es posible establecer la altura óptima a la que se deben colocar las antenas para transmitir correctamente, así como la inclinación a la que deben colocarse.

En caso de que la comunicación entre las radio bases sea mediante fibra óptica, la existencia de obstrucciones entre las zonas no representa mayor problema porque este tipo de comunicación es a través de cable de cobre. En este último caso, es importante es que de manera terrestre pueda establecerse contacto a la menor distancia posible con el anillo de fibra óptica más cercano.

1.2.3. Ruta de transmisión

Una vez que se han identificado las zonas cobertura deberá analizarse cuál es la ruta más sencilla y rápida para la transmisión de información desde la radio base hasta la central telefónica. Esta ruta es conocida como "Backhaul". Para establecer esta ruta es necesario que existan enlaces entre las radio bases. La distancia mínima a existir entre las radio bases será determinada por la capacidad de transmisión de las antenas que se vayan a colocar. En el caso de la transmisión vía microondas, el estándar actual es de 2 Km. de radio entre cada radio base pero éste puede variar dependiendo de la tecnología que cada compañía decida utilizar. Para el caso por transmisión de fibra óptica la ruta será establecida en base a la posición de anillo de fibra óptica al que se tenga derecho de enlazar.

Además de tomar en consideración la capacidad de los equipos que se instalen para la ubicación óptima de cada radio base, también es importante considerar que debe existir un empalme entre la zona de emisión de cada radio base. El radio de cobertura de una radio base debe tener un empalme + -5% con el radio de cobertura de las radio bases circunvecinas, para evitar huecos en la red los

² Véase punto 1.4.2 Orientación de la Antena en la página 13 de este capítulo.

cuales son los principales causantes de la pérdida de señal al efectuar una llamada en movimiento.

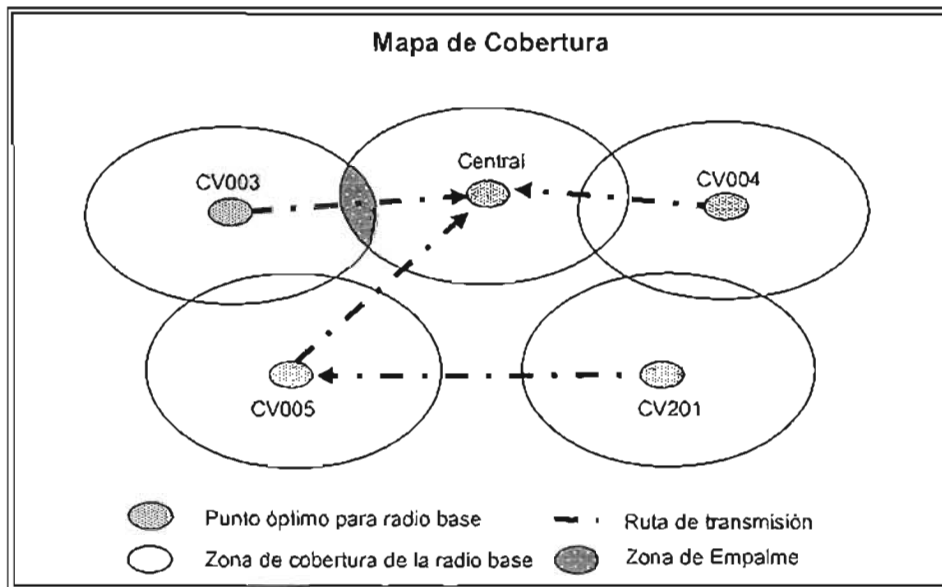


Figura 3. Ejemplo de Mapa de Cobertura

Como se pudo observar en la figura 3 aunque en la mayoría de los casos es posible hacer el empalme entre las zonas de cobertura, habrá ocasiones en las que éste no será posible y deberá recurrirse a antenas de mayor potencia para cubrir la mayor zona posible. Inclusive en los peores casos una vez que la red está terminada siempre existe el recurso de optimización³ el cual reduce el espacio sin empalme al mínimo posible.

1.3. Estudios de radio frecuencia

Uno de los principales elementos de la radio base son las antenas de Radio Frecuencia. Para un óptimo funcionamiento de la red es necesario establecer con qué equipo de radio frecuencia (antena) se va a trabajar. Esto se logra mediante el análisis de la banda en la que se va transmitir para identificar el comportamiento de las ondas de radio que se van a emitir y recibir, médula espinal de la red.

La radio frecuencia son las ondas aéreas electromagnéticas para comunicar información desde un punto a otro; son portadoras de radio porque desempeñan la función de entregar energía al receptor. Los datos que se transmiten son sobrepuestos sobre la portadora de radio para que se pueda extraer de manera precisa por el receptor. Es a lo que se conoce como la modulación de la portadora por la información que se transmite. Después de que los datos son

³ Véase punto 1.3 Estudios de radiofrecuencia en la página 7 de este capítulo.

sobrepuestos (modulados) en el transportador de radio, la señal de radio ocupa más de una sola frecuencia, donde la frecuencia de la información modulada se agrega a la portadora. Múltiples portadoras de radio pueden coexistir en el mismo espacio a la vez, sin que haya interferencia, si las ondas de radio se transmiten sobre radiofrecuencias diferentes. Para extraer los datos, un receptor de radio se sintoniza en una radiofrecuencia mientras rechaza otras.

Los teléfonos celulares y sus antenas de estaciones base son radios bi-direccionales cuyas radiofrecuencias son no ionizantes-. La frecuencia es la velocidad con la que un campo electromagnético cambia de dirección y se mide en hercios (Hz), siendo 1 Hz un ciclo (onda) por segundo, y 1 megahercio (MHz) un millón de ciclos (ondas) por segundo. La radio AM tiene una frecuencia alrededor de 1 MHz, la radio FM tiene una frecuencia alrededor de 100 MHz, los hornos de microondas tienen una frecuencia de 2.450 MHz, y los rayos X tienen frecuencias por encima de un millón de MHz. Los teléfonos celulares (móviles) operan en una gama de frecuencias entre alrededor de 800 y 2.200 MHz.

1.3.1. Antena de radio frecuencia

La radio base deberá contar con las antenas de radio frecuencia requeridas dependiendo de la frecuencia en la que la compañía está autorizada a transmitir. Estas antenas normalmente trabajan transmitiendo en los sectores de la frecuencia Alfa, Beta y Gamma y el estándar actual es colocar 2 antenas por sector. La potencia de una estación base de telefonía móvil se describe habitualmente mediante su potencia radiada efectiva (ERP, del inglés *Effective Radiated Power*), que se expresa en vatios (W). La potencia se puede expresar también como potencia de transmisión (en vatios) y como ganancia de la antena.

La potencia de transmisión es una medida de la potencia total, mientras que ERP es una medida de la potencia en el haz principal. Si una antena es omnidireccional y con una eficiencia del 100%, entonces su potencia de transmisión y su ERP son iguales. Pero las antenas de radio bases de telefonía móvil (como todas las antenas) no son omnidireccionales; existen algunos moderadamente direccionales (antenas de baja ganancia) y otras altamente direccionales (antenas de alta ganancia). La ganancia de la antena es una medida de su direccionalidad y se mide en decibelios (dB). Por ejemplo, un transmisor de una radio base de 20-50 W con una antena de alta ganancia podría producir un ERP entre varios cientos de vatios y hasta por encima de 1.000 W.

Posiblemente el concepto de "ganancia" y "ERP" se explique mejor por analogía con las bombillas⁴. Comparando una bombilla normal de 100 W con un foco de 100 W, ambas tienen la misma potencia total, pero la del foco es mucho más brillante cuando te sitúas en su haz y mucho más débil cuando estás fuera del haz de emisión. Una antena base de telefonía móvil (en particular un panel de alta

⁴ Entiéndase por bombilla la luz que emite un foco en todas direcciones.

ganancia) es como un foco, y ERP es equivalente a la potencia en el haz. Véase Figura 4.

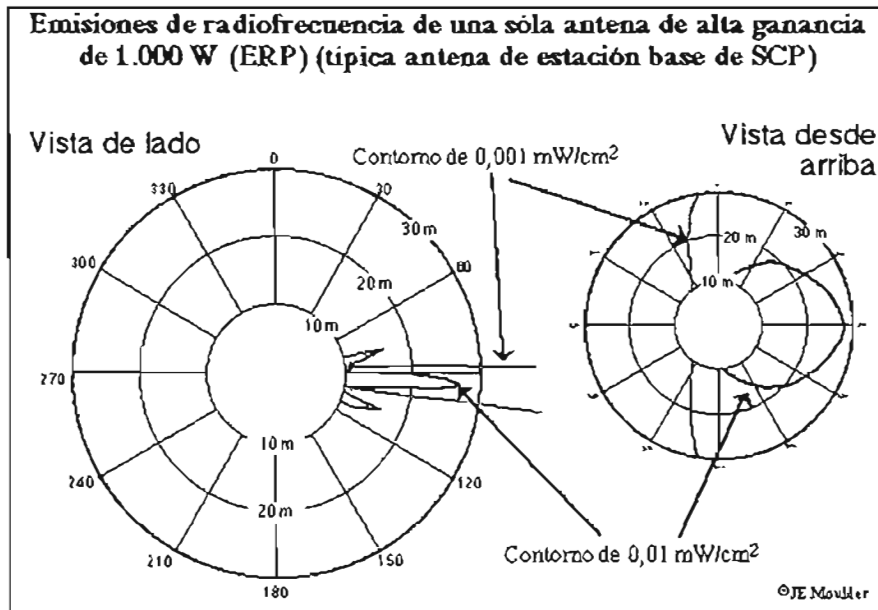


Figura 4. Analogía de bombilla y foco aplicada al concepto de ganancia.

1.3.2. Prueba en movimiento (Drive Test)

Para tener una idea más clara del tipo de antenas que se requerirán para la radio base y para asegurar que la zona de cobertura se va a abarcar de la manera adecuada es necesario hacer una prueba en movimiento conocida como "drive test".

Esta prueba consiste en explorar el espectro de la frecuencia que se tiene autorizado utilizar para medir la capacidad de captación de la señal en dicha zona e identificar los lugares donde la señal se vuelve más difícil de recibir por los obstáculos que la zona presenta. La forma de medir el espectro es identificando la pérdida de señal en decibeles (dB) en cada sección cubierta de la ruta.

Esta prueba permite identificar también las zonas de mayor pérdida por obstáculos, medir la altura del obstáculo y ver si éste es salvable con una antena a mayor altura. De esta forma el *drive test* además es necesario para establecer la altura a la que se colocarán las antenas de radio frecuencia.

La figura 5 muestra en diferentes colores las zonas en donde se presentan obstrucciones en la transmisión de la trayectoria recorrida, desde el verde en el cual casi no hay pérdida, hasta el rojo que ilustra la pérdida total de la señal.

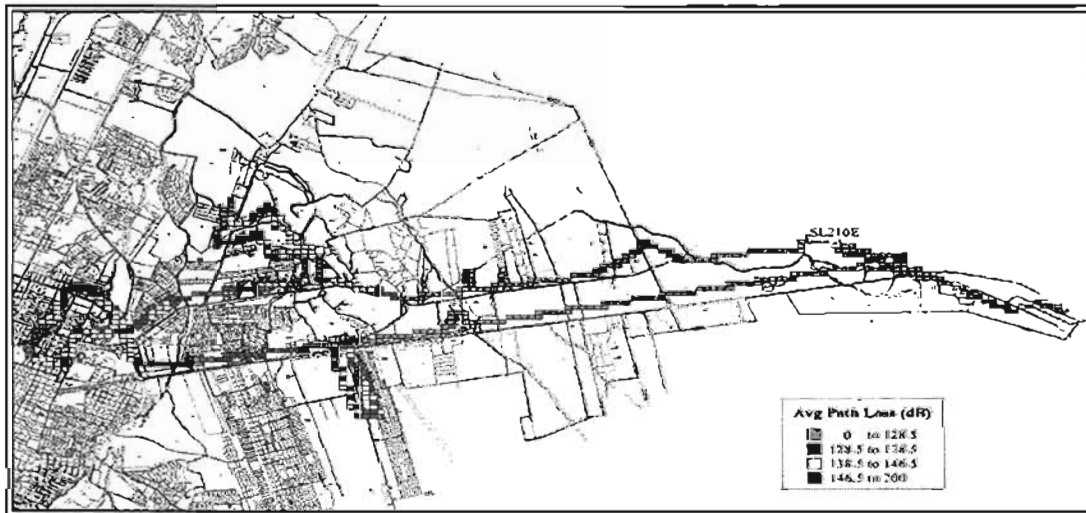


Figura 5. Mapa de resultado de cobertura a través de Drive Test.

1.3.3. Orientación de la antena

Mediante el estudio de Radio Frecuencia además de identificar el tipo de antena óptimo para la radio base y la red en sí y de determinar la altura de las antenas es necesario establecer la posición en la que dicha antena deberá ser colocada así como el ángulo de inclinación que deberá tener para que la señal fluya con facilidad y pueda ser enviada correctamente a través de la red.

La orientación de la antena debe hacerse identificando la inclinación "downtilt" y el ángulo de orientación "azimuth" correcto para asegurar la recepción de la señal. La posición o mejor dicho la orientación en la que deberá colocarse la antena es de vital importancia ya que la desviación en más de $\pm 5^\circ$ del ángulo establecido ocasiona la disminución en la recepción/emisión de la señal. Si este factor de desviación aumenta se incrementará la disminución de la señal hasta perderla por completo.

1.3.4. Proceso de optimización

Una vez que la red se encuentra funcionando o en servicio es necesario hacer una optimización de su desempeño. Debido a que las opciones que se plantearon al inicio del diseño de red seguramente cambiaron durante su desarrollo, – quizá hubo que cambiar alturas de antenas o cambiar la orientación inicialmente planteada – debe realizarse una prueba en movimiento para identificar el desempeño real de la red y mejorar la cobertura en la zona mediante ajustes en la potencia de transmisión de las antenas.

Un ejemplo de esta optimización puede ser que en el diseño inicial de la red quizá algunas zonas de empalme quedaron descubiertas pero con el diseño real en operación pueden hacerse las reorientaciones necesarias para hacer que estas

zonas queden cubiertas incrementando su capacidad y reduciendo significativamente la pérdida de señal y consecuentemente de llamadas.

1.3.5. Recomendaciones de seguridad

Existen recomendaciones de seguridad nacional e internacional sobre la exposición del público a la radiación en radiofrecuencias producida por las antenas de radio bases de telefonía móvil. Las normas más ampliamente aceptadas son las desarrolladas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), el Instituto Nacional de Estándares de Estados Unidos (*American National Standards Institute*) (ANSI/IEEE), la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP*), y el Consejo Nacional de Protección Radiológica y Medidas de Estados Unidos (*National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP*).

Las normas de radiofrecuencias se expresan en "densidad de potencia en onda plana", que se mide en mW/cm^2 (mili vatios por centímetro cuadrado). Las normas de exposición pública afectan sólo a las densidades de potencia promediadas sobre periodos de tiempo relativamente cortos, 30 minutos en el caso de las normas de ANSI/IEEE, NCRP y FCC (a frecuencias de telefonía móvil). Si hay múltiples antenas estas normas se aplican a la potencia total producida por todas ellas.

La relación entre los niveles de radio frecuencia necesarios para producir efectos biológicos, los especificados en las recomendaciones de seguridad de FCC y los que se encuentran alrededor de radio bases de telefonía móvil se muestran en la figura 6.

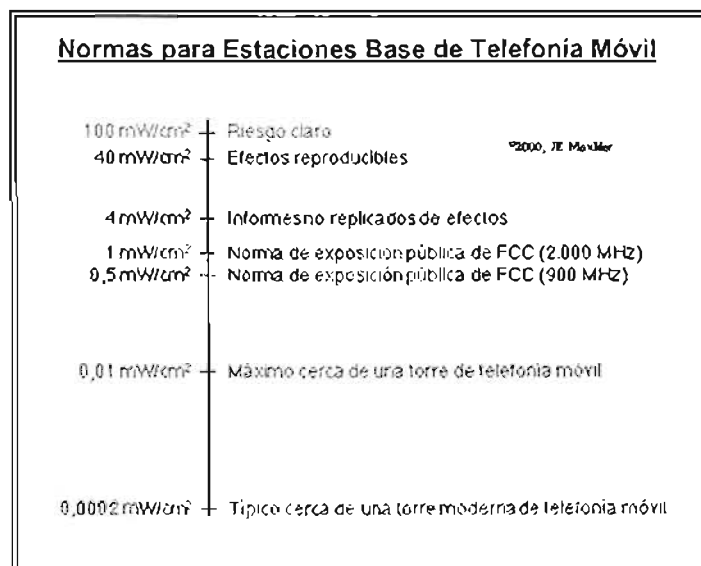


Figura 6. Mapa de resultado de cobertura a través de Drive Test.

1.4. Estudios de microonda

El otro elemento fundamental de una red de telefonía de celular es el medio de transmisión de las ondas de radio frecuencia emitidas y recibidas. Así como es necesario estudiar el comportamiento de estas ondas de radio, es de vital importancia analizar el medio con el que se transmitirán a la central de procesamiento (Switch). A esta ingeniería se le conoce como Ingeniería de Red Fija (Fixed Network – FN) y debe su nombre al hecho de que esta red no capta la señal "en movimiento" como es el caso de la red de RF sino sólo transporta a través de repetidores "fijos" hasta la central del procesamiento.

Como se mencionó en el punto 1.2.2., los medios de transmisión más utilizados en la actualidad son la fibra óptica y las microondas. El caso que estudiaremos en esta tesis es la transmisión vía microondas. Estas ondas de telefonía móvil son ondas electromagnéticas cuya longitud está comprendida en el intervalo del milímetro al metro y cuya propagación puede realizarse por el espacio y por el interior de tubos metálicos. Se encuentran dentro de la gama de las frecuencias que oscilan entre los 300 MHz y los 300 GHz.

Cada radio base debe contar con por lo menos una antena de microonda que será la encargada de transportar la señal recibida desde el emisor hasta la central de procesamiento y de ahí hasta el receptor que está buscando. Como la transmisión es aérea debe buscarse una ruta que no tenga obstáculos que interrumpen la transmisión de la señal, lo cual se realiza con los estudios de Línea de Vista y Backhaul que se explican en los puntos 1.4.3. y 1.2.2.

1.4.1. Antena de microonda

Las antenas de microonda son discos con una dimensión desde 1 pie de diámetro hasta 12 o 14 pies en los lugares donde las microondas deben recorrer grandes distancias. El diámetro de la antena está íntimamente ligado con su capacidad de transmisión. Nuevamente el tipo de antena a utilizar será determinado en primera instancia por el tipo de tecnología con la que se va a trabajar pero también debe considerarse la altura de la estructura sobre la que se estima colocar la antena para determinar si sería posible que soporte la carga.

Además, es necesario determinar el punto de enlace con el que se conectará y la capacidad de la otra antena para que el flujo sea parejo desde ambos puntos y evite sobre cargar alguno de los dos enlaces.

1.4.2. Orientación de la antena

El primer factor a considerar al momento de orientar la antena es su punto de enlace, es decir esta debe apuntar directamente hacia su contra parte. Esto aplica tanto para el ángulo al que estará apuntando como para la inclinación que deberá tener. Estos factores también deben afinarse con la captación de las

ondas ya que como se mencionó anteriormente la variación de la inclinación puede llevar a la pérdida total de la señal.

El plano que muestre la colocación de las antenas debe mostrar el ángulo de orientación (*azimuth*) y su inclinación (*downtilt*) con relación al norte geográfico, la altura a la que se colocarán y por último, el punto hacia el cual se conectarán. La figura 7 ejemplifica gráficamente este proceso.

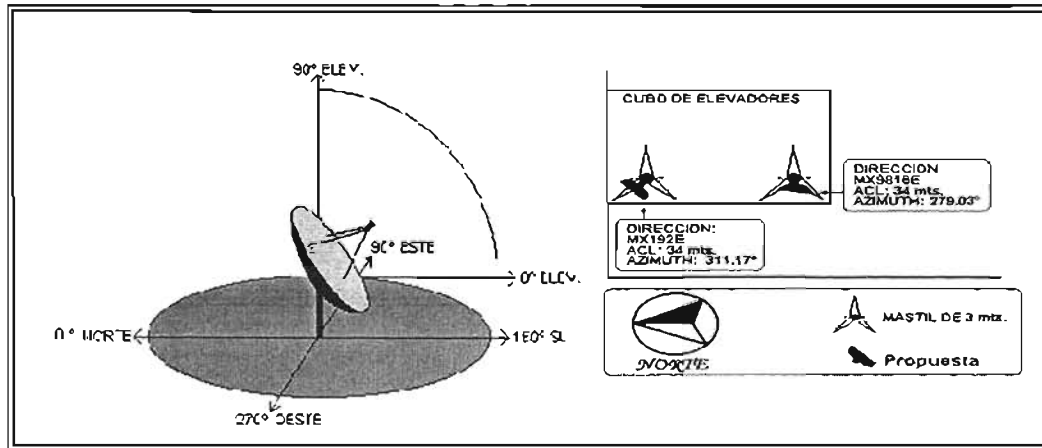


Figura 7. Esquema de orientación e inclinación de antenas.

1.4.3. Línea de vista

En virtud de que la comunicación entre las radio bases se realiza mediante la transmisión de microondas las cuales deben tener una trayectoria recta y definida, cualquier obstrucción, inclusive una lluvia fuerte, granizo o nieve puede degradar o eliminar completamente la señal. Por esta razón es crucial que las radio bases queden colocadas de manera que puedan apuntar una hacia la otra, es decir frente a cada radio base no debe haber ninguna clase de obstrucción como cerros, edificios, árboles, anuncios espectaculares, etc. entre las zonas identificadas, de ahí que el estudio topográfico de cada ciudad juegue un papel vital en el establecimiento de los puntos óptimos para las radio bases.

Este estudio es conocido como análisis de Línea de Vista y consiste en colocar en el lugar identificado como ideal para establecer una radio base, una grúa que simule la altura de la estructura que se tiene planeado colocar tomando como base la altura proporcionada por Radio Frecuencia y entonces colocar otra grúa con las mismas características en el siguiente punto ideal identificado para la radio base con su altura estimada para establecer el enlace. Estas dos grúas simuladoras deben ser capaces de "verse" directamente sin ninguna clase de obstáculo.

En el caso de que la altura proporcionada por radio frecuencia no sea suficiente para librar los obstáculos entre los sitios a enlazarse, los ingenieros de microondas pueden incrementar la altura hasta que ésta permita una línea de vista libre de obstáculos para transmitir como se muestra en la figura 8:

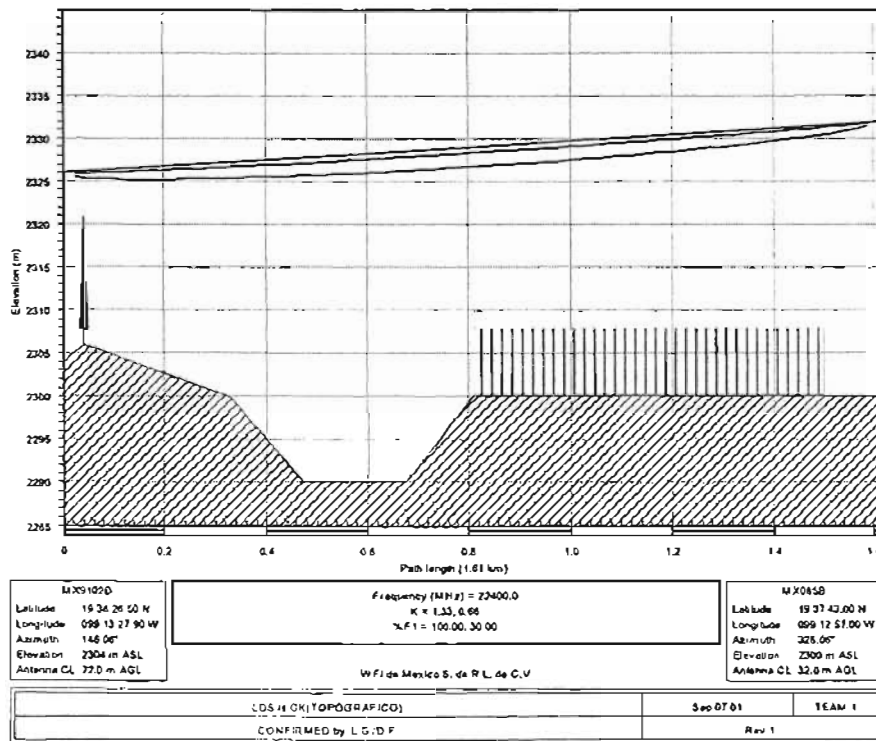


Figura 8. Ejemplo gráfico de estudio de línea de vista.

1.5. Definición de alturas necesarias para radio frecuencia y microonda

Tal como se ha expresado en los puntos anteriores uno de los principales objetivos de los estudios de Radio Frecuencia (RF) y Microonda (FN) es determinar la altura óptima para la transmisión de la señal a través de la red para estar en la frecuencia correcta y para librar los obstáculos que impidan el enlace de las antenas de microonda.

Aunque es el área de Ingeniería de Radio Frecuencia quién establece la "primera" altura requerida para transmitir sus ondas de radio, es en realidad el área de Ingeniería Red Fija (FN) la que define realmente la altura definitiva que la radio base tendrá. Es normalmente FN quién solicitará más altura en virtud de los obstáculos que puede haber entre los enlaces.

Dentro del Mapa de Búsqueda (SAM) se debe definir el "CL" (Center Line) o punto de enlace que establece la altura mínima que requiere FN para su(s) antena(s). RF no tendrá inconveniente en definir una altura mayor a la que especifican en tanto sus antenas se puedan colocar a la altura que ellos solicitan. Es importante notar que aunque a esta temprana etapa se "define" la altura mínima para la estructura a colocarse en la radio base, ésta variará conforme la red se vaya estructurando y la realidad que los predios contratados establezcan será la que finalmente defina tanto las alturas reales para las estructuras así como el flujo de la red misma en virtud de la posibilidad de establecer los enlaces.

Otro factor que tiene un fuerte impacto en la definición de las alturas son las condiciones físicas del predio contratado donde se propone establecer la radio base. Puede que se trate de un terreno libre sobre el cual pueda instalarse una torre auto-soportada o unipolar pero las condiciones mismas del terreno indicarán en base la altura propuesta si es posible hacer la cimentación requerida para ésta o si se trata de un terreno con condiciones especiales que requiera de una cimentación especial para la estructura necesaria en función a la altura que establecida. Esto tiene un considerable impacto tanto en el diseño de la radio base como en el costo final de la misma.

En el caso de tratarse de una estructura a colocarse sobre la azotea de una edificación las implicaciones estructurales son aún mayores. Son las condiciones de la edificación las que definirán si es posible colocar sobre ésta, la estructura (torre) para nuestra radio base.

Por ejemplo, el área contratada indicará si es posible sostener mediante retenidas la estructura a la altura a la que se requiere y un análisis estructural detallado mostrará si es posible que la construcción existente soporte la carga que la estructura para la radio base impone o si es necesario reestructurar la edificación y luego intentar colocar una carga extra sobre ésta, considerando además su impacto en costo.

1.6. Definición de área de búsqueda

Una vez que los estudios de radio frecuencia y microonda nos indican las mejores zonas para colocar una radio base Ingeniería de Radio Frecuencia debe emitir un mapa de búsqueda conocido como SAM (*Search Area Map*) y/o Mapa de Área de Búsqueda.

Este mapa de área de búsqueda identifica el punto óptimo de transmisión para a partir de éste trazar un área con un radio de 200 m o mayor, dependiendo de la capacidad de los equipos con los que se ha decidido trabajar. Dentro de estos 200 m a la redonda se ubica la zona completa dentro de la cual puede localizarse un terreno adecuado para la instalación de la radio base. El área de Radio Frecuencia -quién anteriormente recorrió la zona buscando candidatos deseables- puede indicar en dicho mapa direcciones precisas y/o edificaciones específicas en las que sería ideal colocar la radio base.

Para identificar cada una de las radio bases a instalar dentro de un perímetro se asigna un código de identificación de la radio base, por ejemplo: CV201 (neumónico de la ciudad y número de radio base). Además debe especificarse en dicho mapa las coordenadas expresadas en grados, minutos y segundos con la latitud y longitud del punto óptimo o en su caso de los candidatos previamente identificados. Por ejemplo, dentro de la ciudad de Cuernavaca, la latitud y longitud se expresará en los 21° N (norte) y 86° W (oeste) y la variación entre los minutos y segundos indicará la posición exacta del lugar en las calles de la ciudad.

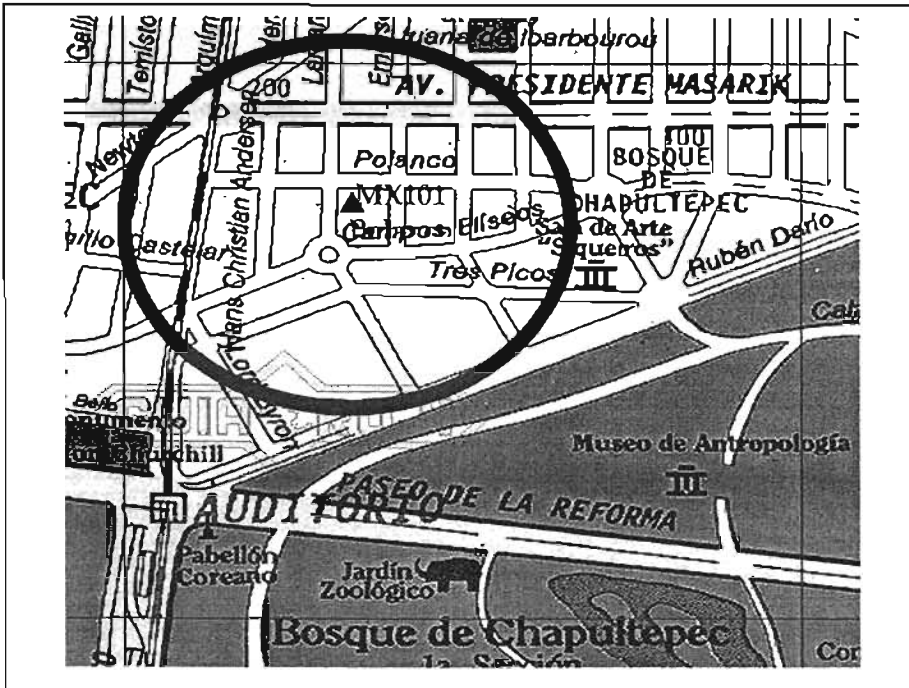
Además de las coordenadas exactas, el grupo que se encarga de la búsqueda de predios, edificaciones, etc. debe tener conocimiento de la altura posible requerida para la transmisión vía microonda y la línea central que indica la altura necesaria para tener la línea de vista y por último, determinar si el lugar localizado es viable en primera instancia para la instalación de la radio base. En base a la altura predeterminada puede conseguirse un edificio que cubra la altura y tenga posibilidades de colocar una estructura que alcance la especificación. Ninguna construcción por debajo del mínimo requerido será aceptada para la red.

Otro factor que debe indicar el mapa es la orientación (*azimuth*) que las antenas deben tener. También debe expresar la tolerancia en la desviación del ángulo que puede permitirse sin perder la calidad de recepción. Todo lo anterior ayudará al área de Adquisición de Sitios a saber si las construcciones aledañas representan un problema tanto de altura como de orientación de la antena. Aunque estos factores ayudarán al área de Adquisición de Sitios a definir que predio y/o edificación es ideal para negociar y posteriormente adquirir, es de suma importancia que las áreas de Ingeniería de Proyecto indiquen también las condiciones ideales desde el punto de vista constructivo para que la selección de estos sitios, mismas que se explican a mayor en el punto 1.7 ⁵

El mapa de área de búsqueda indica la zona que se pretende cubrir para saber hacia donde desplazarse en caso de que el punto óptimo se ubique en un predio que no pueda adquirirse y muestra dos opciones de respaldo como puntos ideales de colocación. Estas opciones de respaldo son muy importantes especialmente en las zonas de alta densidad de construcciones y son de gran utilidad cuando el predio óptimo que es negociable y adquirible se encuentra obstruido por otras edificaciones que eviten el enlace con otras radio bases.

⁵ Véase 1.7 Elección y evaluación de espacios para radio bases en la página 18 de este capítulo.

Ejemplo gráfico de un mapa de búsqueda



Nombre sitio	<input type="text" value="Polanco"/>	Línea central (CL)	<input type="text" value="35"/> m <input type="text" value="116.7"/> ft	AGL
Código sitio	<input type="text" value="MX"/> <input type="text" value="101"/>	Tolerancia de CL	<input type="text" value="5"/> m <input type="text" value="16.67"/> ft	
Latitud	<input type="text" value="21"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="14"/> N	Azimute Config	<input type="text" value="40"/> <input type="text" value="105"/> <input type="text" value="290"/> <input type="text" value="3"/> Sector	
Longitud	<input type="text" value="86"/> <input type="text" value="51"/> <input type="text" value="44"/> N	Objetivo del sitio	<input type="text" value="Suministrar cobertura a la zona central de la colonia a la colonia cercana a Reforma"/>	
GE	<input type="text"/> m <input type="text"/> ft	SR Activo	<input type="text" value="Si"/> <input type="text"/>	Región <input type="text"/>
Fecha	<input type="text" value="Marzo 13, 2002"/>	Candidato Recibido	<input type="text"/>	
Ingeniero	<input type="text"/>			

Detalles del Sitio		Ubicación	
Centro del SAM	<input type="text" value="El centro del SAM busca dar cobertura al bosque de Chapultepec"/>	<input type="text" value="21"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="14"/> N	<input type="text" value="86"/> <input type="text" value="51"/> <input type="text" value="44"/> W
Respaldo 1	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> N	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> W
Respaldo 2	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> N	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> W
Firma de Aprobación	<input type="text"/>		

Figura 9. Mapa de búsqueda (SAM).

1.7. Elección y evaluación de espacios para radio bases

Una vez que se identificó el área de búsqueda (SAM) y se corroboró con el área de Mercadotecnia que coincide con la cobertura planeada, se emite el documento SAM para que un Localizador de Predios busque los espacios adecuados para instalar las radio bases siguiendo los parámetros previamente establecidos, entre los que se encuentran:

1.7.2. Consideraciones legales

El aspecto legal del predio a evaluar es parte medular del proceso de adquisición para instalar una radio base. Los siguientes elementos legales son generales y pueden variar dependiendo de la legislación de la zona en la que se va adquirir. El predio seleccionado debe contar con los siguientes elementos:

- Escritura de Propiedad Liberada a nombre de la persona con quien se celebrará el contrato.
- Estar libre de hipotecas o gravamen.
- Estar inscrito ante el Registro Público de la Propiedad.
- Contar con la identificación correcta del número oficial.

1.7.2. Consideraciones constructivas

El primer paso es establecer los parámetros deseables para la instalación de una radio base. Además de encontrarse dentro del área de búsqueda el predio debe contar un espacio disponible para construcción de 100 m² preferentemente de 10 x 10 m. Bajo el criterio de que este requisito es difícil de cubrir en las grandes ciudades, deben buscarse predios que se acerquen lo más posible a estas dimensiones. En caso de tratarse de azoteas o techos de casas o edificios, debe buscarse un predio que cuente con los planos estructurales de la edificación para facilitar el proceso de ingeniería sin que sea una restricción para considerar al predio como candidato.

Guías de seguridad para la instalación de antenas:

1. Para antenas instaladas en azoteas:

- elevar las antenas transmisoras por encima de la altura de las personas que posiblemente vivan o transiten en dicha azotea.
- mantener las antenas transmisoras alejadas de las zonas donde sea más probable que se ubiquen sus habitantes (por ejemplo, puntos de acceso a la azotea, puntos de servicio telefónico, equipamiento de alto voltaje).

2. Para antenas direccionales instaladas en azoteas, situar las antenas cerca del borde de la azotea y apuntando al exterior del edificio.
3. Considerar las ventajas e inconvenientes de antenas de gran apertura (menor valor máximo de radiofrecuencias) y antenas de pequeña apertura (menor impacto visual).
4. Recordar que las normas para radiofrecuencias son más estrictas para antenas de baja frecuencia (por ejemplo, 900 MHz) que para antenas de alta frecuencia (por ejemplo, 1.800 MHz).
5. Tener especial precaución para mantener las antenas de más alta potencia alejadas de zonas accesibles.
6. Mantener las antenas en sitios lo más alejados que sea posible, aunque esto pueda ir en contra del diseño urbano.
7. Tener especial precaución a la hora de diseñar los emplazamientos comunes, donde múltiples antenas propiedad de diferentes compañías estén en la misma estructura. Esto se aplica particularmente a los emplazamientos que incluyan antenas emisoras de alta potencia (radio FM y televisión). El diseño urbano a menudo favorece los espacios comunes, pero puede causar múltiples problemas de seguridad con las radiofrecuencias.

1.7.3. Procedimiento de evaluación de espacios

Adquisición de Sitios debe localizar por lo menos un predio de las dimensiones mínimas requeridas aunque es preferible que se identifique más de un candidato para tener otras opciones en caso de que el predio localizado no cumpla con los requisitos necesarios como: dimensiones, estructurales, costo, plazo de renta etc.

Posteriormente, el área de Adquisición de Sitios propone al área de Radio Frecuencia a los posibles candidatos que cumplen con las consideraciones, en caso de que esta última esté de acuerdo envía los datos de los propietarios interesados a las áreas involucradas para evaluar el candidato.

La primera evaluación es realizada por el área de Ingeniería de Radio Frecuencia. Un grupo de Ingenieros realiza pruebas de transmisión en el predio para conocer la calidad que se obtendría en caso de utilizarlo, así como las posibles obstrucciones de transmisión.

En caso de que el candidato no sea apto para instalar se notifica a Adquisición de Sitios para evaluar a algún otro candidato. Si el candidato es apto se le asigna una letra más al SAM, es decir si el SAM es CV201 la nomenclatura del candidato será CV201A para identificarlo como el primer candidato viable para instalar la radio base. Notifica a Adquisición de Sitios para que continúen con el proceso de adquisición e informa a las áreas de Ingeniería de Proyecto para que realicen la evaluación constructiva del candidato mediante una auditoria de sitio.

El área de Construcción programa y coordina una visita al predio propuesto, convocando al Comité de Auditoria conformado por al menos un representante de los siguientes departamentos: Adquisición de Radio bases, Control de

Proyectos, Construcción, Ingeniería de Proyecto, Ingeniería de Red Fija, Ingeniería de Radio Frecuencia, y en los casos en que aplique el representante de proveedor de servicios externo.

El Comité de Auditoría efectúa una primera evaluación del candidato propuesto, cada uno desde su propia perspectiva para que cumpla con los requisitos estructurales, dimensiones, costo, legales etc. Una vez que todos los integrantes del comité aprueban el predio, llenan y firman la forma de aprobación del predio y se continúa el proceso para contratación del predio para la instalación de la radio base y para el diseño de la ingeniería básica.

En caso de que alguna de las partes encuentre alguna condición por la que el sitio no sea apto, ésta se analiza para ver si se puede corregir o en el peor de los casos desechar la opción. Si sucede lo último, debe procederse a evaluar a otro candidato identificado por Adquisición de Sitios para ser evaluado primero por RF y después por el Comité de Auditoría.

1.8. Adquisición del sitio para radio base

Una vez que el candidato fue considerado por las áreas involucradas como apto para construcción, el área de Adquisición de Sitios debe analizar la documentación proporcionada por el propietario para cerciorarse que cumpla con todos los requisitos legales de la empresa. Además se debe llevar a cabo la negociación de los términos del contrato ya que aunque existe un esquema de contrato establecido por la empresa en ocasiones si el predio es muy conveniente o se encuentra en una zona donde es difícil encontrar alguna opción, los términos del contrato pueden ser negociados entre el propietario y la empresa. De no ser posible negociar u obtener toda la documentación legal requerida Adquisición de Sitios debe notificar de inmediato a las áreas involucradas para detener el proceso y evaluar a otro candidato.

Una vez corroborada la viabilidad legal y negociadas las condiciones se procede a elaborar un contrato que debe incluir un plano arquitectónico con la superposición de la estructura que se planea colocarse, los equipos a ser instalados y las especificaciones acordadas con el propietario en lo relacionado con el área rentada (sistema de tierras, acometida eléctrica, etc.) las cuales son proporcionadas por el área de Proyecto, en base a la información obtenida de la evaluación del candidato.

Debido a que en la visita inicial no es posible recopilar toda la información necesaria para aprobar el candidato desde el punto de vista constructivo, el área de Ingeniería de Proyecto debe solicitar de Adquisición de Sitios autorización para realizar las pruebas correspondientes⁶ y corroborar la factibilidad de la construcción del sitio o en su defecto para descartarlo antes de proceder a su contratación.

⁶ Véase 4.3 mecánica de suelos y 4.4 análisis y diseño estructural en el capítulo 4.

Con la confirmación del área de Ingeniería de Proyecto de la viabilidad constructiva y con la presentación del plano arquitectónico, Adquisición de Sitios procede a firmar el contrato con el propietario y puede proceder con el proceso de diseño de la ingeniería de proyecto y posteriormente a la construcción del la radio base.

CAPÍTULO 2

Tipos de escenarios y estructuras más comunes

Objetivo: Describir los diferentes tipos de escenarios posibles de acuerdo al espacio, necesidades y entorno del sitio seleccionado para la ubicación de la radio base.

En el capítulo anterior se definió el concepto de red de telefonía celular, así como los diferentes rubros que intervienen para su conformación, además de los diferentes tipos de escenarios que pueden definirse de acuerdo a las necesidades de las diferentes ingenierías. En este capítulo hablaremos de forma más específica de los diferentes tipos de escenarios y de las diferentes estructuras que pueden ser colocadas y sus características.

2.1. Escenario de torre sobre piso

Este tipo de escenario es conocido en el ramo de las telecomunicaciones con el anglicismo de "Rawland", cuya característica principal radica en que la torre o estructura donde serán colocadas las antenas de radio frecuencia y microonda además de los equipos para transformación de la señal se encuentran ubicados a nivel de terreno. Los equipos para transformar la señal son conocidos como BTS's

Un escenario de torre sobre piso debe contar con una superficie mínima de 100 m² aunque esta superficie puede variar dependiendo de la zona donde el área de búsqueda este localizada. Normalmente la superficie tiende a incrementarse. La experiencia de Ingeniería de Proyecto ha determinado que 100 m² es el área mínima necesaria para lograr un arreglo óptimo de los equipos, ubicación de estructuras, recorridos de áreas de servicio y mantenimiento, además de un área para resguardo de vehículos.

En las figuras 10 y 11 se observa una planta y el corte de un escenario de torre sobre piso en donde se muestran las especificaciones necesarias.

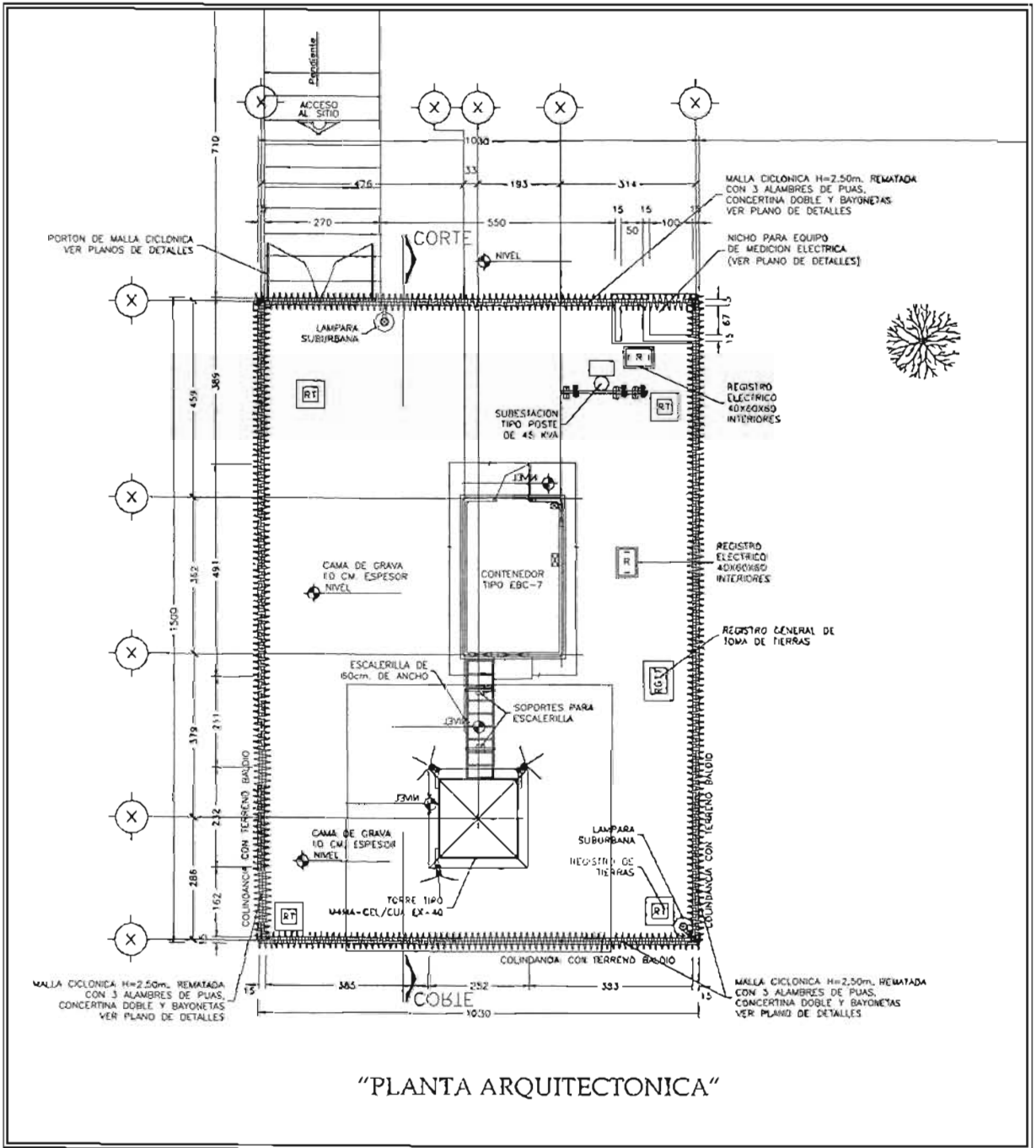


Figura 10. Planta arquitectónica de torre sobre piso.

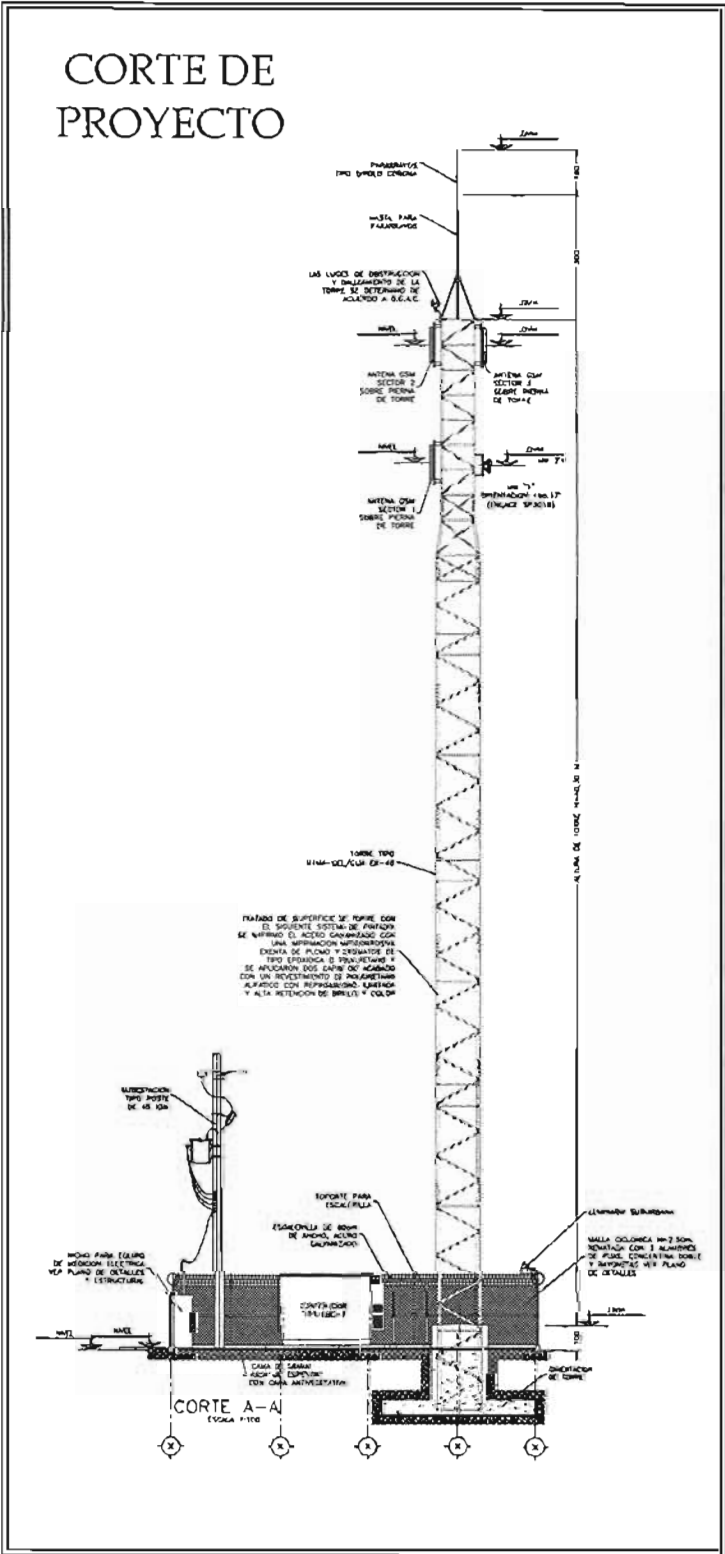


Figura 11. Corte arquitectónico de torre sobre piso.

Ventajas constructivas

Este tipo de escenario presenta una serie de características que facilitan la labor del constructor, personal de instalación de sistema de tierras y personal de instalaciones eléctricas como se muestra a continuación:

- a) Áreas definidas para el almacenamiento de materiales y equipos de obra civil.
- b) Dos o varios frentes de trabajo que atacan actividades de forma simultánea, es decir, se puede iniciar realizando trabajos de trazo, excavación de cimentación de la torre, construcción cimentación de muros perimetrales, etc.
- c) Programas de obra muy cortos.

En resumen, la gran ventaja de este tipo de escenario es que debido a la superficie dispuesta pueden combinarse varias actividades, lo cual se traduce en un menor tiempo de construcción de la radio base.

2.2. Escenario de torre sobre estructuras o azoteas

Este tipo de escenario es conocido en el ramo de las telecomunicaciones con el anglicismo de "Roof top" y su principal característica radica en que la torre o estructura donde serán colocadas las antenas de radio frecuencia y microonda así como los equipos de transformación de la señal se encuentran ubicados sobre edificios o casas habitación. Las fotografías de la figuras 12 y 13 muestran ejemplos de este tipo ubicación

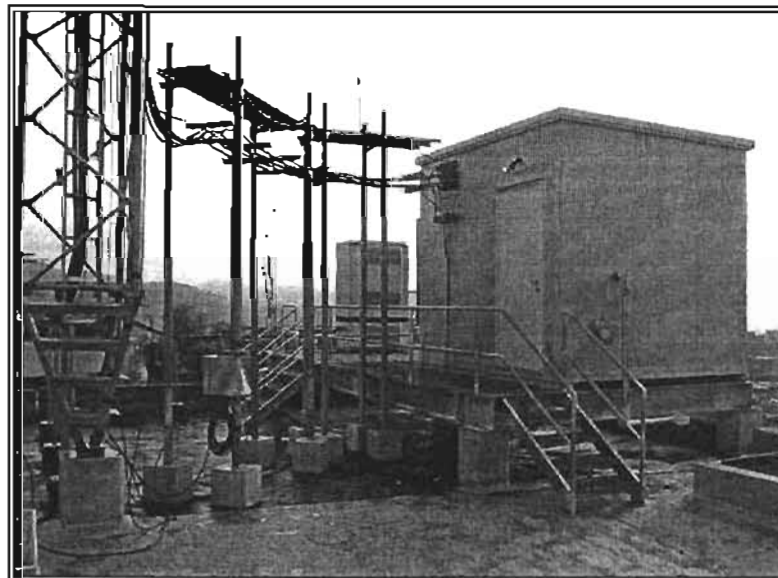


Figura 12. Torre venteada y caseta sobre azotea.

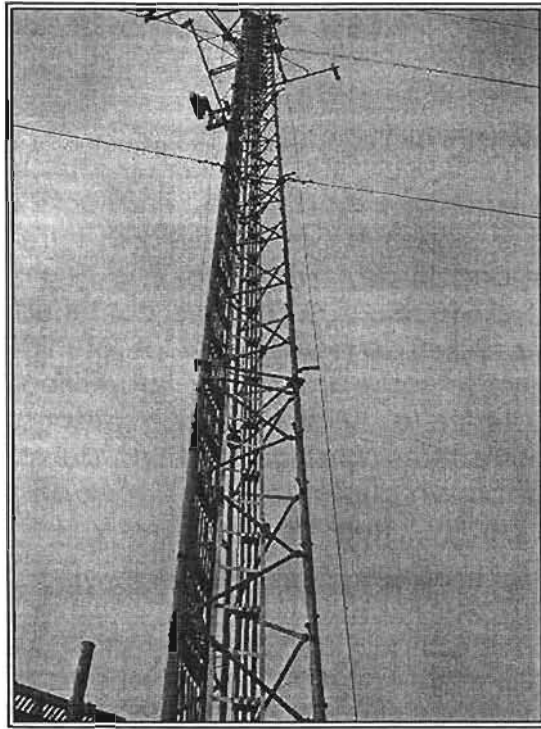


Figura 13. Torre ventleada sobre azotea.

En este caso el área requerida para este tipo de radio base dependerá en gran medida de la altura de la estructura a colocar, así como la importancia dentro de la red de esta radio base, ya que las estructuras a definir podrían ser mástiles o torres arriostadas; aunque también de acuerdo a la capacidad requerida para la radio base, los equipos pueden ser compactos o casetas tipo contenedor.

Ventajas constructivas

En este caso es difícil definir las ventajas constructivas ya que mucho dependerá de las condiciones estructurales y de la construcción del inmueble en cuestión, a continuación se mencionan algunas:

- a) Dos o más frentes de trabajo, tanto de obra civil como obra eléctrica.
- b) Los trabajos necesarios para soportar las estructuras suelen ser más rápidos y discretos, salvo en las ocasiones cuando es necesario realizar re-estructuraciones.

Como puede observarse mediante la fotografía en la Figura 10 aunque los equipos sean grandes, el área de construcción puede ser reducida pero existen demasiados factores que influyen como para poder establecer una regla general de espacio en estos casos, de tal forma que el área para este tipo de escenario esta sujeta a las condiciones que se presenten en campo.

Para ilustrar mejor el área requerida se analizarán los dos casos más comunes que puede presentarse.

2.2.1. Torre arriostrada y caseta tipo contenedor

Este es el tipo de radio base que requiere primeramente de mayor área ya que además del espacio que ocupa el contenedor y la torre hay que considerar el área requerida para el ángulo de la retenida. Este tipo de radio base requiere una mayor área ya que el espacio que ocupa el contenedor y la torre también se debe considerar el área requerida para sujetar las retenidas. Debido a que estas deben sujetarse y apoyarse sobre columnas. La verificación de la estabilidad estructural de la edificación es vital antes de desarrollar cualquier tipo de ingeniería. De hecho, los proveedores de este tipo de estructuras recomiendan que la torre se apoye sobre un punto que sea capaz de transmitir los elementos mecánicos generados por las diferentes acciones y sean distribuidos de forma adecuada a la edificación.

De igual forma se recomienda que la mínima distancia que exista entre el punto de apoyo y el punto de anclaje o sujeción en el plano horizontal, sea al menos del 50% de la altura de la torre. En algunos casos esta distancia puede ser hasta del 30% de la altura, pero esto limitará por mucho el comportamiento adecuado de la estructura y quedará sujeto a un análisis más minucioso. Reducir la distancia al 30% provoca que los elementos mecánicos sean más grandes con riesgo de colapsar la estructura.

Cabe mencionar que para evaluar la factibilidad de construcción de este tipo de escenarios, el ingeniero encargado debe ser especialista estructural y conocer a fondo la interacción de este tipo de estructuras con las acciones accidentales.

La fotografía de la figura 12 muestra una torre arriostrada y/o venteada con caseta tipo contenedor.

2.2.2. Mástiles y equipos compactos

Este quizás sea uno de los escenarios más sencillos y económicos debido a que ofrece las siguientes ventajas:

- a) El área requerida para este tipo de proyectos puede ser hasta de 26 m².
- b) Sólo requiere de estructuras tipo mástil sobre las cuales se ubican las antenas de radio frecuencia y microondas
- c) La altura de estos mástiles puede variar de 3 a 6 y hasta 8m. En caso de requerirse mayor altura sobre el nivel de azotea, ya no es recomendable utilizar un mástil ya que los elementos mecánicos generados se incrementan y las soluciones estructurales se vuelven más complejas.
- d) Los equipos compactos requieren menor espacio y en algunos casos hasta pueden ser apoyados sobre las losas de la edificación, y

deben ser ubicados tan cerca como sea posible de los ejes estructurales.

A pesar de todas estas ventajas debe tomarse en cuenta que para este tipo de proyectos es necesario que las partes involucradas coincidan en el análisis, principalmente en la altura de edificación. En las figuras 14 y 15 se observan ejemplos de un escenario de este tipo.

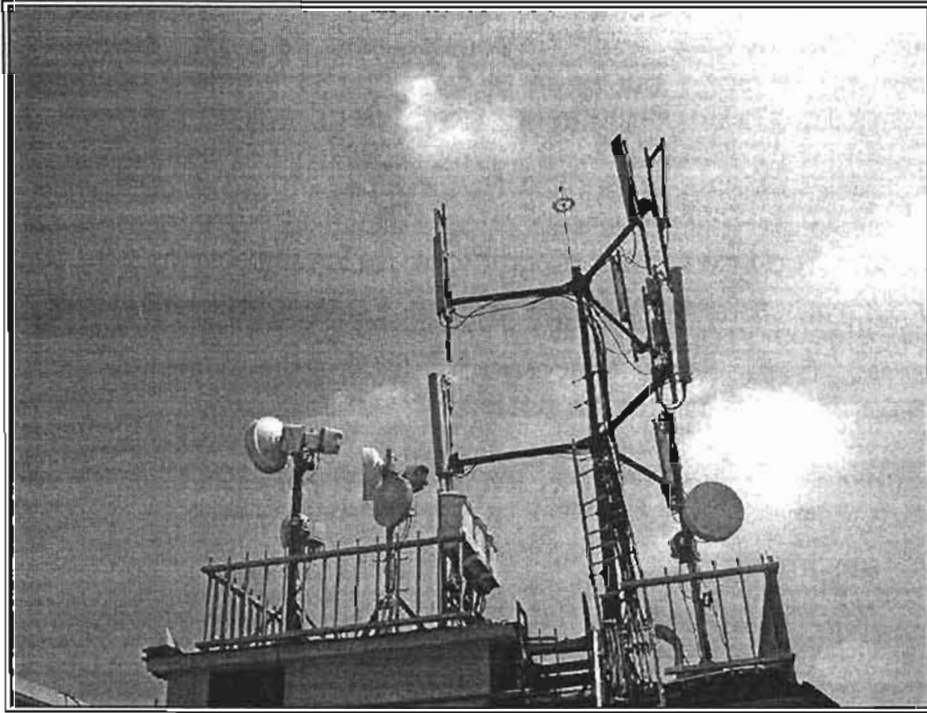


Figura 14. Equipos compactos, antenas de radio y microondas sobre azotea.

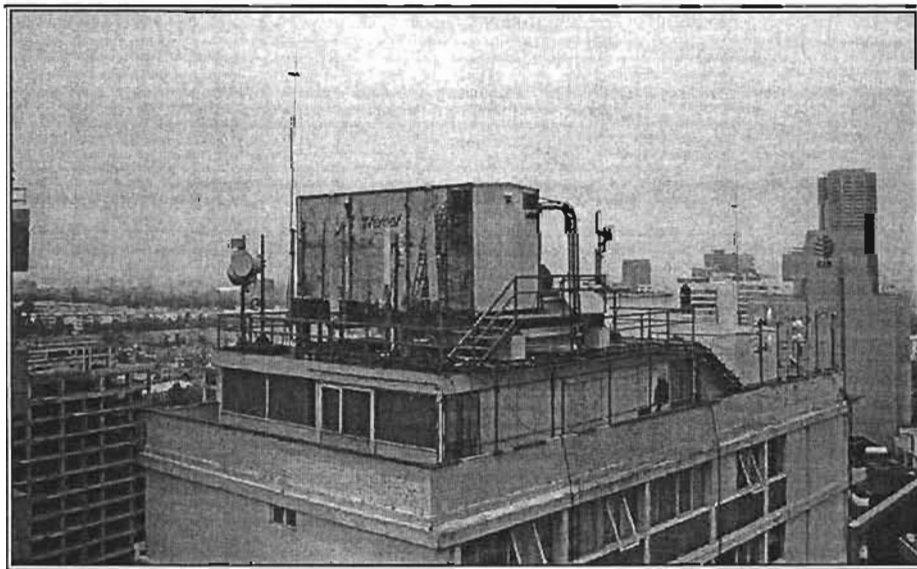


Figura 15. Caseta, antenas de radio y microonda sobre azotea.

2.3. Escenario Combinado

Este tipo de escenario es conocido en el ramo de las telecomunicaciones con el anglicismo de "*Black top*" y su principal característica radica en que la torre o estructura donde serán colocadas las antenas de radio frecuencia y microonda se encuentran a nivel de piso, mientras que los equipos de transformación de señal se alojan sobre una azotea o viceversa.

A diferencia de los dos tipos anteriores, este tipo de escenario es una combinación de ambos y por ende el área que se requiere para este tipo de proyecto es similar a la de una torre en piso (es decir más de 100 m²).

En este escenario también se requiere de un ingeniero especialista en estructuras, que se encargue de verificar la seguridad estructural del inmueble, así como la forma más adecuada de realizar el sembrado de las estructuras a colocar.

El tiempo de ejecución de este tipo de proyectos puede ser relativamente corto - tres semanas-, ya que tener dos espacios totalmente diferentes para colocar estructuras permite más frentes de trabajo.

A continuación se muestran algunos ejemplos de planos.

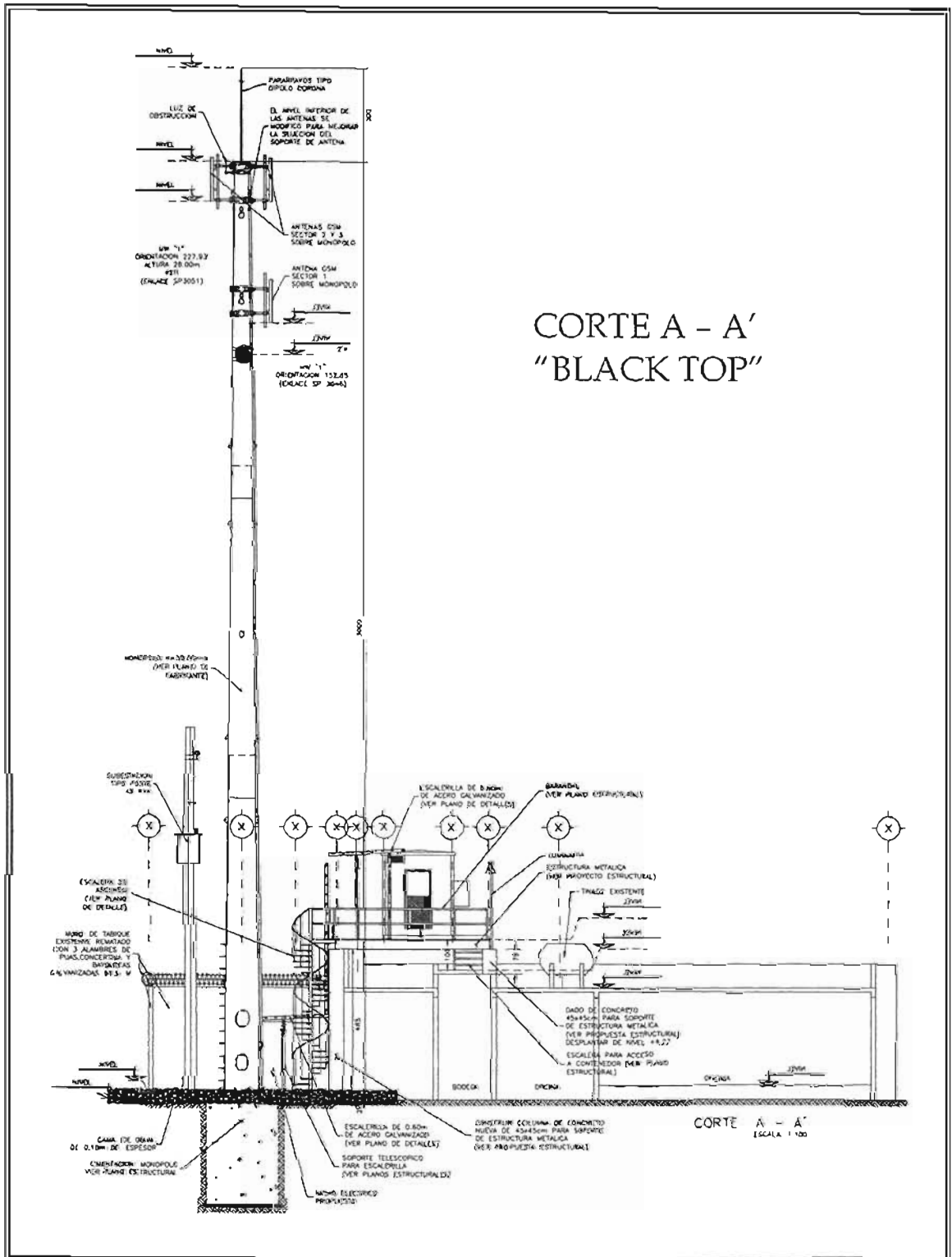


Figura 16. Corte arquitectónico de escenario conocido como Black Top.

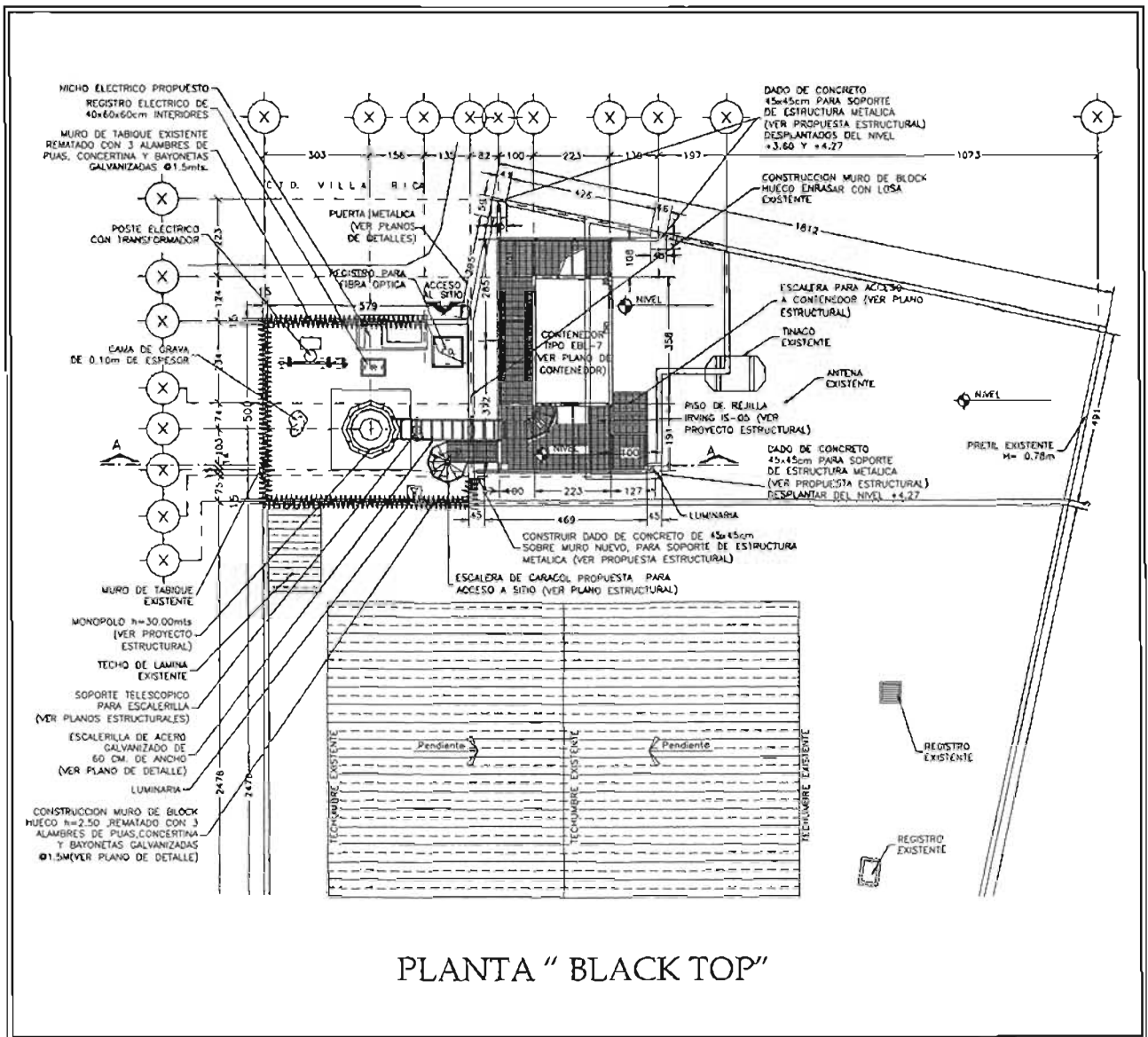


Figura 17. Planta arquitectónica de escenario conocido como Black Top.

La conclusión general en cuanto al tipo de escenarios depende del espacio en metros cuadrados que se tengan para desarrollar una ingeniería de proyecto y posteriormente de las necesidades de las ingenierías de radio frecuencia y microonda.

2.4. Estructuras más comunes

2.4.1. Especificaciones generales de torres

La estructura más popular para instalar junto a una radio base es la torre, aunque también es bastante común encontrar radio bases con mástiles en azoteas esencialmente en las grandes ciudades. Las torres en cuestión varían en su diseño, pueden ser de tres o cuatro patas, auto-soportadas, arriostradas, unipolares etc. si La mayoría de las torres se clasifican en función a sus características de altura, geometría, perfiles estructurales y la forma en que trabajan.

Antes de definir que tipo de torre se planea utilizar, las áreas involucradas toman en cuenta los siguientes puntos:

- a) Espacio necesario para cimentación
- b) Entorno que rodea a la radio base
- c) Altura de la estructura
- d) Estética de la estructura
- e) Facilidad de Montaje.

Estos puntos se explicaran de forma clara y sencilla en la explicación de cada tipo de estructura.

2.4.2. Normas y Reglamentos para Instalación de Estructuras

En México en realidad no existen normas y reglamentos vigentes para instalación de torres de telecomunicaciones, sin embargo se cuenta con literatura relativa a su diseño e instalación, así como de medidas de seguridad y por último algunos manuales de la Comisión Federal de Electricidades (CFE) para desarrollar el procedimiento adecuado de análisis, diseño y fabricación de torres.

Esta tesis hace mención a la norma de los Estados Unidos EIA 222F como un marco de referencia general. Esta norma contiene parámetros bien definidos sobre los materiales de fabricación, métodos de diseño, tolerancias de ensamble, operación y mantenimiento de torres.

El objetivo de esta norma es proporcionar un criterio mínimo para la especificación y diseño de las torres de acero y estructuras de soporte para antenas. Esta norma no pretende reemplazar o sustituir los códigos aplicables. La información contenida en ésta, fue obtenida de las fuentes a las que se hace referencia en este trabajo y representa las prácticas industriales aceptadas para el diseño de torres de acero y estructuras de soporte para antenas.

Esta norma aplica a torres de acero y estructuras de soporte para antenas en todos los tipos de servicios de telecomunicaciones tales como AM (amplitud modulada), CATV (televisión por cable), FM (frecuencia modulada), Microonda, Celular, TV (televisión), VHF, etc.

Puede adaptarse para uso internacional, sin embargo es necesario determinar la VELOCIDAD BASICA DEL VIENTO aplicable (la máxima en Km / hr.) y las cargas de hielo de cada región, sobre la base de la información meteorológica de país de que se trate. En México se consulta el Manual de Diseño por viento de la CFE.⁷

Es importante que el operador ponga especial cuidado en el hecho de que las condiciones de viento y hielo tienen un precedente sobre el mínimo de los estándares, es decir, debe especificar los datos necesarios sobre estadísticas y registros oficiales de cada región.

2.4.3. Especificaciones de materiales para la fabricación de torres

Las estructuras deben ser de acero, acero fundido, acero forjado y de acuerdo a lo señalado por el Instituto Americano para las Construcciones de Acero (AISC), el cual define dos métodos de diseño en acero conocidos como Diseño por Esfuerzos Permisibles y Diseño Plástico.

El acero utilizado para la fabricación de torres debe estar certificado por el fabricante, de preferencia se debe utilizar acero A-36 y en caso de utilizar algún otro tipo, el proveedor debe proporcionar los certificados de sus propiedades mecánicas y químicas.

2.4.4. Conexiones

Las conexiones entre los miembros de la estructura deben ser realizadas con tuercas y tornillos capaces de soportar los efectos de tensión y cortante. Los deben ser tornillos de alta resistencia y ajustarse a la tensión mínima según la Norma AISC, sección ASTM A325 ò ASTM 490; estos tornillos soportan 32500 lb./plg² o 49000 lb./plg². En caso de demostrar estructuralmente que la rigidez de las partes conectadas sea la suficiente para soportar las fuerzas de palanca, los tornillos se ajustan a la condición más segura. Cabe señalar que ninguna de las superficies en contacto deben estar aceitadas o pintadas, sino conservar el acabado galvanizado.

En caso de realizar conexiones para soportes, pueden utilizarse tornillos de alta resistencia y ajustados con la finalidad de eliminar las tuercas de seguridad.

⁷ CFE, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Edición 1993. "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento" Tablo III Velocidades regionales de las ciudades más importantes, Pág. 1.4.1.

2.5. Torres auto-soportadas robustas

Este tipo de estructuras se conoce también como torres de celosía, están formadas por perfiles de tipo "L", también conocidos como ángulos de lados iguales o por tubos "OC" conocidos como perfiles circulares; en algunos casos son utilizados de forma combinada.

Cuando se menciona el término celosía se habla de armaduras, en donde cada uno de los elementos utilizados para conformar la estructura recibe un nombre que define la forma en que trabaja o se desempeña:

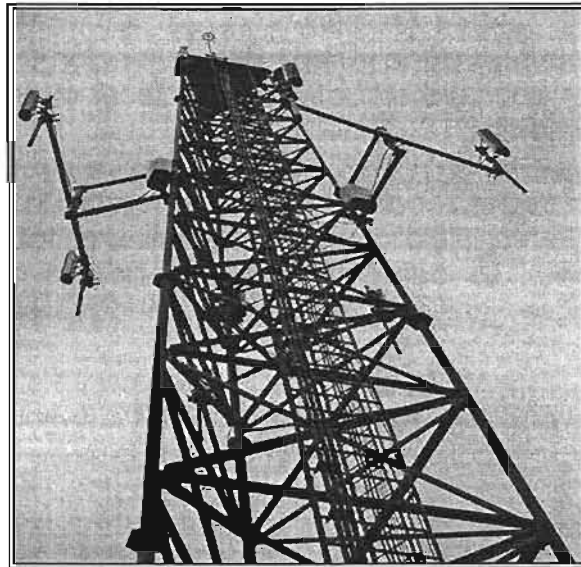


Figura 18. Torre de 3 patas auto soportada robusta construida con perfiles "OC" y transversales y horizontales con ángulos "L", altura de 46.00 m.

2.5.1. Montantes o piernas

Estos elementos son los que se definen como el esqueleto principal de la torre y presentan las mayores dimensiones y espesores. Desde el punto de vista estructural, éstos deben cumplir con una relación de esbeltez Kl/r igual a 200 actuando a compresión. La unión entre estos elementos generalmente se realiza con bridas o lo que sería la unión de dos placas conectadas entre sí por pernos.

2.5.2. Miembros transversales

Son aquellos que se encuentran colocados de forma horizontal y se encargan de unir las piernas o montantes; la unión se realiza colocando una placa soldada a la pierna y posteriormente se conecta el elemento por medio de pernos. La relación de esbeltez de estos elementos debe ser Kl/r menor igual a 250

2.5.3. Miembros diagonales

Los miembros diagonales se colocan para unir los montantes y los transversales. La unión entre estos elementos se realiza de forma similar a los transversales con la variante que cada elemento que llega a los transversales se conecta directamente a este miembro.

La función estructural de estos elementos es disminuir la longitud efectiva del elemento lo que hará que la relación de esbeltez del elemento se reduzca.

2.5.4. Características estructurales

Cada uno de estos elementos debe cumplir con su función de forma adecuada, por lo que al diseñar el ingeniero estructural debe tener claro cual es la función de cada uno de los elementos.

Las piernas de una torre deben ser diseñadas de acuerdo a las acciones a las que será sometida (sismo, viento, hielo o combinaciones simultáneas) para soportar compresiones y tensiones. La comprensión de la acción debe recibir mayor atención, ya que el acero presenta mayores cualidades estructurales cuando trabaja a tensión.

En el caso de los transversales éstas deben evitar los movimientos de torsión en general, también conocidos como movimientos angulares de la estructura.

Los diagonales se encargan de reducir la relación de esbeltez de los elementos antes mencionados, lo que ayuda a reducir de forma considerable las deflexiones tanto horizontales como verticales.

En el caso de torres auto-soportadas robustas, un parámetro importante para la estabilidad de las torres es combinar cada uno de estos elementos más la abertura entre piernas. Lo cual permite alcanzar mayores alturas debido a que el cuerpo general de la torre presenta momentos compuestos de inercia mayores, otorgando mayor rigidez dado que esta es inversamente proporcional al área y la fibra más alejada del eje neutro.

Sin embargo, al momento de realizar el diseño de cimentación, el área por la apertura entre piernas es considerable. Por ejemplo, si la apertura entre patas de la torre es de 5.00 m, la dimensión mínima requerida puede ser de 6.00 m o más, sin mencionar que el factor principal que interviene en el diseño son las características del suelo y la capacidad de carga.

2.6. Torres auto-soportadas esbeltas

En este tipo de torres la distancia entre montantes o piernas es reducida y de acuerdo a la relación del ancho de piernas-altura se define un cuerpo esbelto. Al igual que las torres robustas estas también son conformadas tipo celosía y utilizando perfiles tipo "OC" y ángulos "L" de forma combinada.

Las condiciones estructurales en cuanto a la relación de esbeltez que deben cumplir son exactamente las mismas al igual que la función de cada una de sus componentes.

La diferencia más notable es que debido a lo estético de este tipo de estructuras, cada uno de los miembros será de un calibre mayor, lo anterior se puede observar realizando una comparación a simple vista y considerando que dichas torres están sometidas a las mismas solicitaciones accidentales. A continuación se muestran dos tipos de estructuras de la misma altura, en donde se aprecia lo descrito en los últimos párrafos.

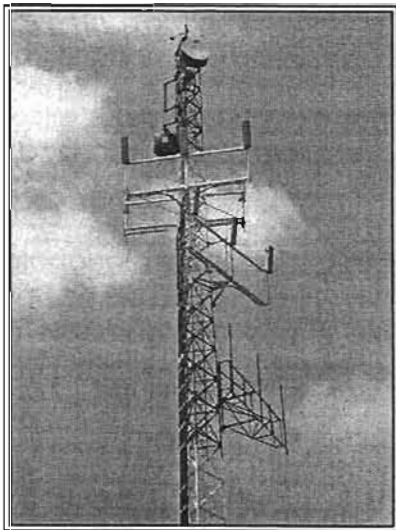


Figura 19. Segmento superior de Torre esbelta.

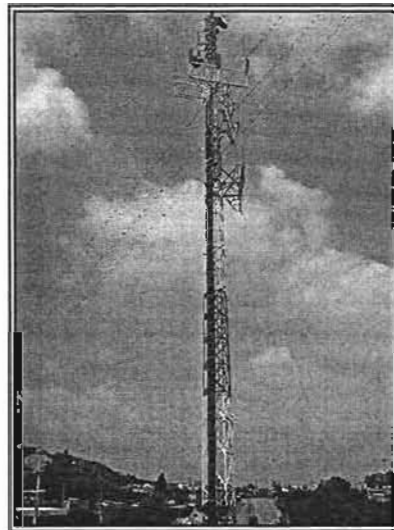


Figura 20. Torre esbelta completa.

Por otro lado y sin olvidar que las características del suelo son importantes, la apertura entre montantes genera una cimentación de dimensiones más reducidas.

2.7. Monopolos

Este tipo de estructura es el más estético, ya que geoméricamente es un polígono cónico. Estructuralmente está conformado por segmentos prismáticos cónicos que se unen entre sí simplemente acoplados o por bridas, como se puede observar en las fotografías.



Figura 21. Torre de telecomunicación conocido como "Monopolo".

Cada uno de estos segmentos está diseñado tanto estructuralmente como geométricamente para ser acoplado y soportar los elementos mecánicos generados entre ellos.

Este tipo de estructuras puede alcanzar hasta más 42 m de altura. A diferencia de las torres, el proceso y maquinaria que se requiere para izar este tipo de estructuras es más complejo.

A continuación se describe el proceso de ensamble e izado de monopolos.

1. Se colocan las piezas a ensamblar sobre el piso debidamente calzadas, de tal forma que estas permitan ser acopladas.
2. Utilizando una grúa una de ellas es acoplada a la otra
3. En dos caras totalmente opuestas se colocan gatos hidráulicos también conocidas como "gatas", las cuales al momento de ser activadas provocan que ambas piezas sean acopladas de forma uniforme sin llegar a la máxima cota de acoplamiento señalada por el fabricante.
4. Una vez medianamente acopladas las piezas, una de estas es sujeta con cables de acero por el extremo superior, para posteriormente ser izada.
5. La grúa coloca las dos piezas acopladas en la base, en la cual están ubicadas una serie de anclas embebidas en el concreto de la cimentación, formando entre la sección inferior y la base de concreto una brida.
6. Una vez izadas las dos piezas se activan nuevamente los gatos hidráulicos hasta alcanzar la cota de acoplamiento señalada por el fabricante.

7. Las tercera, cuarta o quinta pieza se sujetan por la parte superior y son llevada con los gatos sujetos al extremo inferior hasta el extremo superior ya izado y comienza nuevamente el proceso de acoplamiento.
8. Por último, se comienzan a colocar toda la serie de accesorios que permitirán la operación y mantenimiento sobre la misma.

Para un mejor entendimiento de lo anterior se puede observar en la siguiente serie de fotografías.

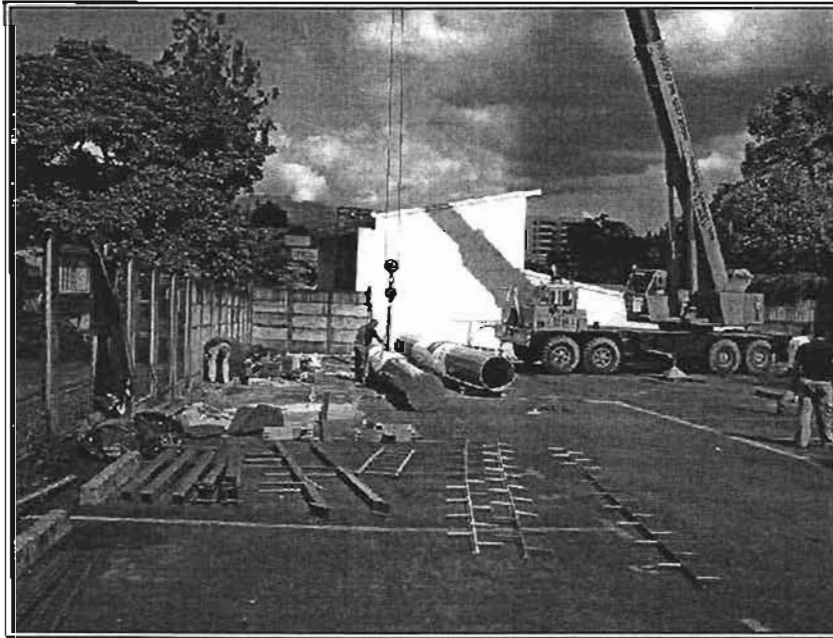


Figura 22. Maniobra de desembarque de materiales

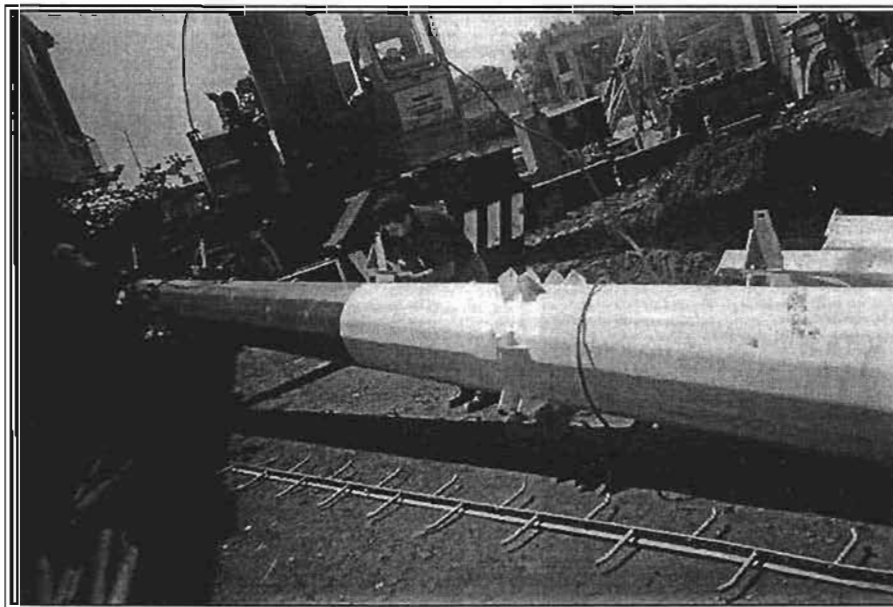


Figura 23. Preparando la primera sección.

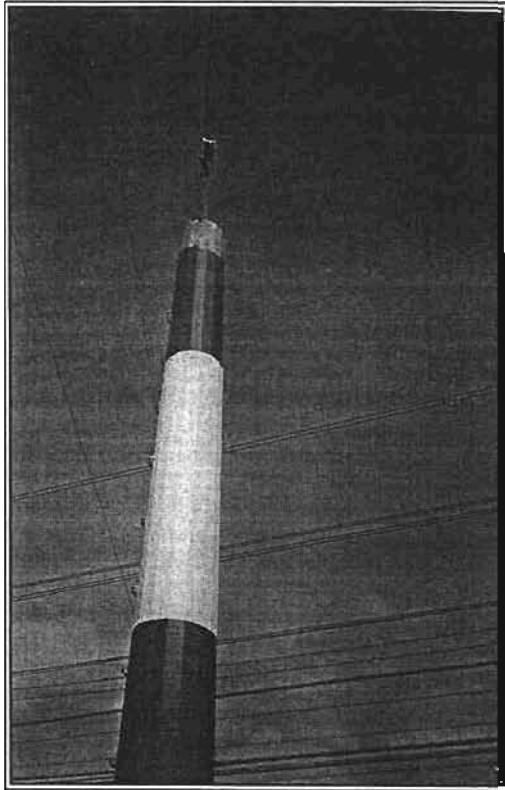


Figura 24. Montaje de primer segmento

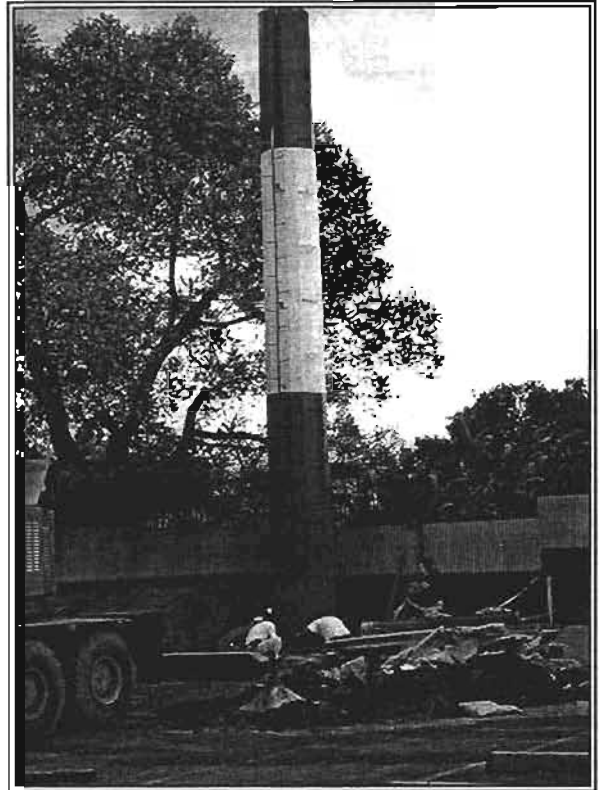


Figura 25. Maniobra de torque de primer segmento

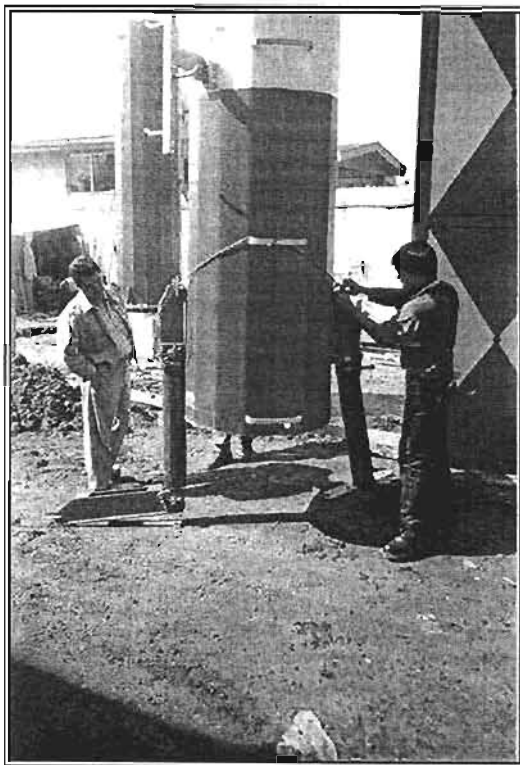


Figura 26. Colocación de gatos hidráulicos

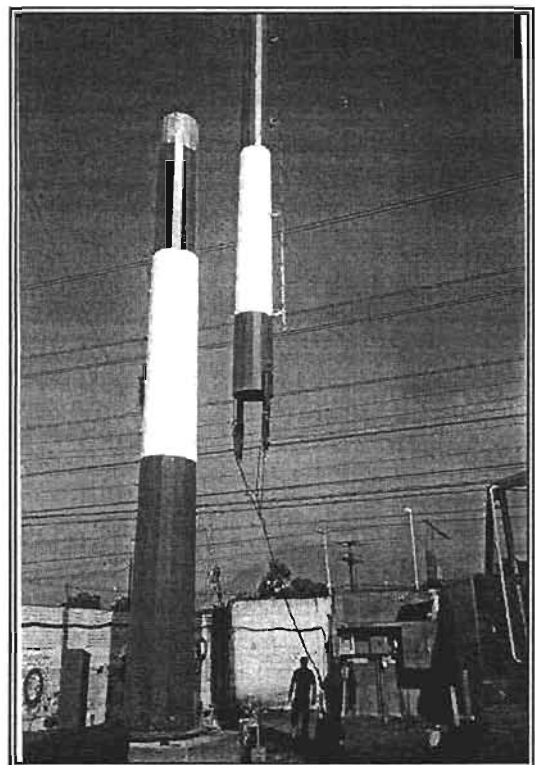


Figura 27. Maniobra de montaje de 2do segmento

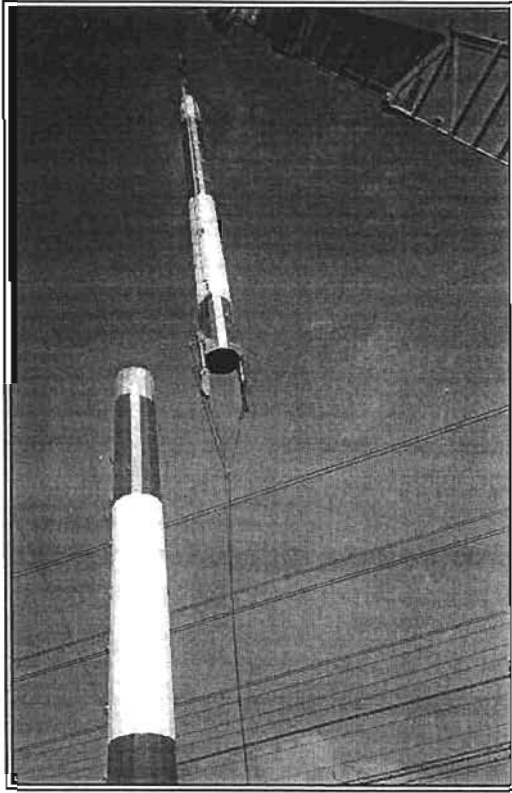


Figura 28. Acoplando 2do segmento



Figura 29. Manobra de retiro de gatos hidráulicos

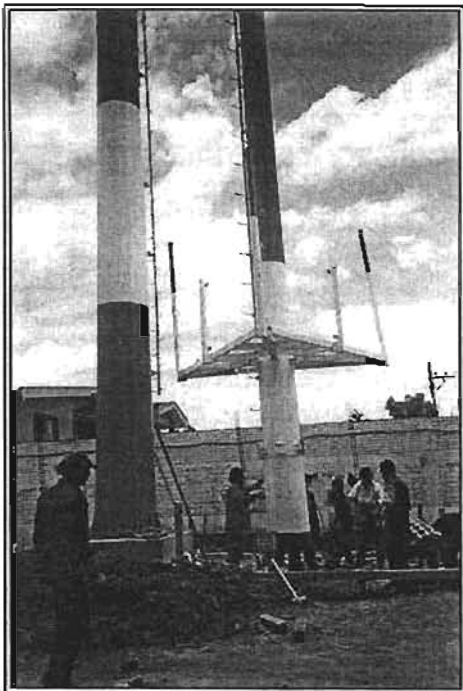


Figura 30. Montaje de 3er segmento



Figura 31. Acoplando 3er segmento

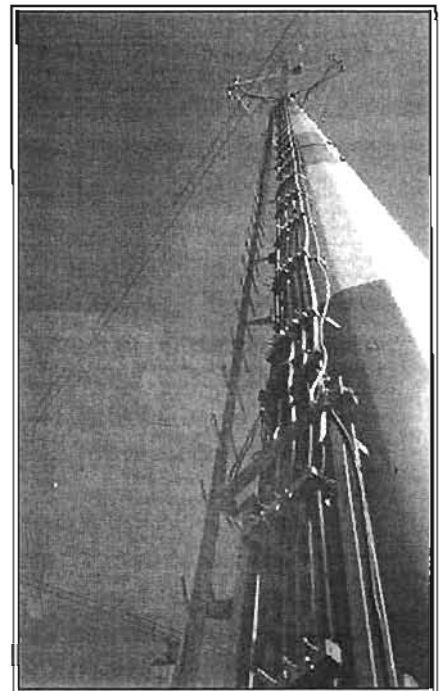


Figura 32. Monopolo montado

2.8. Torres arriostradas o venteadas

Quizá este sea el tipo de torre más complejo en cuanto a su diseño estructural, construcción, operación y mantenimiento. Su descripción más simple es la de una armadura esbelta apoyada en un sólo punto y sujeta con cables de acero, también conocidas como riostras. A diferencia de las otras estructuras, ésta no es soportada por sí misma sino que requiere ser sujeta en varios puntos para su estabilidad o equilibrio.

Los elementos por los cuales esta conformada son: montantes, diagonales y travesaños, además de las riostras y de las cuales depende en mucho su comportamiento. La ingeniería del fabricante siempre recomienda los siguientes parámetros para asegurar un grado de seguridad óptimo.

- La distancia que debe existir entre el punto de apoyo de la torre y punto de sujeción de esta, debe ser por lo menos el 50% de la altura de la torre ($L = 0.50 \times H$).
- La apertura entre riostras vistas en plano horizontal debe formar ángulos mínimos de 120° con una tolerancia de más menos 10°
- De realizar la sujeción en cuatro puntos, estos deberán formar ángulos de 90° con una tolerancia de más menos 5° .
- Los niveles de riostras en el plano vertical son señalados por el fabricante de la torre ya que esto depende de la ubicación y cara de antenas a las que será sometida la torre. Por lo regular el operador proporcionará la carga de antenas, altura a las que serán colocadas y orientación para realizar el análisis detallado y verificar su comportamiento.

2.9. Conclusiones

Una vez definidas las alturas y orientaciones de las antenas de Radio Frecuencia y Transmisión (microondas), adquirida la superficie ya sea a nivel de terreno o sobre azoteas, puede definirse cualquiera de los escenarios. El elemento decisivo es el área de la cual se dispone.

Por otro lado, la variedad de torres disponibles en el mercado es bastante amplia lo que permite flexibilidad para definir con mayor facilidad el tipo de proyecto.

Las torres permiten realizar proyectos más estéticos según su geometría y características estructurales e incluso en algunos casos facilitar las actividades de montaje.

CAPÍTULO 3

Revisión y análisis de estructuras

Objetivo: Definir el proceso para el análisis y revisión estructural de torres de telecomunicaciones de acuerdo a los reglamentos y normas vigentes⁸, tales como el uso de la norma EIA/222F, la cual se especializa en la fabricación, análisis, diseño, operación y mantenimiento de torres de telecomunicaciones.

Este capítulo define el procedimiento de análisis y revisión estructural de una torre cuando su posición ya ha sido definida en algún punto de la Republica Mexicana y se ha realizado el análisis y diseño de cimentación aplicando los parámetros reales del suelo donde será cimentada.

El análisis se hará aplicando las normas y reglamentos vigentes de CFE; además de tomar algunos parámetros importantes definidos en la Norma EIA/222F la cual es un punto básico de referencia para los fabricantes de torres.

En este ejercicio, se utiliza el programa *Stadd Pro* para elaborar el modelo matemático con el cual se aplican las fuerzas de viento obtenidas y se simula el comportamiento de la torre y por último se obtienen los elementos mecánicos generados por dichas acciones.

Una vez terminados los procesos señalados se concluirá con la elaboración del plano estructural requerido para realizar el proyecto. También se anexan corridas completas o archivos de salida por separado de cada uno de los diseños antes mencionados.

3.1. Propuesta real para análisis por viento de un sitio

A) Ubicación

El sitio pertenece a un punto de la RED de TEMM (Telefónica Móviles México) de la ciudad de San Luis Potosí.

Se detalla los documentos generados por el operador de telefonía celular, de los cuales se obtendrán los datos esenciales, así como las características de técnicas del sitio, todo bajo los procedimientos de TEMM. Dicha documentación consta de las siguientes hojas:

⁸ Telecommunications Industry Association (1996). "TIA/EIA 222F, Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures", USA

B) Croquis de ubicación

En el Capítulo 1 de éste documento quedó definido como mapa de área de búsqueda, pero en este caso se presentan 3 candidatos dentro del círculo o área de búsqueda:

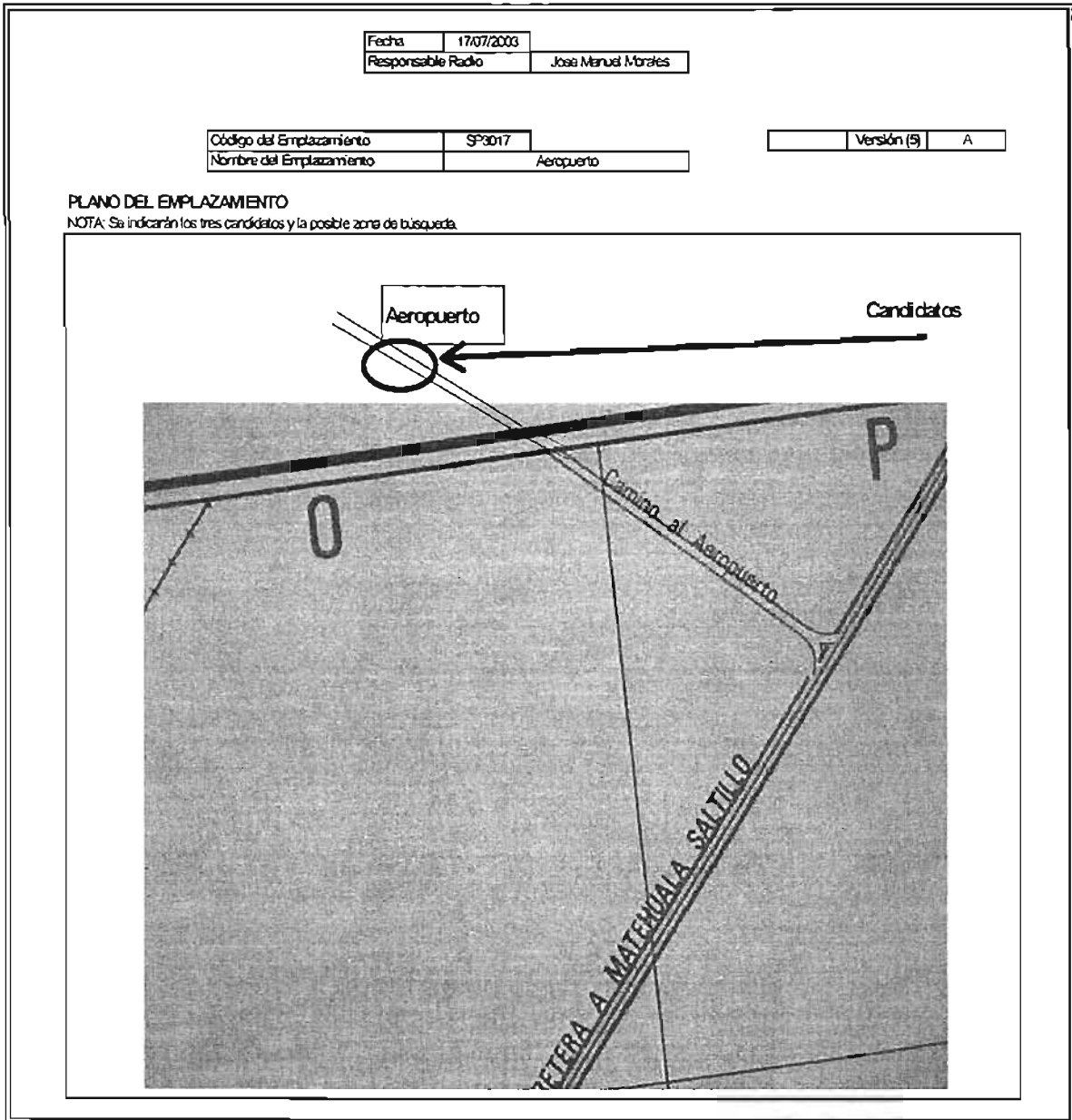


Figura 33. Mapa de búsqueda (SAM)

C) Hoja de planificación

En esta hoja se incluyen los siguientes datos:

- clave de identificación de sitio (SP3049),
- nombre del sitio (La Salud)
- región a la que pertenece de acuerdo a la división de mercados regionales TEMM (R7),
- coordenadas geográficas (latitud y longitud),
- tipo de escenario (torre en piso),
- altura de torre requerida,
- dirección del predio,
- datos de radio (altura a colocar antenas, tipo de antena, orientación, inclinación mecánica y objetivo de cobertura).

HOJA DE PLANIFICACION																																								
Fecha		17/07/2003		Responsable Radio		Jose Manuel Morales																																		
Nombre del Emplazamiento				Aeropuerto		Versión (5)																																		
Código del Emplazamiento (2)				SP3017		A																																		
Tipo EB (3)		Nuevo		Municipio		SAN LUIS POTOSI																																		
Región		7		Zona de Aguilación (8)		a																																		
Estado (1)				San Luis Potosi																																				
CANDIDATO 1 <small>Nota: En caso de no tener candidatos, se entenderá el CANDIDATO 1 como el Área de Búsqueda</small>																																								
Coordenadas Geográficas <small>(respecto al Norte magnético)</small>				Tipo de Obra (4)		Suelo <small>(Aéreo/Suelo)</small>																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Grados</th> <th>Min</th> <th>Seg</th> </tr> <tr> <td>Latitud</td> <td>22</td> <td>15</td> <td>13.5</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>100</td> <td>56</td> <td>17.8</td> </tr> <tr> <td>DATUM</td> <td colspan="3">WGS84</td> </tr> <tr> <td>Mapa de Referencia</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Escala del Mapa</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>				Grados	Min	Seg	Latitud	22	15	13.5	Longitud	100	56	17.8	DATUM	WGS84			Mapa de Referencia				Escala del Mapa				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tipo de Radio Base (7)</td> <td>Indoor</td> </tr> <tr> <td>Altura terreno (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura edificio (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura torre (m)</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Área de búsqueda (m)</td> <td></td> </tr> </table>		Tipo de Radio Base (7)	Indoor	Altura terreno (m)		Altura edificio (m)		Altura torre (m)	40	Área de búsqueda (m)		<small>(Outdoor/Indoor)</small>	
Grados	Min	Seg																																						
Latitud	22	15	13.5																																					
Longitud	100	56	17.8																																					
DATUM	WGS84																																							
Mapa de Referencia																																								
Escala del Mapa																																								
Tipo de Radio Base (7)	Indoor																																							
Altura terreno (m)																																								
Altura edificio (m)																																								
Altura torre (m)	40																																							
Área de búsqueda (m)																																								
<small>NOTA: El Área de Búsqueda vendrá preferentemente indicada en el plano</small>																																								
Dirección		Instalaciones muy cercanas al Aeropuerto																																						
Contacto Acceso																																								
Contacto Dueño																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Orientación</th> <th>Tilt Mec.</th> <th>Alt. al suelo (m)</th> <th>Tipo Ant.</th> <th># TRXs</th> <th>TMA (Si/No)</th> <th>Objetivo de cobertura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sector 1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>30</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>No</td> <td>Aeropuerto</td> </tr> <tr> <td>Sector 2</td> <td>120</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>Si</td> <td>Carretera a San Luis</td> </tr> <tr> <td>Sector 3</td> <td>240</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>Si</td> <td>Barrio cercano</td> </tr> </tbody> </table>									Orientación	Tilt Mec.	Alt. al suelo (m)	Tipo Ant.	# TRXs	TMA (Si/No)	Objetivo de cobertura	Sector 1	0	0	30	MG-D3800-T4	1	No	Aeropuerto	Sector 2	120	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Carretera a San Luis	Sector 3	240	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Barrio cercano	
	Orientación	Tilt Mec.	Alt. al suelo (m)	Tipo Ant.	# TRXs	TMA (Si/No)	Objetivo de cobertura																																	
Sector 1	0	0	30	MG-D3800-T4	1	No	Aeropuerto																																	
Sector 2	120	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Carretera a San Luis																																	
Sector 3	240	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Barrio cercano																																	
Descripción		<small>NOTA: Incluye la visibilidad preliminar de otros emplazamientos</small> Torre 40 metros																																						
CANDIDATO 2 <small>Nota: En caso de no tener candidatos, se entenderá el CANDIDATO 1 como el Área de Búsqueda</small>																																								
Coordenadas Geográficas <small>(respecto al Norte magnético)</small>				Tipo de Obra (4)		Suelo <small>(Aéreo/Suelo)</small>																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Grados</th> <th>Min</th> <th>Seg</th> </tr> <tr> <td>Latitud</td> <td>22</td> <td>15</td> <td>13.5</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>100</td> <td>56</td> <td>17.8</td> </tr> <tr> <td>DATUM</td> <td colspan="3">WGS84</td> </tr> <tr> <td>Mapa de Referencia</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Escala del Mapa</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>				Grados	Min	Seg	Latitud	22	15	13.5	Longitud	100	56	17.8	DATUM	WGS84			Mapa de Referencia				Escala del Mapa				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tipo de Radio Base (7)</td> <td>Indoor</td> </tr> <tr> <td>Altura terreno (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura edificio (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura torre (m)</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Área de búsqueda (m)</td> <td></td> </tr> </table>		Tipo de Radio Base (7)	Indoor	Altura terreno (m)		Altura edificio (m)		Altura torre (m)	40	Área de búsqueda (m)		<small>(Outdoor/Indoor)</small>	
Grados	Min	Seg																																						
Latitud	22	15	13.5																																					
Longitud	100	56	17.8																																					
DATUM	WGS84																																							
Mapa de Referencia																																								
Escala del Mapa																																								
Tipo de Radio Base (7)	Indoor																																							
Altura terreno (m)																																								
Altura edificio (m)																																								
Altura torre (m)	40																																							
Área de búsqueda (m)																																								
<small>NOTA: El Área de Búsqueda vendrá preferentemente indicada en el plano</small>																																								
Dirección		Carretera aeropuerto, terreno de enfrente a instalaciones de torre existente cercana al aeropuerto																																						
Contacto Acceso																																								
Contacto Dueño																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Orientación</th> <th>Tilt Mec.</th> <th>Alt. al suelo (m)</th> <th>Tipo Ant.</th> <th># TRXs</th> <th>TMA (Si/No)</th> <th>Objetivo de cobertura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sector 1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>30</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>No</td> <td>Aeropuerto</td> </tr> <tr> <td>Sector 2</td> <td>120</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>Si</td> <td>Carretera a San Luis</td> </tr> <tr> <td>Sector 3</td> <td>90</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>MG-D3800-T4</td> <td>1</td> <td>Si</td> <td>Barrio cercano</td> </tr> </tbody> </table>									Orientación	Tilt Mec.	Alt. al suelo (m)	Tipo Ant.	# TRXs	TMA (Si/No)	Objetivo de cobertura	Sector 1	0	0	30	MG-D3800-T4	1	No	Aeropuerto	Sector 2	120	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Carretera a San Luis	Sector 3	90	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Barrio cercano	
	Orientación	Tilt Mec.	Alt. al suelo (m)	Tipo Ant.	# TRXs	TMA (Si/No)	Objetivo de cobertura																																	
Sector 1	0	0	30	MG-D3800-T4	1	No	Aeropuerto																																	
Sector 2	120	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Carretera a San Luis																																	
Sector 3	90	0	40	MG-D3800-T4	1	Si	Barrio cercano																																	
Descripción		<small>NOTA: Incluye la visibilidad preliminar de otros emplazamientos</small> Torre 40 metros																																						
CANDIDATO 3 <small>Nota: En caso de no tener candidatos, se entenderá el CANDIDATO 1 como el Área de Búsqueda</small>																																								
Coordenadas Geográficas <small>(respecto al Norte magnético)</small>				Tipo de Obra (4)		Suelo <small>(Aéreo/Suelo)</small>																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Grados</th> <th>Min</th> <th>Seg</th> </tr> <tr> <td>Latitud</td> <td>22</td> <td>15</td> <td>13.5</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>100</td> <td>56</td> <td>17.8</td> </tr> <tr> <td>DATUM</td> <td colspan="3">WGS84</td> </tr> <tr> <td>Mapa de Referencia</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Escala del Mapa</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>				Grados	Min	Seg	Latitud	22	15	13.5	Longitud	100	56	17.8	DATUM	WGS84			Mapa de Referencia				Escala del Mapa				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tipo de Radio Base (7)</td> <td>Indoor</td> </tr> <tr> <td>Altura terreno (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura edificio (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altura torre (m)</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Área de búsqueda (m)</td> <td></td> </tr> </table>		Tipo de Radio Base (7)	Indoor	Altura terreno (m)		Altura edificio (m)		Altura torre (m)	40	Área de búsqueda (m)		<small>(Outdoor/Indoor)</small>	
Grados	Min	Seg																																						
Latitud	22	15	13.5																																					
Longitud	100	56	17.8																																					
DATUM	WGS84																																							
Mapa de Referencia																																								
Escala del Mapa																																								
Tipo de Radio Base (7)	Indoor																																							
Altura terreno (m)																																								
Altura edificio (m)																																								
Altura torre (m)	40																																							
Área de búsqueda (m)																																								
<small>NOTA: El Área de Búsqueda vendrá preferentemente indicada en el plano</small>																																								
Dirección		Terreno cercano al aeropuerto																																						

Figura 34. Hoja de planificación

D) Hoja de fotos de candidatos

Esta hoja complementa la Hoja de planificación, ya que esta incluye una fotografía de la fachada del predio o candidato.


Fecha	17/07/2003
Responsable Radio	Jose Manuel Morales

Código del Emplazamiento	SP3017
Nombre del Emplazamiento	Aeropuerto

Versión (5)
A

FOTOS DE LAS LOCALIZACIONES

LOCALIZACIÓN 1



LOCALIZACIÓN 2

No Existe Candidato

LOCALIZACIÓN 3




Figura 35. Hoja de fotos de candidatos.

E) Datos de hoja de transmisión

Esta refleja los puntos a los cuales debe enlazarse la radio base con franca línea de vista, altura y azimut.

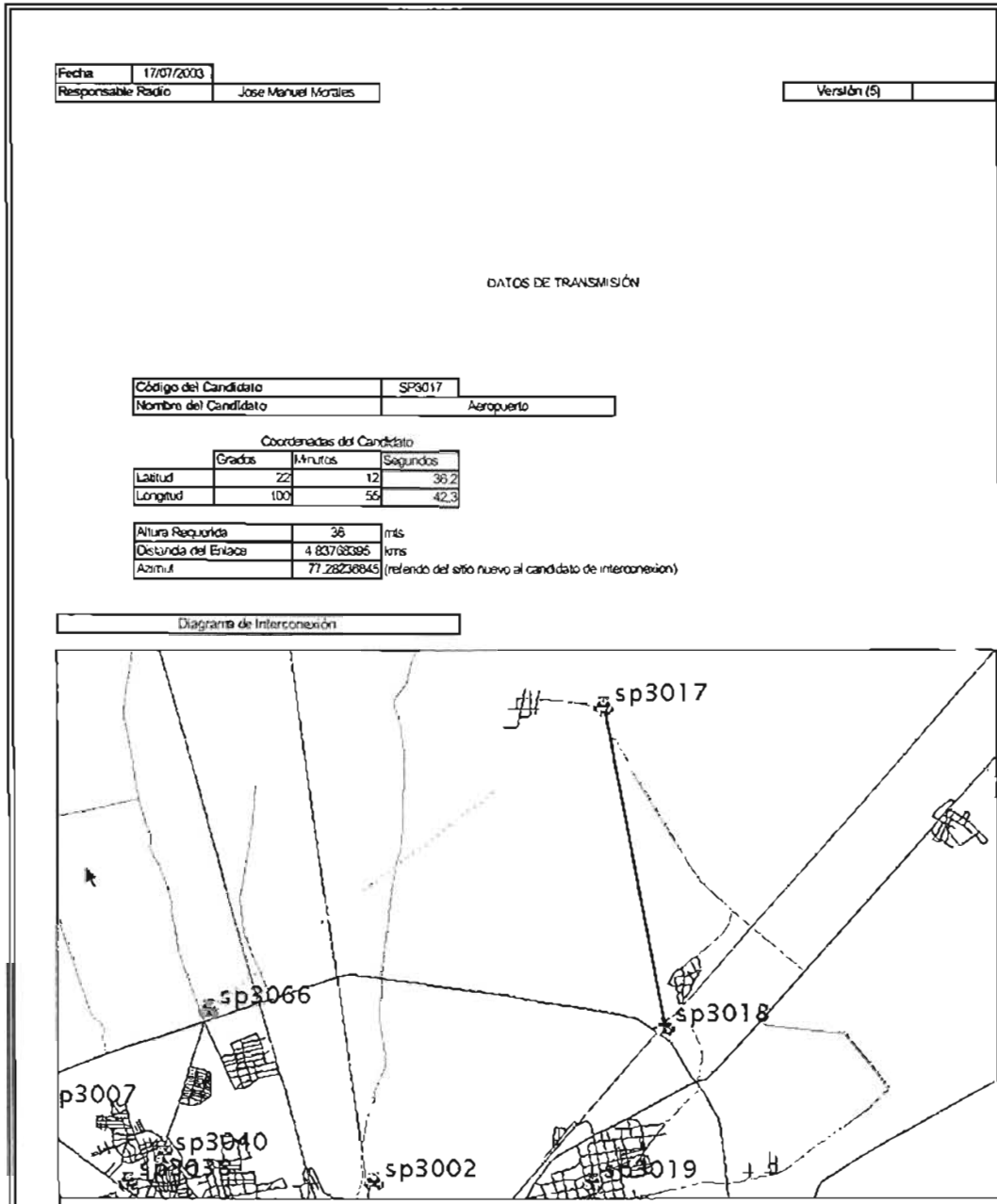


Figura 36. Hoja de datos de transmisión.

F) Hoja de sistema de identificadores

En ella se ven reflejadas varias ciudades, la región a la que pertenecen y la codificación del estado según TEMM, así como la descripción del procedimiento TEMM para identificar el código del sitio.

SISTEMA DE IDENTIFICADORES	
(1) CODIFICACIÓN DE LOS ESTADOS DE MÉXICO	
ESTADO	REG PCS
01 AGUASCALIENTES	7
02 BAJA CALIFORNIA	1
03 BAJA CALIFORNIA SUR	1
04 CAMPECHE	5
05 COAHUILA	4
06 COLIMA	6
07 CHIAPAS	5
08 CHIHUAHUA	3
09 DISTRITO FEDERAL	9
10 DURANGO, DGO.	3
11 GUANAJUATO	7
12 GUERRERO	6
13 HIDALGO	9
14 JALISCO	6
15 MEXICO	9
16 MICHOACÁN	6
17 MORELOS	9
18 NAYARIT	5
19 NUEVO LEÓN	4
20 OAXACA	8
21 PUEBLA	8
22 QUERÉTARO	7
23 QUINTANA ROO	5
24 SAN LUIS POTOSÍ	7
25 SINALOA	2
26 SONORA	2
27 TABASCO	5
28 TAMAULIPÁS	4
29 TLAXCALA	8
30 VERACRUZ	8
31 YUCATÁN	5
32 ZACATECAS	7
(2) CÓDIGO DE EMPLAZAMIENTO (C_E)	
Se compone de 6 dígitos (x6....x1)	
x6x5	= Estado (ver tabla anexa)
x4x3x2x1	= Número de Emplazamiento en el Estado
Ejemplo:	
313001	Es un sitio de Yucatán # 3001
(3) TIPO DE EB (ESTACIÓN BASE)	
Se compone de 3 dígitos (s3s2s1)	
s3 =	0 si es AMPS, 1 si es CDMA 800, 2 si es CDMA 1900, 3 si es GSM 1900 o 4 si GSM 800.
s2s1 =	01 si Macro, 02 si Micro, 03 si Pico, 04 si Repetidor, 05 si TX
(4) TIPO DE OBRA puede ser Azotea o Suelo	
COD. DE SECTOR = C_E + NÚMERO SECTOR (1....6)	
El # de sector se compone de 1 dígito (x0)	
Ejemplo: x0 = 16 según el sector en cuestión	
3130011	Es el sector 1 de la EB del Emplazamiento 313001
(5) VERSIÓN puede tomar los valores A, B, C....de manera que se identifique a los candidatos A1, A2, A3, B1, B2, B3	
(6) TIPO ZONA DE ADQUISICIÓN pendiente de clarificar con Adquisición de Sitios	
(7) TIPO DE RADIOBASE Puede ser OUTDOOR o INDOOR	
Los sitios existentes se incorporan al nuevo sistema de IDENTIFICADORES automáticamente, teniendo en cuenta lo siguiente: Los identificadores actuales NO se ordenan por Estado, por lo que para respetar su numeración se dejarán del 0-1999 para Pegaso y del 2000-2999 para TMM NOTA: Existen unos Sitios en distintas fases de desarrollo en Pegaso que comienzan por 9xxx cuya numeración habría de ser adaptada.	

Figura 37. Hoja de sistemas de identificadores.

Todos estos documentos definen la ubicación, altura de torre y carga de antenas sobre torre.

3.2. Análisis de viento

El procedimiento para realizar el análisis por viento de para cualquier tipo de estructura es definido en el Manual de Diseño de Obras civiles "Diseño por Viento" editado por la Comisión Federal de Electricidad⁹. Con base en este manual se realiza un esquema paso a paso que establece el procedimiento para analizar torres de acuerdo a sus características, diseño y verificar su comportamiento.

⁹ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.5 Procedimiento para determinar las acciones de viento, Pág. 1.4.11

3.2.1. Análisis paso a paso

- a) Requisitos generales para el análisis y diseño estructural de torres de celosía.
- Clasificación de la estructura según su importancia.
 - Clasificación de la estructura según su repuesta ante la acción de viento
 - Determinación de la velocidad de diseño V_D
 - Determinación de la velocidad regional V_R
 - Determinación del factor de exposición
 - Determinación del factor de tamaño
 - Determinación del factor de rugosidad y altura
 - Determinación del factor de topografía
 - Determinación del periodo de retorno
 - Cálculo de presión dinámica a la base
 - Análisis dinámico
- b) Procedimiento de análisis y diseño de cimentación.
- c) Parámetros fundamentales para análisis y el diseño de cimentación de acuerdo a la mecánica de suelos.
- d) Revisión de capacidad de carga del terreno
- e) Definición y características de los materiales y factores de diseño a emplearse
- f) Dimensiones de la cimentación
- g) Cálculo del peso propio de la cimentación y peso propio de torre
- h) Elementos mecánicos obtenidos con ayuda del programa *Stadd Pro*
- i) Revisión por volteo
- j) Revisión por cortante
- k) Revisión estado límite de falla del suelo
- l) Cálculo de acero de refuerzo para cimentación
- m) Modelo en *Stadd Pro* para el diseño de cimentación.
- n) Planos de cimentación

- o) Recomendaciones para la construcción de la cimentación de acuerdo al estudio de mecánica de suelos.
- p) Anexos
- q) Corridas de modelo Stadd Pro de análisis y revisión de torre.
- r) Corridas de modelo *Stadd Pro* de diseño, análisis y revisión de cimentación.

3.2.2. Procedimiento de análisis para obtener las fuerzas de viento de acuerdo a manuales CFE y normas vigentes

Para dar inicio al procedimiento de análisis tomaremos un ejemplo real de una radio base, ubicado en la ciudad de San Luis Potosí, ésta forma parte de la red de telefonía GSM del operador conocido como TEMM ó Telefónica Movistar México.

3.2.2.1. Clasificación de la estructura según su importancia

El primer paso es definir la importancia y seguridad de la estructura de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento de CFE¹⁰. Dichos parámetros son asociados a las velocidades de viento que tengan probabilidad de ser excedidas y a partir de estas evaluar la magnitud de las solicitaciones de diseño.

Las estructuras o construcciones se clasifican según los siguientes grupos:

Grupo "A"

Estructuras para las cuales se recomienda un grado de seguridad elevado, es decir, que en caso de fallar causan la pérdida importante de vidas, perjuicios económicos excepcionalmente altos así como patrimonios culturales. Dentro de este grupo están las construcciones y depósitos cuya falla implique un peligro significativo por almacenar o contener sustancias tóxicas o inflamables, también aquellas cuyo funcionamiento es imprescindible deben continuar en operación después de vientos fuertes provocados por huracanes o ciclones. Quedan excluidos depósitos o estructuras enterradas.

Ejemplos: Plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares. Entre éstas pueden mencionarse chimeneas, subestaciones eléctricas, torres y postes que formen parte de líneas de transmisión principales.

Dentro de éstas también se encuentran centrales telefónicas e inmuebles de telecomunicación, puentes, estaciones terminales de transporte,

¹⁰ CFE. Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.3 Clasificación de las estructuras según su importancia, Pág.1.4. 4.

estaciones de bomberos, de rescate y policía, hospitales e inmuebles médicos con áreas de urgencias, centros de operación en situaciones de desastre, escuelas, estadios, templos y museos. Del mismo modo se consideran los locales, las cubiertas y los paraguas que protejan equipo especialmente costoso, así como áreas de reunión que alojen más de 200 personas, tales como salas de espectáculos, auditorios y centros de convenciones.

Grupo "B"

Estructuras para las cuales se recomienda un grado de seguridad moderado, es decir, que en caso de falla representan un bajo riesgo de pérdidas humanas y ocasionan daños materiales de magnitud intermedia. Este es el caso de las plantas industriales, bodegas ordinarias, gasolineras (excluyendo depósitos permanentes), comercios, restaurantes, casa habitación, viviendas, edificios de apartamentos u oficinas, hoteles, bardas cuya altura sea mayor a 2.50 m y todas aquellas construcciones cuya falla por viento puedan poner en peligro las que se encuentran incluidas dentro del Grupo "A".

Grupo "C"

Estructuras para las cuales se recomienda un grado de seguridad bajo, es decir, aquellas cuya falla no implica grandes consecuencias, ni causan daño a las estructuras o construcciones incluidas en los Grupos "A" y "B".

Ejemplos: Bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas con altura no mayor a 2.50 m; se incluyen también recubrimientos como cancelerías, elementos estructurales que formen parte de fachadas, siempre y cuando no representen daños corporales o materiales importantes en caso de desprendimiento. Si, por el contrario, las consecuencias por desprendimiento son graves, éstos se analizan utilizando las presiones de diseño de la estructura principal.

Conclusión

Debido a lo anterior queda definido que la torre de telecomunicación de este sitio pertenece al Grupo "A"

3.2.2.2. Clasificación de la estructura según su respuesta ante la acción de viento

De acuerdo a la sensibilidad de las estructuras ante los efectos de ráfagas de viento y respuesta dinámica, éstas se pueden clasificar en 4 tipos.

Sobre la base de esta clasificación se define el método para obtener las cargas de diseño por viento sobre las estructuras y la determinación de efectos

dinámicos suplementarios; éstos podrán ser un método estático o dinámico según corresponda.

A continuación se mencionan los diferentes tipos:

Tipo "1"

Estructuras poco sensibles a las ráfagas de viento y efecto dinámicos generados por este. Abarca aquellas en las que la *relación de aspecto* (cociente entre la altura y la menor dimensión en planta) es \leq a 5 y cuyo *periodo natural de vibración* es \leq a 1 seg.

Ejemplo: la mayoría de edificios de habitación u oficinas, bodegas, naves industriales, teatros y auditorios, puentes cortos o viaductos. En el caso de puentes sólo si éstos están contruidos por losas, trabes, armaduras simples, continuas o arcos. También incluyen construcciones cerradas con sistemas de cubiertas rígidos, es decir, capaces de resistir las cargas de viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen cubiertas flexibles de tipo colgante, a menos que por la adopción de su geometría adecuada proporcionada por la aplicación del preesfuerzo u otra medida conveniente logre limitarse la repuesta estructural dinámica.

Tipo "2"

Estructuras que por su alta relación de aspecto o las dimensiones reducidas de su sección transversal son especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración (entre 1 y 5 seg.) y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes en la dirección del viento.

Ejemplos: edificios con relación de aspecto $>$ a 5 o con periodo fundamental a 1 seg., torres de celosía atirantadas y auto soportadas para líneas de transmisión, chimeneas, tanques elevados, antenas, bardas, parapetos, anuncios y en general, las estructuras que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen aquellas pertenecientes a los tipos 3 y 4.

Tipo "3"

Estas estructuras reúnen las características del Tipo "2", presentan oscilaciones importantes transversales al flujo del viento provocadas por la aparición periódica de vórtices o remolinos con los ejes paralelos a la dirección del viento.

Ejemplos: construcciones y elementos aproximadamente prismáticos o cilíndricos esbeltos, tales como chimeneas, tuberías exteriores o elevadas, arbotantes para iluminación, postes de distribución y cables de líneas de transmisión.

Tipo "4"

Estructuras que por su forma o por lo largo de sus periodos de vibración (periodos naturales mayores a 1 seg.) presentan problemas aerodinámicos especiales.

Ejemplos: estructuras con formas aerodinámicas especialmente inestables, como cables de líneas de transmisión, tuberías colgantes y antenas parabólicas, cubiertas colgantes que no se incluyen en el Tipo "1" y estructuras flexibles con periodos de vibración próximos entre sí.

De lo anterior se concluye que la torre del sitio pertenece al Tipo "2".

3.2.2.3. Efectos de viento que deben considerarse

Una vez que se encuentra definida la clasificación de la estructura según su importancia y su respuesta ante la acción del viento, se definen los efectos de viento que deben considerarse.

Para diseñar las estructuras que se encuentran dentro del Tipo "2" se deben considerar los efectos dinámicos causados por la turbulencia del viento. Estos se toman en cuenta mediante la aplicación del factor de respuesta dinámica debido a ráfagas este que se define más adelante.

3.2.2.4. Procedimiento para determinar las acciones de viento

Se pueden definir dos procedimientos. El primero es el Análisis Estático cuando se trata de estructuras o elementos suficientemente rígidos y no sensibles a los efectos dinámicos del viento. El segundo conocido como Análisis Dinámico en el cual las estructuras o elementos estructurales son sensibles a los efectos dinámicos del viento y presentan fuerzas importantes provenientes de la interacción dinámica entre el viento y la estructura.

La siguiente figura presenta el diagrama de flujo paso a paso para las cargas ocasionadas por la acción del viento que deben considerarse para el diseño y revisión de estructuras de este tipo.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE CARGAS DE VIENTO

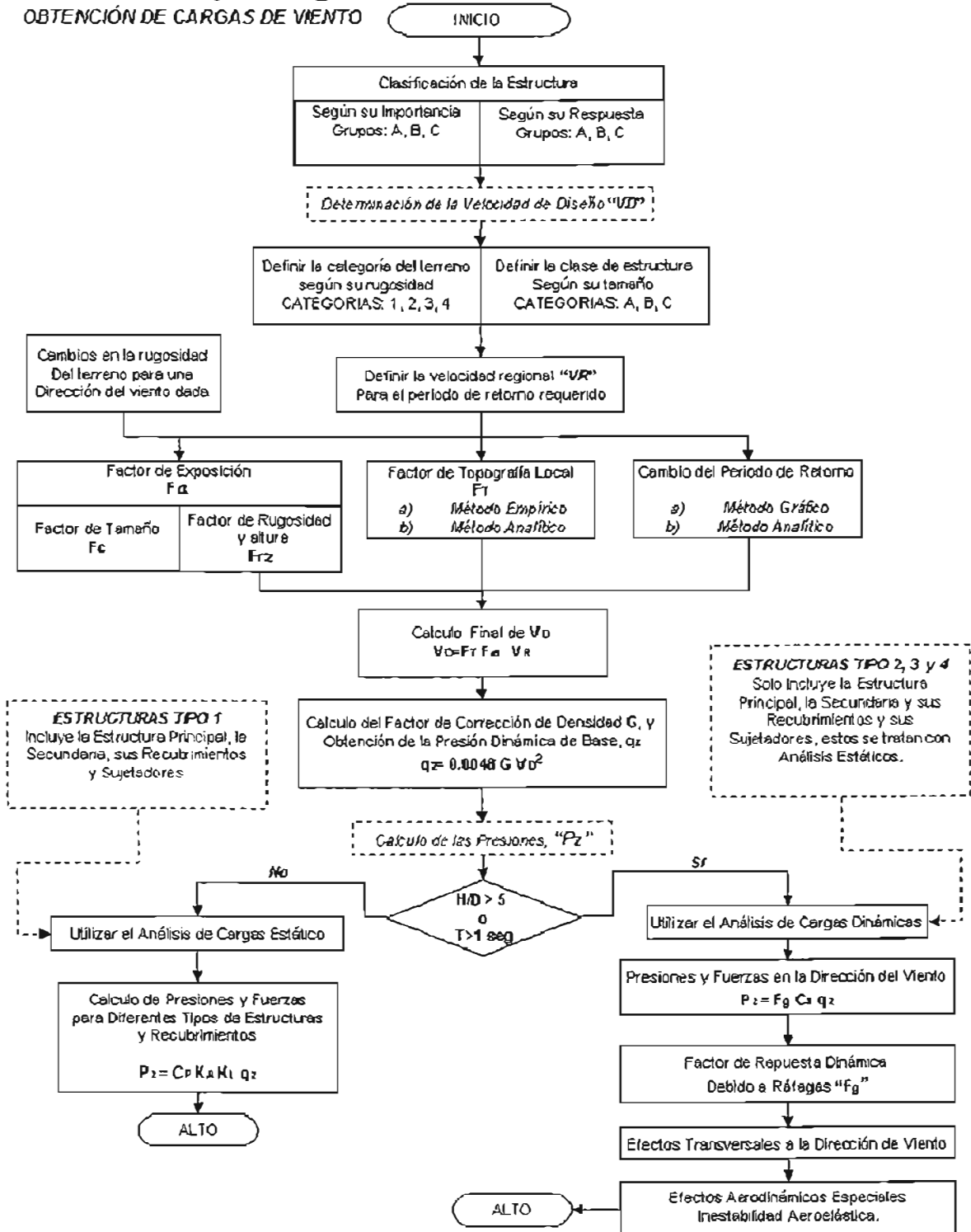


Figura 38. Diagrama para el cálculo de fuerzas de viento.

3.2.2.5. Cálculo de la velocidad de diseño

La velocidad de diseño, V_D es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre una componente de la misma. La velocidad de diseño, en km/h se obtendrá de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

En donde:

F_T es un factor que depende de la topografía del sitio adimensional.

F_α Es un factor que toma el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción, y de la variación de la velocidad con la altura adimensional.

V_R La velocidad regional que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura en km/h.

La velocidad regional V_R y los factores F_T y F_α se determinan en los siguientes puntos.

A continuación se muestra el resultado

VELOCIDAD DE DISEÑO

$$V_D = V_R F_\alpha F_T$$

VELOCIDAD REGIONAL

$$V_R = 160.00 \text{ km/h}$$

FACTOR DE TOPOGRAFIA

$$F_T = 1.1$$

3.2.2.6. Categorías de terreno y clases de estructura

En ambos métodos, tanto estático como dinámico intervienen factores que dependen de las condiciones de topografía del terreno y de las exposiciones locales del sitio donde será construida la estructura, así como el tamaño de esta.

Para evaluar correctamente estos factores se establece una clasificación de carácter práctico. La tabla N° 1 refleja 4 categorías de terreno dependiendo del grado de rugosidad que se presenta alrededor del área de desplante.

Para una explicación gráfica de la información anterior, véase Tabla 1.

TABLA N° 1 " CATEGORIA DEL TERRENO SEGÚN SU RUGOSIDAD"			
<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Limitaciones</i>
1	Terreno abierto prácticamente plano y sin obstrucciones	Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor. Superficies nevadas planas	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m en una longitud mínima de 1500 m.
3	Terreno cubierto de numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde a las casas y viviendas.	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500 m o 10 veces la altura de la construcción, la que sea mayor.
4	Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados	Por lo menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor a 20 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400 m y 10 veces la altura de la construcción

De la Tabla No. 1 se concluye que:

CATEGORIA 2

"SP 3017"

La Tabla No.2 muestra como se clasifica a las estructuras y a los elementos que forman parte de ellas en tres clases, de acuerdo a su tamaño.

TABLA N° 2 " CLASE DE ESTRUCTURA SEGÚN SU TAMAÑO"	
<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas, de ventanerías y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Asimismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor que 20 metros.
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varíe entre 20 y 50 m
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 m

Es importante que en la dirección que se este analizando, el terreno inmediato a la estructura presente la misma rugosidad o categoría, cuando menos en la

distancia denominada como longitud mínima de desarrollo la cual es consignada en la Tabla N° 1 para cada categoría de terreno.

En caso de que no exista esta longitud mínima, el factor de exposición F_a , definido mas adelante deberán modificarse para tomar en cuenta este hecho.

Para este caso, el diseñador podrá seleccionar entre cualquiera de las categorías de terreno que se encuentre el análisis, esta deberá ser la que provea del efecto más desfavorable y así determinar el factor de exposición.

De acuerdo a lo anterior se concluye:

CLASE B	Categoría
---------	-----------

3.2.2.7. Mapas de isotacas, Velocidad Regional V_R

La velocidad regional del viento V_R , es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto periodo de recurrencia en una zona o región determinada del país.

CFE generó varios mapas de isotacas¹¹ que incluyen diferentes periodos de retorno, dicha velocidad se refiere a condiciones homogéneas que corresponden a una altura de 10 m sobre la superficie del terreno plano (categoría 2, Tabla N°1), es decir, que no considera las características de rugosidad del terreno ni la topografía específica del sitio. Asimismo, dicha velocidad se asocia con ráfagas de 3 seg. y toma en cuenta la posibilidad de que se presenten vientos de huracanes en zonas costeras.

La velocidad regional se determina tomando en consideración tanto la localización geográfica de desplante de la estructura como su destino.

CFE ha desarrollado mapas de isotacas para 200, 50, y 10 años de periodos de recurrencia de los vientos.

De acuerdo a la importancia de las estructuras se dictaminan los periodos de recurrencia que debe considerarse en el diseño por viento, los grupos A, B y C se asocian con los periodos de retorno de 200, 50 y 10 años respectivamente.

¹¹ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.5 Factor de rugosidad y altura. Pág. , 1.4.19.

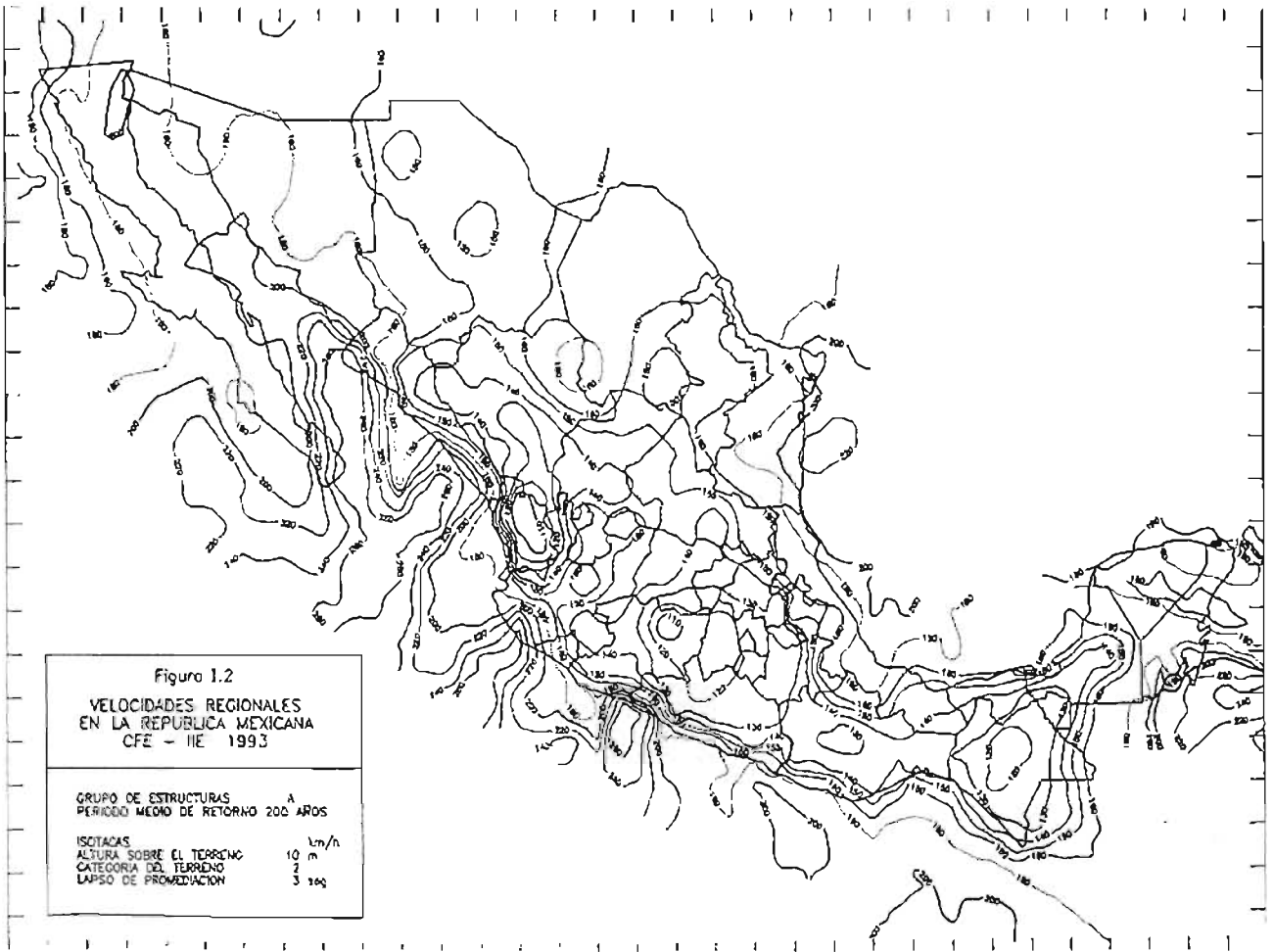


Figura 39. Mapa de isotacas de velocidades de viento para un periodo de retorno de 200 años.¹²

3.2.2.8. Factor de exposición F_{α}

El coeficiente F_{α} refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura Z . Asimismo, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición; éste se calcula de la siguiente manera:

$$F_{\alpha} = F_c F_{rz}$$

En donde:

F_c Es un factor que determina la influencia del tamaño de la estructura, adimensional.

F_{rz} Es un factor que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z en función de la rugosidad del terreno de los alrededores, adimensional.

¹² CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.5 Factor de rugosidad y alluro, Pág. 1.4.19.

Nota: Alternativamente la variación de la rugosidad alrededor de la estructura en el sitio podrá tomarse en cuenta corrigiendo el factor de exposición utilizando para ello el procedimiento señalado en el Manual de Diseño de Obras Civiles.¹³

3.2.2.9. Factor de tamaño F_c

El factor de tamaño, F_c es el que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga de viento actúa de manera efectiva sobre la estructura, para ello se considera la clasificación de la estructura según su tamaño (véase Tabla N° 2). La Tabla No. 3 muestra este factor y cómo se determina:

TABLA N° 3 " FACTOR DE TAMAÑO F_c "	
Clase de la Estructura	F_c
A	1.00
B	0.95
C	0.90

3.2.2.10. Factor de rugosidad y altura F_{rz}

El factor de rugosidad y altura, F_{rz} , establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z , ésta es en función de la categoría del terreno y del tamaño de la estructura; se calculan de acuerdo a las siguientes formulas:

FORMULAS F_{rz}	
$F_{rz} = 1.56 [10 / \delta]^\alpha$	si $Z \leq 10$
$F_{rz} = 1.56 [Z / \delta]^\alpha$	si $10 < Z < \delta$
$F_{rz} = 1.56$	si $Z \geq \delta$

En donde:

δ Es la altura, medida a partir del nivel de terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante. A esta altura se le conoce como altura gradiente; δ y Z están dadas en metros.

α El exponente que determina la forma de variación de la velocidad del viento con la altura, adimensional.

¹³ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.6.3 Factor de exposición, Pág. 1.4.18.

Estos coeficientes están dados en función de la rugosidad del terreno (ver Tabla N°1) y del tamaño de la estructura (ver Tabla N°2). En la tabla No. 4 se muestran los valores que se aconsejan para estos coeficientes.

TABLA N° 4 " VALORES α Y δ "				
Categoría de Terreno	α			δ (m)
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.160	0.171	390
4	0.170	0.177	0.193	455

3.2.2.11. Factor de topografía F_T

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplanta la estructura, es decir, si las construcciones se localizan en laderas o cimas de colinas o montañas de altura importante con respecto al nivel general del terreno de los alrededores, lo que incrementa la probabilidad de que se generen aceleraciones del flujo de viento y, por consiguiente, debe incrementarse la velocidad regional.

En la Tabla No. 5 se muestran los valores que se recomiendan con base en la experiencia para este factor de topografía, de acuerdo con las características topográficas del sitio.

TABLA N° 5 " FACTOR DE TOPOGRAFIA LOCAL F_T "		
Sitios	Topografía	F_T
Protegidos	Base de promotorios y faldas de serranías del lado de sotavento	0.800
	Valles cerrados	0.900
Normales	Terreno practicamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores al 5%	1.000
Expuestos	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10%, valles abiertos y litorales planos.	1.100
	Cimas de promotorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañon, islas.	1.200

3.2.2.12. Presión dinámica a la base q_z

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre la superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo de viento sobre una superficie plana o perpendicular a él se denomina comúnmente **presión dinámica de base** y se calcula con la siguiente ecuación.

$$q_z = 0.0048 G V^2_D$$

En donde:

G Es el factor de corrección por temperatura y por la altura con respecto al nivel del mar, adimensional.

V_D Es la velocidad de diseño, en km/h.

q_z Presión dinámica a la base a una altura Z sobre el nivel del terreno, kg/m².

El factor de 0.0048 corresponde a un medio de densidad del aire y el valor de **G** se obtiene de la siguiente expresión:

$$G = 0.392 W / 273 + t$$

En donde:

W Es la presión barométrica, en mm de Hg.

t Temperatura ambiental en °C.

En la Tabla No. 6 presenta la relación entre los valores de altitud, h_m , en metros sobre el nivel del mar (msnm) y la presión barométrica **W**.

TABLA N° 6 " RELACION ENTRE LA ALTITUD Y LA	
Altitud (msnm)	Presion barométrica (mm de Hg)
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600
2500	565
3000	530
3500	495

Nota: Puede interpolarse para los valores intermedios de la altitud, h_m

Una vez obtenidos estos parámetros se procede a realizar el análisis y se obtiene el siguiente resultado:

FACTOR DE EXPOSICIÓN

$$F_{\alpha} = F_c F_{rz}$$

$$F_c = 1$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{Z}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{SI } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{10}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{SI } 10 < Z < \delta$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{SI } Z \geq \delta$$

DONDE $\delta = 315$
 $\alpha = 0.131$

DETERMINACION DE G

ALTITUD	=	1877	msnm
PRESION BAROMETRICA	$\Omega =$	608.6	mmhg
TEMPERATURA	$\tau =$	17.9	°C

FACTOR DE CORRECCION $G = 0.82 \quad G = \frac{0.392 \Omega}{273 + \tau}$

$V'_H = 145.5$
 $g_H = 1.44$
 $(3.6n_0)/V'_H = 0.03$
 $E = 0.091$

$$V''_H = \frac{1}{g_H} V'_H$$

$$X_0 = \frac{4392 n_0}{V''_H}$$

$$E = \frac{X_0^2}{[1 + X_0^2]^{4/3}}$$

Factor constante para F_g
 $1 + g_p(\sigma/\mu)$ es: 2.399

3.2.3. Análisis Dinámico

El método de análisis dinámico se emplea para evaluar los empujes ocasionados por la interacción dinámica entre el flujo del viento y las estructuras.

Este método se empleará para diseñar estructuras que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) La relación $H/D > 5$, en donde H es la altura de la estructura y D la dimensión mínima de la base.
- b) El periodo fundamental de la estructura es mayor a 1 s.

3.2.3.1. Cálculo de Presiones y Fuerzas

En este caso las presiones y fuerzas que aparecen cuando el viento actúa en una dirección dada se determinan separadamente para dos direcciones ortogonales; una de ellas será perpendicular a la cara de la estructura y la segunda será a 90°. Dichas fuerzas de diseño y la consecuente respuesta estructural se valuarán tomando como base la velocidad de diseño.

Al calcular la fuerza de diseño en la dirección del viento se consideran dos componentes: uno medio debido a la acción media del viento asociada a un lapso promedio de 3 s. y uno dinámico caracterizado por el valor pico de la acción del viento. Estos dos componentes cuentan de forma implícita con el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas.

Cálculo de presión en la dirección del viento.

La presión en la dirección del viento se calcula con la siguiente expresión.

$$p_z = F_g C_o q_z$$

En donde:

F_g es el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas, adimensional.

C_o coeficiente de arrastre, adimensional, que depende de la forma de la estructura.

q_z es la presión dinámica a la base en la dirección del viento, en kg/m², a una altura Z, en metros, sobre el nivel de desplante de la estructura.

3.2.3.2. Factor de respuesta dinámica debida a ráfagas

Para estructuras del tipo 2 se tomarán en cuenta los efectos dinámicos debido a turbulencia en la dirección del viento utilizando el factor de respuesta dinámica **F_g**, el cual se determina con la siguiente ecuación:

$$F_g = (1/g^2) [1 + g_p (s/m)]$$

En donde:

g es un factor de ráfaga, variable con altura Z.

g_p factor pico o efecto máximo de la carga de viento.

s/m la relación entre la desviación estándar (raíz cuadrada del valor cuadrático medio) de la carga por viento y el valor medio de la carga por viento.

3.2.3.3. Cálculo de g

La variación del factor de ráfaga con la altura Z se calcula con las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 g &= k' [10/d]^h && \text{si } Z \leq 10 \\
 g &= k' [Z/d]^h && \text{si } 10 < Z < d \\
 g &= k' && \text{si } Z \geq d
 \end{aligned}$$

Donde las variables k' y h adimensionales, dependen de la rugosidad del sitio de desplante y d es la altura gradiente en m; éstas son definidas en la Tabla 7:

TABLA N° 7 " FACTORES k' , η Y δ "				
Categoría	1	2	3	4
k'	1.224	1.228	1.369	1.457
η	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
δ	245	315	390	455

La relación s/m , que representa la variación de la carga debida a la turbulencia del viento, se calcula con la siguiente ecuación:

$$s/m = \sqrt{(k_r / C_o) [B + (S E / z)]}$$

En donde:

- k_r Factor relacionado con la rugosidad del terreno:
Categoría 1 = 0.06
Categoría 2 = 0.08
Categoría 3 = 0.10
Categoría 4 = 0.14
- z Coeficiente de amortiguamiento crítico
Para construcciones formadas por marcos de acero = 0.01
Para construcciones formadas por marcos de concreto = 0.02
- B Factor de excitación de fondo
- S factor de reducción de tamaño
- E factor que representa la relación de la energía de la ráfaga con la frecuencia natural de la estructura.

El factor C_o se define con las siguientes expresiones:

$$C_a = 3.46 (F_r)^2 [10/d]^{2a} \quad \text{si } H \leq 10$$

$$C_a = 3.46 (F_r)^2 [H/d]^{2a} \quad \text{si } 10 < H < d$$

$$C_a = 3.46 (F_r)^2 \quad \text{si } H \geq d$$

En donde:

- Fr factor de topografía.
- d altura gradiente.
- H altura total de la construcción, en metros.
- a De acuerdo a la categoría de terreno.
 Categoría 1 = 0.13
 Categoría 2 = 0.18
 Categoría 3 = 0.245
 Categoría 4 = 0.31

Por lo que concierne a los parámetros **B**, **S**, **E** y **g_p**, estos se pueden calcular con ayuda de las siguientes gráficas.¹⁴

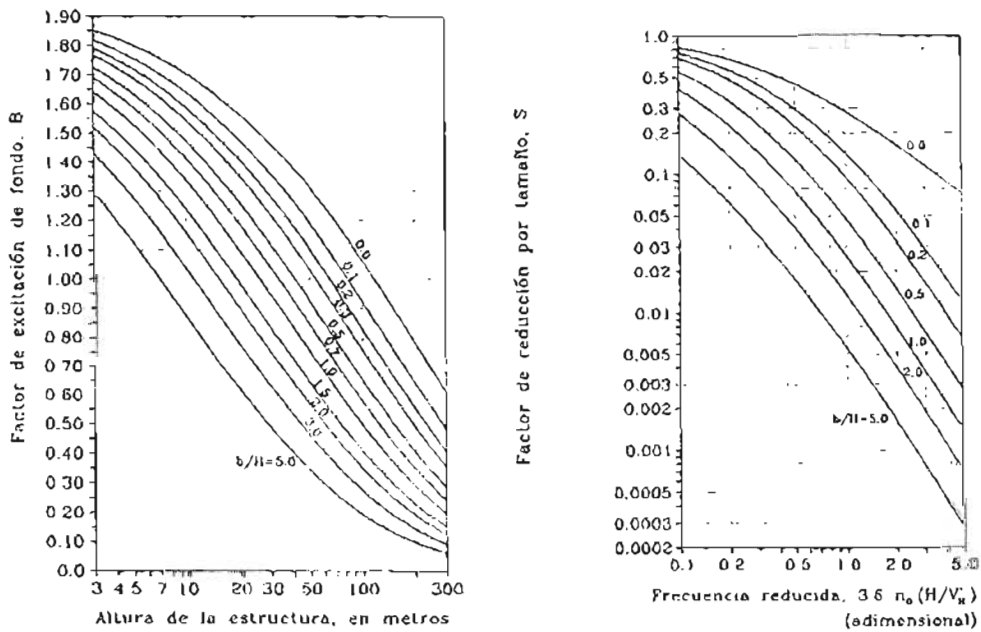


Figura 40. Gráficas para el cálculo de B y S.

¹⁴ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Cívicas Diseño por Viento", 4.9.3 Presiones y fuerzas sobre estructuras sensibles a efectos dinámicos, Pág. 1.4.75.

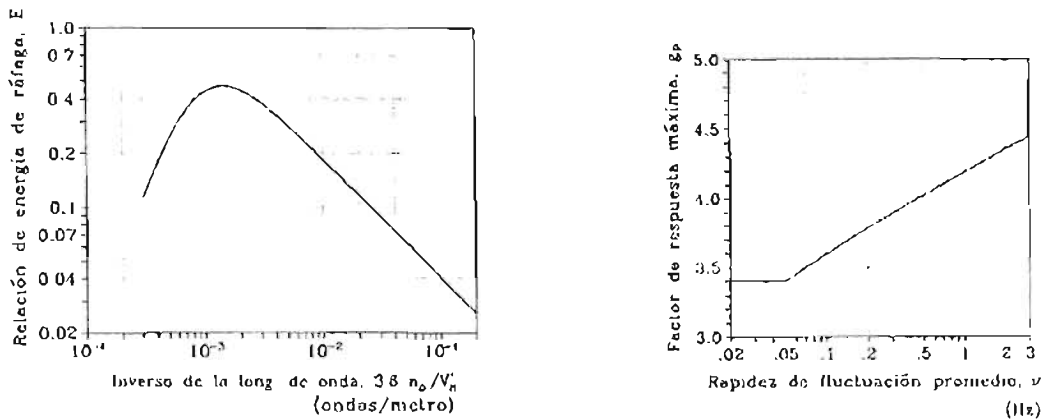


Figura 41. Graficas para el cálculo de E y g_p .¹⁵

Para el uso de las gráficas anteriores se definen los siguientes parámetros:

Relación b/h , que es el ancho "b" y "H" la altura de la estructura ambos en metros.

La relación $(3.6 n_o H) / V'_H$, es la frecuencia reducida de la estructura en Hz y V'_H es la velocidad media de diseño del viento en km/h. Dicha velocidad se calcula para la altura más elevada de la estructura H en m, y se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$V'_H = (1/g_H) V_H$$

En donde:

g_H es el factor de ráfaga definido anteriormente, $Z=H$.
 V'_H la velocidad de diseño en km/h, $Z=H$

Así mismo en la figura 25 aparece el número de ondas $(3.6 n_o H) / V'_H$, en ondas/m.

En donde:

n_o esta en Hz
 V'_H en km/hr

Finalmente el factor pico g_p , se obtiene en función del coeficiente de rapidez de fluctuación promedio ν , en Hz el cual se define mediante la siguiente ecuación:

¹⁵ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.9.3 Presiones y fuerzas sobre estructuras sensibles a efectos dinámicos, Pág. 1.4.75.

$$v = n_0 \sqrt{(SE) / (SE + zB)}$$

A continuación se presenta el resultado de este análisis:

En este caso se utilizó el programa STADD para determinar el periodo fundamental de la estructura.

MATERIA	ACERO	
ALTURA TORRE	40	m
PERIODO N.V.	0.826	
FRECUENCIA N.V. (n_0)	1.211	VER CORRIDA DE STAAD.
FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA DEBIDA A RAFAGAS		
COEFICIENTES PARA LA DETERMINACIÓN DE F_g		

$$g = \kappa' \left[\frac{10}{\delta} \right]^{\eta} \quad \text{SI } Z \leq 10$$

$$F_g = \frac{1}{g^2} \left[1 + g_p \left(\frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

$$g = \kappa' \left[\frac{Z}{\delta} \right]^{\eta} \quad \text{SI } 10 < Z < \delta$$

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{\alpha'}} \left[B + \frac{SE}{\zeta} \right]}$$

$$g = \kappa' \quad \text{SI } Z \geq \delta$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \left[\frac{10}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{SI } H \leq 10$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \left[\frac{H}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{SI } 10 < H < \delta$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \quad \text{SI } H \geq \delta$$

$\kappa =$	1.288
$\eta =$	-0.054
$\delta =$	315
$\alpha' =$	0.18
$C_{\alpha'} =$	1.992

$\kappa_r =$	0.08
$\zeta =$	0.01
$b/H =$	0.045
$B =$	1.35

$(3.6n_0H)/V_H$	1.198
$S =$	0.162

$$S = \frac{\pi}{3} \left[\frac{1}{1 + \frac{28.8 n_0 H}{3 V_H}} \right] \left[\frac{1}{1 + \frac{36 n_0 W}{V_H}} \right]$$

$\sigma/\mu =$	0.337
$u =$	0.874
$g_p =$	4.157

$$v = n_0 \sqrt{\frac{SE}{SE + \zeta B}}$$

$$g_p = \sqrt{2 \ln(3600 v)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 v)}}$$

3.2.3.4. Cálculo de Fuerzas en la dirección del viento

Estas se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$F = p_z A_z$$

En donde.

p_z presión generada por el viento, kg/m^2
 A_z Área en m^2

ALTURA DE LO TORRE		40		MTS			
SECCION	ALTURA M	Frz	Fa	V _b	qz	g	Fg
				KM/H	KG/M ²		
		1.19	1.19	209.52			
1	2.5	0.993	0.993	174.73	120.18	1.55	1
2	7.5	0.993	0.993	174.73	120.18	1.55	1
3	12.5	1.022	1.022	179.91	127.42	1.53	1.02
4	17.5	1.068	1.068	188.02	139.16	1.51	1.06
5	22.5	1.104	1.104	194.31	148.63	1.49	1.09
6	27.5	1.133	1.133	199.49	156.66	1.47	1.11
7	31.25	1.153	1.153	202.85	161.99	1.46	1.13
8	36.25	1.175	1.175	206.84	168.41	1.45	1.15

3.2.3.5. Torre tipo celosía de 40.00 m - Materiales

A continuación se definen las características de los materiales de una torre tipo celosía cuadrada de 40.00 m de altura:

Se trata de una torre tipo celosía de 40.00 m, conformada por ángulos de lados iguales o "L" laminados en caliente y que se ajustan a la composición química, condición de suministro, dureza y tolerancias de acuerdo a Norma ASTM¹⁶ para estructuras metálicas; éstos presentan las siguientes características:

¹⁶ American Society of Testing Materials.

A - 36 (36,000.00 lb/pl"2) ST SI

- Límite elástico a tensión (FTY)	2,530 Kg. /cm ²
- Límite elástico a compresión (FCY)	2,530 Kg. /cm ²
- Tensión admisible	1,518 Kg. /cm ²
- Módulo elástico a tensión (ET) /cm ²	2,1x10 ⁶ Kg.
- Módulo elástico a compresión (EC) /cm ²	2,1x10 ⁶ Kg.
- Coeficiente de Poisson (γ)	0,3 0,3
- Densidad (peso específico)	7,800x10 ⁻⁶ kg/cm ³
- Módulo de elasticidad transversal G=E/2(1+γ) /cm ³	0,787x10 ⁶ Kg.

A – 572 Grado 50 (50,000.00 lb/pl"2) ST SI

- Límite elástico a tensión (FTY)	3,515 Kg. /cm ²
- Límite elástico a compresión (FCY)	3,515 Kg. /cm ²
- Tensión admisible	2,109 Kg. /cm ²
- Módulo elástico a tensión (ET)	2,1x10 ⁶ Kg. /cm ²
- Módulo elástico a compresión (EC)	2,1x10 ⁶ Kg. /cm ²
- Coeficiente de Poisson (γ)	0,3 0,3
- Densidad (peso específico) /cm ³	7,800x10 ⁻⁶ Kg.
- Módulo de elasticidad transversal G=E/2(1+ γ) /cm ²	0,787x10 ⁶ Kg.

Dichos aceros se emplean conjuntamente en la misma estructura indicándose en los planos y cálculos las barras o chapas que corresponde a cada uno de ellos.

La tornillería empleada es de acero galvanizado de calidad A 325 según normativa ASTM A 325 que esta marcada en la cabeza de la misma. Las dimensiones de los tornillos y tuercas corresponden con las definidas en dicha normativa ASTM.

Así mismo, todas las uniones llevarán arandela plana en la cabeza del tornillo y arandela plana y de presión (*grower*) en el lado de la tuerca.

Las propiedades mecánicas para el acero A 525 indicado, son como sigue:

ST SI

- Límite elástico.....	5,415 kg/cm ²
- Resistencia última.....	7,385 kg/cm ²

3.2.3.6. Torre expuesta tipo M4MA-CEL/CUA-EX

Geometría de torre autoportada

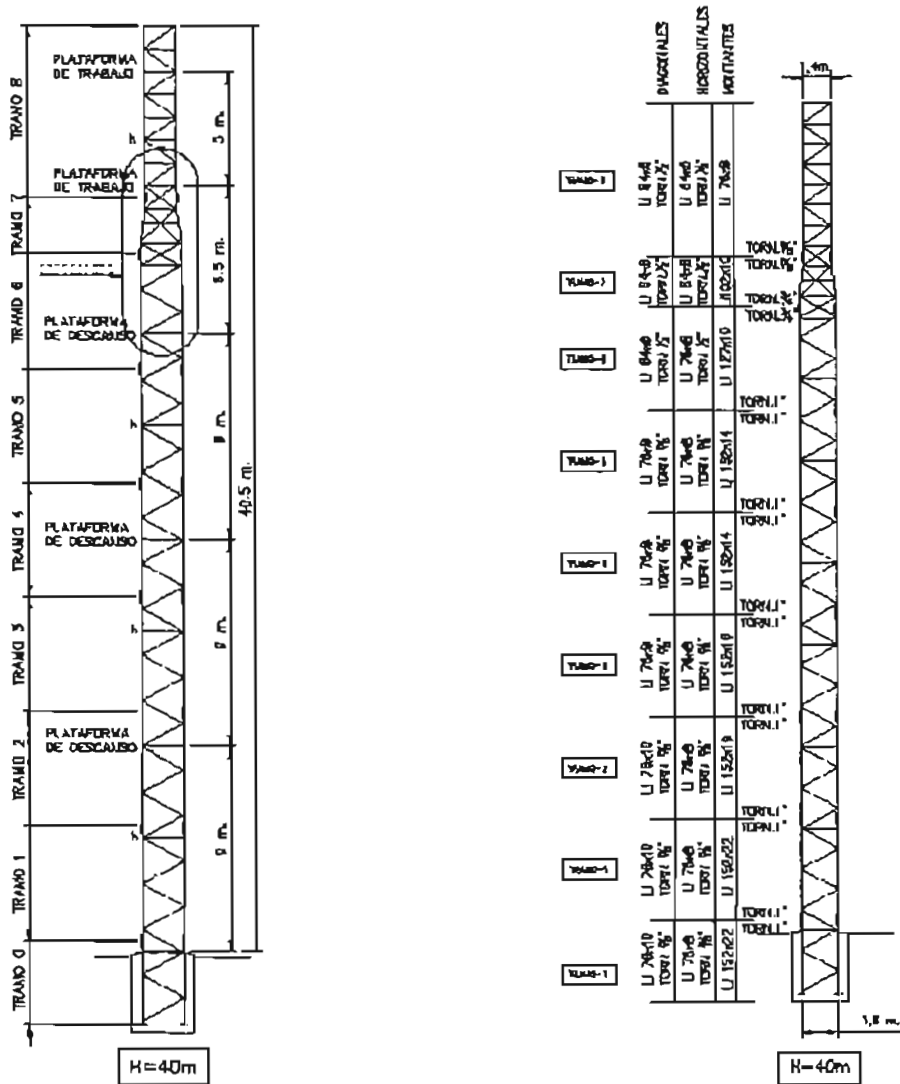


Figura 42. Plano de composición de perfiles de torre de 40.00 m.

La torre se encuentra dividida en 8 tramos. A continuación se definen las características geométricas de cada uno de sus componentes: montantes, diagonales y travesaños.

DETERMINACIÓN DE LAS AREAS EXPUESTAS														
TRAMO	H TRAMO	B TRAMO	AREAS EXPUESTAS				AREA	AREA	SOLIDEZ	b V ₀	COEFICIENTE DE ARRASTRE C _a			
			AREA DE PIERNAS	AREA DE CELOSIA	C.G.O	ESCALERA	TOTAL	TOTAL		m ² /s	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA
	M	M	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	M ²	φ	CABLES				
1	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
2	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
3	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
4	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	16	2.18	2.18	1.6	2.18
5	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	16	2.18	2.18	1.6	2.18
6	5	1.8	1.27	0.683	0.9	0.25	9	3.1	0.34	17	2.34	2.34	1.6	2.34
7	2.5	1.6	0.51	0.718	0.45	0.125	4	1.8	0.45	17	1.95	1.95	1.6	1.95
8	7.5	1.4	1.14	1.424	1.35	0.375	10.5	4.29	0.41	17	2.07	2.07	1.6	2.07
	40													
*SE CONSIDERA EL 60% DEL AREA DE CABLES Y 50% DE LA ESCALERA														

Una vez determinadas se procede al cálculo de las presiones de viento. A continuación se muestra el resultado:

FUERZAS DE VIENTO										
FUERZA DE VIENTO PERPENDICULAR A UNA DE LAS CARAS										
TRAMO	Pz KG/M ²				Fz KG				FUERZA TOTAL KG	MV TON·M
	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA		
1	261.07	261.07	191.61	261.07	396.83	199.43	172.45	65.27	834	2.08
2	261.07	261.07	191.61	261.07	396.83	199.43	172.45	65.27	834	6.25
3	283.54	283.54	208.11	283.54	430.99	216.59	187.3	70.89	905.8	11.32
4	321.14	321.14	235.7	321.14	488.13	245.31	212.13	80.28	1,025.80	17.95
5	352.43	352.43	258.66	352.43	535.69	269.21	232.8	88.11	1,125.80	25.33
6	407.45	407.45	278.6	407.45	517.46	278.39	250.74	101.86	1,148.50	31.58
7	355.99	355.99	292.09	355.99	181.55	255.74	131.44	44.5	613.2	19.16
8	399.23	399.23	308.58	399.23	455.12	568.6	416.59	149.71	1,590.00	57.64
									8,077.10	171.33

Asimismo y en conformidad con el Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento de CFE se debe analizar en dos direcciones.¹⁷

¹⁷ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.2 Requisitos generales para el análisis y diseño estructural, Pág. 1.4.2.

FUERZA A 45° CON RESPECTO A LA TORRE								COMPONENTES ORTOGONALES		
TRAMO	Fz KG				FUERZA TOTAL KG	# NODOS	FUERZA POR NODO KG	A 45°		MV TON-M
	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA				FZA	FZA/NDO	
1	561.21	282.03	121.94	46.15	1,011.30	10	101	715.1	72	1.79
2	561.21	282.03	121.94	46.15	1,011.30	10	101	715.1	72	5.36
3	609.51	306.31	132.44	50.12	1,098.40	10	110	776.7	78	9.71
4	690.31	346.92	150	56.77	1,244.00	10	124	879.6	88	15.39
5	757.58	380.72	164.61	62.3	1,365.20	10	137	965.4	97	21.72
6	731.81	393.71	177.3	72.03	1,374.80	10	137	972.2	97	26.73
7	256.76	361.67	92.94	31.47	742.8	6	124	525.3	88	16.41
8	643.64	804.13	294.57	105.86	1,848.20	16	116	1,306.90	82	47.37
					9,696.20			6,856.20		144.50

3.2.3.7. Cálculo de fuerzas de viento sobre las antenas

Al igual que para cada una de las secciones la torre se debe realizar dicho análisis para las antenas, ya que estas representan área de exposición de la estructura ante el viento.

VIENTO ANTENAS											
DIAMETRO	PIEZAS	ALTURA	W UNITARIO	V _d	V _d CATALOGO	F CATALOGO	M CATALOGO	(V _d / V _c) ²	F VIENTO	MOMENTO	# NODOS
		M	KG	KM/H	KM/H	KG	KG M		KG	KG-M	
MICROONDAS											
2'	1	40	50	209.52	200	95	608	1.1	104.26	668	4
2'	1	40	50	209.52	200	22	608	1.1	24.14	668	
3'	1	30	70	201.77	200	191	608	1.02	194.4	619	4
3'	1	30	70	201.77	200	44	608	1.02	44.78	619	
ANTENAS										FZA TOTAL	
RF	3	39	40	208.83	161	104		1.68	175.67	745	4
										527	

VIENTO ANTENAS									
DIAMETRO	PIEZAS	ALTURA	F NODO	POSICION	F NODO COMPONENTE 450 (KG)	F TOTAL COMPONENTE 450 (KG)	M COMPONENTE 450 (TON-M)	F TOTAL COMPONENTE 900 (KG)	M COMPONENTE 900 (TON-M)
		M	KG	ANTENAS					
MICRONDAS									
2'	1	40	26	FRENTE				233	9.31
2'	1	40	6	A 45°	58	233	9.31		
3'	1	30	49	FRENTE				434	13.01
3'	1	30	11	A 45°	108	434	13.01		
ANTENAS									
RF	3	39	186	FRENTE				745	29.07
			132	A 45°	132	527	20.55		

Las especificaciones de la ubicación de antenas señaladas en estas tablas son definidas en conjunto con el departamento de Radio e Ingeniería.

3.3. Análisis de operación

Una vez que se definen los parámetros de diseño de la torre de acuerdo a las normas y reglamentos vigentes se debe realizar un análisis adicional que garantice la operación adecuada de este sistema; esta velocidad es definida de acuerdo a la NOM EIA/222 f.¹⁸

A continuación se muestra el resultado de este análisis.

VELOCIDAD DE DISEÑO

$$V_D = V_R F_\alpha F_T$$

VELOCIDAD REGIONAL

$$V_R = 140.00 \text{ km/h}$$

FACTOR DE TOPOGRAFIA

$$F_T = 1.1$$

¹⁸ Telecommunications Industry Association (1996), "TIA/EIA 222F, Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures", USA

FACTOR DE EXPOSICIÓN

$$F_{\alpha} = F_c F_{rz}$$

$$F_c = 1$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{10}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{SI } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{Z}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{SI } 10 < Z < \delta$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{SI } Z \geq \delta$$

DONDE

$$\delta = 315$$

$$\alpha = 0.131$$

DETERMINACION DE G

ALTITUD		1877	m snm
PRESION BAROMETRICA	$\Omega =$	608.6	mmhg
TEMPERATURA	$\tau =$	17.9	°C
FACTOR DE CORRECCION	$G =$	0.82	

$$G = \frac{0.392 \Omega}{273 + \tau}$$

$V_H =$	127.3	$V'_H = \frac{1}{g_H} V_H$	$X_o = \frac{4392 n_o}{V'_H}$
$g_H =$	1.44		
$(3.6n_o)/V_H$	0.034		
$E =$	0.083		

$$E = \frac{X_o^2}{[1 + X_o^2]^{1.1}}$$

Factor constante para Fg

$$1 + g_p(\sigma/\mu) \text{ es: } 2.314$$

MATERIAL	ACERO
ALTURA TORRE	40 m
PERIODO N.V.	0.826
FRECUENCIA N.V. (n_0)	1.211 VER CORRIDA DE STAAD.
FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA DEBIDA A RAFAGAS	
COEFICIENTES PARA LA DETERMINACIÓN DE F_g	

$$g = \kappa' \left[\frac{10}{\delta} \right]^{\eta} \quad \text{SI } Z \leq 10$$

$$g = \kappa' \left[\frac{Z}{\delta} \right]^{\eta} \quad \text{SI } 10 < Z < \delta$$

$$g = \kappa' \quad \text{SI } Z \geq \delta$$

$$Fg = \frac{1}{g^2} \left[1 + g_p \left(\frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{\alpha'}} \left[B + \frac{S E}{\zeta} \right]}$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \left[\frac{10}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{SI } H \leq 10$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \left[\frac{H}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{SI } 10 < H < \delta$$

$$C_{\alpha'} = 3.46 (FT)^2 \quad \text{SI } H \geq \delta$$

$\kappa =$	1.288
$\eta =$	-0.054
$\delta =$	315
$\alpha' =$	0.18
$C_{\alpha'} =$	1.992

$\kappa_r =$	0.08
$\zeta =$	0.01
$b/H =$	0.045
$B =$	1.35

$(3.6n_0H)/V'_H$	1.369
$S =$	0.139
$\alpha/\mu =$	0.317
$\nu =$	0.822
$g_p =$	4.143

$$S = \frac{\pi}{3} \left[\frac{1}{1 + \frac{28.8 n_0 H}{3 V'_H}} \right] \left[\frac{1}{1 + \frac{36 n_0 W}{V'_H}} \right]$$

$$\nu = n_0 \sqrt{\frac{SE}{SE + \zeta B}}$$

$$g_p = \sqrt{2 \ln(3600\nu)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600\nu)}}$$

ALTURA DEL EDIFICIO 40 MTS							
SECCION	ALTURA M 40.00	Frz	Fa	V _b	Qz	g	Fg
				KM/H	KG/M ²		
		1.19	1.19	183.33			
1	2.5	0.993	0.993	152.89	92.01	1.55	0.96
2	7.5	0.993	0.993	152.89	92.01	1.55	0.96
3	12.5	1.022	1.022	157.42	97.55	1.53	0.98
4	17.5	1.068	1.068	164.51	106.54	1.51	1.02
5	22.5	1.104	1.104	170.02	113.8	1.49	1.05
6	27.5	1.133	1.133	174.55	119.94	1.47	1.07
7	31.25	1.153	1.153	177.5	124.02	1.46	1.09
8	36.25	1.175	1.175	180.98	128.94	1.45	1.1

DETERMINACIÓN DE LAS AREAS EXPUESTAS														
TRAMO	H TRAMO	B TRAMO	AREAS EXPUESTAS				AREA	AREA EXP.	SOLIDEZ	b V _b	COEFICIENTE DE ARRASTRE Ca			
			AREA DE PIERNAS	AREA DE CELOSIA	C.G.O	ESCALERA	TOTAL	TOTAL		m ² /s	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA
1	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
2	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
3	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	15	2.18	2.18	1.6	2.18
4	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	16	2.18	2.18	1.6	2.18
5	5	1.8	1.52	0.764	0.9	0.25	9	3.43	0.38	16	2.18	2.18	1.6	2.18
6	5	1.8	1.27	0.683	0.9	0.25	9	3.1	0.34	17	2.34	2.34	1.6	2.34
7	2.5	1.6	0.51	0.718	0.45	0.125	4	1.8	0.45	17	1.95	1.95	1.6	1.95
8	7.5	1.4	1.14	1.424	1.35	0.375	10.5	4.29	0.41	17	2.07	2.07	1.6	2.07
	40													
*SE CONSIDERA EL 60% DEL AREA DE CABLES Y 50% DE LA ESCALERA														

FUERZAS DE VIENTO											
FUERZA DE VIENTO PERPENDICULAR A UNA DE LAS CARAS											
TRAMO	Pz KG/M2				Fz KG				FUERZA TOTAL KG	MV	TON-M
	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA			
1	192.8	192.8	141.5	192.8	293.05	147.27	127.35	48.2	615.9	1.54	
2	192.8	192.8	141.5	192.8	293.05	147.27	127.35	48.2	615.9	4.62	
3	209.39	209.39	153.68	209.39	318.27	159.95	138.31	52.35	668.9	8.36	
4	237.15	237.15	174.05	237.15	360.47	181.15	156.65	59.29	757.60	13.26	
5	260.26	260.26	191.02	260.26	395.59	198.81	171.91	65.06	831.40	18.71	
6	300.89	300.89	205.74	300.89	382.13	205.59	185.16	75.22	848.10	23.32	
7	262.89	262.89	215.7	262.89	134.07	188.86	97.07	32.86	452.9	14.15	
8	294.82	294.82	227.88	294.82	336.09	419.9	307.64	110.56	1,174.20	42.56	
									5,964.70	126.52	

FUERZA A 45° CON RESPECTO A LA TORRE								COMPONENTES ORTOGONALES		
TRAMO	Fz KG				FUERZA TOTAL KG	# NODOS	FUERZA POR NODO KG	A 45°		MV TON-M
	PIERNAS	CELOSIA	C.G.O.	ESCALERA				FZA	FZA/ND0	
1	414.43	208.27	90.05	34.08	746.80	10	75	528.1	53	1.32
2	414.43	208.27	90.05	34.08	746.80	10	75	528.1	53	3.96
3	450.1	226.2	97.8	37.02	811.10	10	81	573.5	57	7.17
4	509.78	256.19	110.77	41.92	918.70	10	92	649.6	65	11.37
5	559.45	281.15	121.56	46.01	1,008.20	10	101	712.9	71	16.04
6	540.42	290.74	130.93	53.19	1,015.30	10	102	717.9	72	19.74
7	189.61	267.09	68.64	23.24	548.6	6	91	387.9	65	12.12
8	475.31	593.82	217.53	78.18	1,364.80	16	85	965.10	60	34.98
					7,160.30			5,063.10		106.71

VIENTO ANTENAS											
DIAMETRO	PIEZAS	ALTURA	W UNITARIO	V _b	V _D CATALOGO	F CATALOGO	M CATALOGO	(V _b /V _c) ²	F VIENTO	MOMENTO	# NODOS
		M	KG	KM/H	KM/H	KG	KG M		KG	KG-M	
MICROONDAS											
2'	1	40	50	183.33	200	95	608	0.84	79.82	511	4
2'	1	40	50	183.33	200	22	608	0.84	18.49	511	
3'	1	30	70	176.55	200	191	608	0.78	148.84	474	4
3'	1	30	70	176.55	200	44	608	0.78	34.29	474	
ANTENAS										FZA TOTAL	
RF	3	39	40	182.72	161	104		1.29	134.5	571	4
										404	

VIENTO ANTENAS									
	PIEZAS	ALTURA	F NODO	POSICION	F _{NODO} COMPONENTE 45° (KG)	F _{TOTAL} COMPONENTE 45° (KG)	M COMPONENTE 45° (TON-M)	F _{TOTAL} COMPONENTE 90° (KG)	M COMPONENTE 90° (TON-M)
		M	KG	ANTENAS					
MICROONDAS									
2'	1	40	20	FRENTE				178	7.13
2'	1	40	5	A 45	45	178	7.13		
3'	1	30	37	FRENTE				332	9.96
3'	1	30	9	A 45	83	332	9.96		
ANTENAS									
RF	3	39	143	FRENTE				571	22.25
			101	A 45	101	404	15.74		

3.3.1. Análisis sísmico

Se clasifica como del grupo A por su localización corresponde a la zona B, en un terreno tipo III. El análisis sísmico se realiza de acuerdo a lo estipulado en el manual de construcción de la CFE.¹⁹

La fuerza sísmica aplicada se obtiene del producto de la combinación de cargas gravitacionales (sin considerar carga viva) por el factor fs (cs/q).

¹⁹ CFE. Comisión Federal de Electricidad (1993). "Manual de diseño de obras civiles diseño por sismo", 3.2.2. Clasificación de construcciones según su destino, Pág. 1.3.17. , 3.2.4. Factor de comportamiento sísmico, Pág. 1.3.20.

Factores para Analisis por Sismo				
ZONA SÍSMICA	B	a_0	0.1	
GRUPO	A	c	0.36	
TIPO DE SUELO	III	T_a	0.6	SEG
Q =	3	T_b	2.9	SEG
FS =	1.5	r	1	

$$F_n = F_S \left(\frac{C_S}{Q} \right) W \quad F_n = 0.18 W$$

ALTURA DE LA TORRE	H =	40	M
PESO DE LA TORRE	Wt =	11.24	TON

ACCIÓN DE SISMO PERPENDICULAR A UNA DE LAS CARAS			
Fi	NODOS	FZA/NODO	
(TON)		(TON)	
2.023	164	0.012	SISMO 100%
		0.004	SISMO 30%

ACCION DE SISMO A 45°			
Fi	NODOS	FZA/NODO	
(TON)		(TON)	
1.431	164	0.009	SISMO 100%
		0.003	SISMO 30%

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

3.3.2. Elaboración de modelo empleando el programa Staad Pro

Con ayuda del programa *STAAD Pro* en el anexo "A"²⁰ se muestra el archivo de entrada el cual refleja el análisis correcto de la estructura.

Véase Anexo A

3.4. Resultados de análisis

Los resultados obtenidos por el programa *Staad* son los siguientes:

3.4.1. Reacciones sobre Apoyo

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE								STRUCTURE TYPE = SPACE
JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z	
7	7	-0.02	3.93	0.02	0.01	0.00	0.00	
	8	-3.98	2.54	-0.13	-0.42	0.00	0.45	
	9	-1.76	17.19	0.02	-0.06	0.00	0.14	
55	7	0.02	4.78	0.02	0.00	0.00	-0.01	
	8	-0.44	-113.26	-4.28	-0.11	0.00	0.39	
	9	-0.14	-25.72	-0.63	0.03	0.00	0.16	
56	7	-0.02	3.93	-0.02	0.00	0.00	0.01	
	8	-0.50	119.25	-4.27	-0.08	0.00	0.42	
	9	-0.16	31.78	-0.65	0.04	0.00	0.18	
100	7	0.02	4.78	-0.02	-0.01	0.00	0.00	
	8	-3.96	3.59	-0.18	-0.45	0.00	0.47	
	9	-1.73	-11.13	-0.01	-0.08	0.00	0.14	

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

Las combinaciones 8 y 9 están multiplicadas por un factor de 1.1 y la combinación 7 por 1.5.

```
1103. LOAD LIST 13 14
1104. PRINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 207 52 231 217 -
1105. 53 210 227 213 54 212 214 228
```

3.4.2. Revision de desplazamientos

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS)								STRUCTURE TYPE = SPACE
JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN	
207	13	17.7405	0.9286	17.9164	0.0072	0.0000	-0.0071	
	14	8.2265	0.2259	2.7984	0.0011	0.0000	-0.0031	
52	13	17.7400	-0.0595	17.9170	0.0072	0.0000	-0.0071	

²⁰ Ver anexo "A", Corrida del modelo de torres del sitio SP3017 "Aeropuerto".

	14	8.2263	-0.2072	2.7998	0.0011	0.0000	-0.0031
231	13	17.7400	-1.0562	17.9165	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.2252	-0.3548	2.7997	0.0011	0.0000	-0.0031
217	13	17.7399	-0.0680	17.9164	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.2250	0.0783	2.7985	0.0011	0.0000	-0.0031
53	13	18.4535	0.9299	18.6380	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.5368	0.2254	2.9050	0.0011	0.0000	-0.0031
210	13	18.4544	-0.0591	18.6356	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.5370	-0.2080	2.9051	0.0011	0.0000	-0.0031
227	13	18.4545	-1.0591	18.6365	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.5366	-0.3561	2.9052	0.0011	0.0000	-0.0031
213	13	18.4559	-0.0702	18.6366	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.5368	0.0773	2.9050	0.0011	0.0000	-0.0031
54	13	19.1466	-0.0598	19.3374	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.8402	-0.2084	3.0090	0.0011	0.0000	-0.0031
212	13	19.1475	0.9299	19.3371	0.0071	0.0000	-0.0071
	14	8.8404	0.2251	3.0083	0.0011	0.0000	-0.0031
214	13	19.1472	-0.0701	19.3375	0.0072	0.0000	-0.0070
	14	8.8396	0.0771	3.0084	0.0011	0.0000	-0.0031
228	13	19.1476	-1.0599	19.3364	0.0072	0.0000	-0.0071
	14	8.8398	-0.3564	3.0089	0.0011	0.0000	-0.0031

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

La revisión de los desplazamientos se realiza con la condición de carga 13 y 14 que es la correspondiente a la combinación de acciones accidentales.

La altura de torre $h = 4000$ cm

Desplazamiento máximo permisible

$$\Delta P = H \tan 1^\circ = (4000) (\tan 1^\circ) = 70 \text{ cm}$$

De acuerdo al análisis el desplazamiento máximo por viento de operación (carga 13) actuante en los nodos superiores de la torre se presenta en el nodo 228.

$$\text{Desp } X = 19.1476 \text{ cm} \quad \text{Desp } Z = 19.3364 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ACT} = 27.2126 \text{ cm}$$

Como resultado $27.2126 < 70.0$ cm. se acepta por desplazamiento

Con la condición de carga 14 que es la correspondiente a la combinación de sismo

Desplazamiento máximo permisible

$$\Delta P = H/Q \tan 1^\circ = (4000/3) (\tan 1) = 23.2734 \text{ cm}$$

De acuerdo al análisis el desplazamiento máximo actuante en los nodos superiores de la torre se presenta en el nodo 212.

$$\text{Desp } X = 8.8404 \text{ cm} \quad \text{Desp } Z = 3.0083 \text{ cm}$$

$$\Delta ACT = 9.3382 \text{ cm}$$

Como resultado $9.3382 < 23.2734$ se acepta por desplazamiento.

3.4.3. Peso de Torre

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH (METE)	WEIGHT (MTON)
ST L30 306	82.33	0.877
ST L30 305	231.97	2.087
ST L25 254	232.73	1.397
ST L60 6014	21.96	1.080
ST L60 6012	19.96	0.851
ST L60 6010	19.96	0.717
ST L60 609	39.92	1.299
ST L50 506	19.96	0.364
ST L40 406	10.12	0.146

TOTAL =		8.82

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

1107. FINISH

3.4.4. Resumen de Eficiencias de Perfiles

Las eficiencias corresponden a los estados de carga 10,11 y 12. La combinación de carga 10 esta multiplicada por 1.0 y las combinaciones de carga 11 y 12 están multiplicadas por 0.75, donde se considera una reducción de las fuerzas actuantes al 75% por tratarse de una combinación de carga accidental debido a esto la máxima eficiencia permitida es del 100%.

Tramo	Piernas		DIAGONAL		Diafragma	
	Sección	%	Sección	%	Sección	%
1	LI 152x22	81	LI 76x10	46	LI 76x8	7
2	LI 152x19	60	LI 76x10	45	LI 76x8	7
3	LI 152x16	58	LI 76x8	41	LI 76x8	2
4	LI 152x14	53	LI 76x8	42	LI 76x8	2
5	LI 152x14	36	LI 76x8	34	LI 76x8	7
6	LI 127x10	23	LI 64x6	29	LI 76x8	6
7	LI 102x10	23	LI 64x6	9	LI 64x6	16
8	LI 76x8	19	LI 64x6	21	LI 64x6	7

3.4.5. Elementos mecánicos para diseño de cimentación

Reacciones para torre final de 40m de altura.

ELEMENTOS MECANICOS POR COMPONENTE A 45°

$$M_X = M_Z = 187.37 \text{ TON-M}$$

$$V_X = V_Z = 8.05 \text{ TON}$$

ELEMENTOS MECANICOS RESULTANTE DE CIMENTACION

$$M_T = 264.97 \text{ TON-M}$$

$$V_T = 11.38 \text{ TON}$$

ELEMENTOS MECANICOS COMPONENTE A 90°

$$M_Z = 222.71 \text{ TON-M}$$

$$V_X = 9.49 \text{ TON}$$

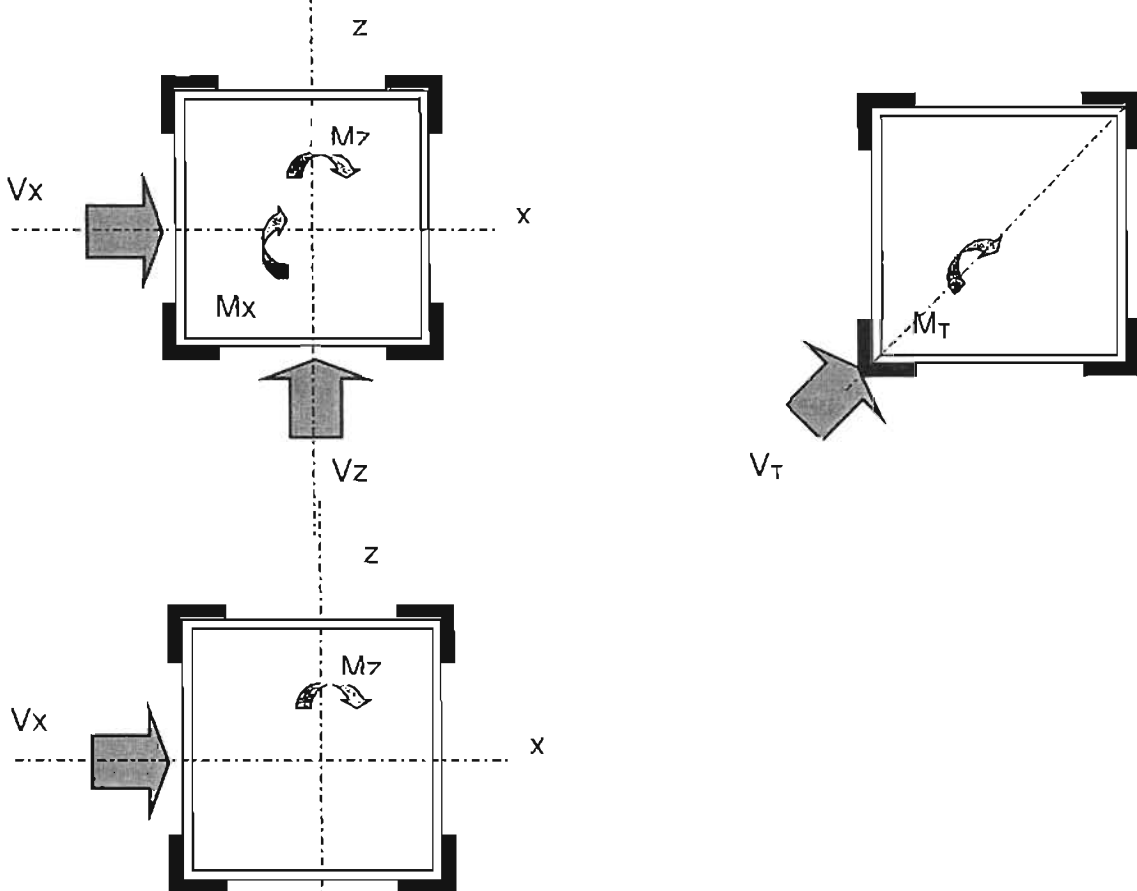


Figura 43. Diagramas de momentos y cortantes

CAPÍTULO 4

Diseño de Cimentaciones

Objetivo: Describir el procedimiento de análisis y diseño de cimentaciones de acuerdo a los Reglamentos y Normas vigentes.

4.1. Tipos de suelos y sus propiedades

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos *inorgánicos* cuyo origen se debe a la descomposición física o química de las rocas y los suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Suelos Inorgánicos

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó da origen a un suelo residual, en el caso contrario forma un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad, taludes por agua, aluviales o lacustres, por viento, eólicos, por glaciares o depósitos glaciares).

Suelos Orgánicos

En cuanto a los suelos orgánicos ellos se forman casi siempre in situ. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus o de materia no descompuesta o en estado de descomposición, es tan alta con relación a la cantidad de suelo inorgánico que las propiedades que pudiera derivar de la porción mineral quedan eliminadas. Esto es muy común en las zonas pantanosas, en las cuales los restos de vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidos con el nombre genérico de turbas. Estos suelos se caracterizan por su color negro o café oscuro por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad. La turba es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón.

En los siguientes párrafos se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por un profesional para su identificación:

a) *Gravas*

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado su origen cuando son acarreadas por las aguas, las gravas sufren desgaste en sus aristas y son por lo tanto, son redondeadas. Como material suelto suele encontrarse en los lechos de los márgenes y en los conos de evacuación de los ríos, también en muchas

depresiones de terrenos rellenas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 cm. (3") hasta 2.0 mm.

La forma de las partículas de las gravas y su relativa frecuencia mineralógica dependen de la historia de su formación, encontrándose variaciones desde elementos rodados a los poliédricos.

b) Arenas

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas son análogos a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie se comprimen casi de manera instantánea.

c) Limos

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, este puede ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos y que tiene características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos de no encontrarse en estado denso a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

d) Arcillas

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es generalmente cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en forma laminar. De hecho se puede decir que hay dos tipos clásicos de dichas láminas: uno de ellos del tipo síliceo y el otro del tipo aluminico.

El tipo sílice se encuentra formado por un átomo de sílice rodeado de cuatro átomos de oxígeno. La unión entre partículas se lleva a cabo mediante un mismo

átomo de oxígeno. Algunas entidades consideran como arcillas a las partículas menores a 0.002 mm.

El tipo aluminico esta formado por un átomo de aluminio rodeado de seis átomos de oxígeno e hidrógeno.

e) Caliche

El término caliche se aplica a ciertos estratos de suelo cuyos granos se encuentran cementados por carbonatos calcáreos. Parece ser que para la formación de los caliches es necesario un clima semiárido. La marga es una arcilla con carbonato de calcio, más homogéneo que el caliche y generalmente muy compacto y de color verdoso.

f) Loess

Los loess son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos. Esa cohesión que poseen se debe a un cementante del tipo calcáreo y cuyo color es generalmente castaño claro. El diámetro de las partículas de los loess está comprendido entre 0.01 mm y 0.05 mm. Los loess se distinguen porque presentan agujeros verticales que han sido dejados por raíces extinguidas. Los loess modificados son aquellos que han perdido sus características debido a procesos geológicos secundarios, tales como inmersión temporaria, erosión y formación de nuevos depósitos. Los loess son colapsables, aunque disminuye dicha tendencia al incrementársele su peso volumétrico.

g) Diatomita

Las diatomitas o tierras diatomáceas son depósitos de polvo silíceo, generalmente de color blanco compuesto total o parcialmente por residuos de diatomeas. Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas de origen marino o de agua dulce presentando las paredes de sus células características silíceas.

h) Gumbo

Es un suelo arcilloso fino generalmente libre de arena y que parece cera a la vista; es pegajoso muy plástico y esponjoso. Es un material difícil de trabajar.

i) Tepetate

Es un material pulverizado de color café compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables con un cementante que puede ser la misma arcilla o el carbonato de calcio. La mayoría de las veces el origen deriva de la descomposición y alteración por intemperismo, de cenizas volcánicas basálticas. También suelen encontrarse lentes de piedra pómez dentro del tepetate.

Suelos cohesivos y no cohesivos

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en "**cohesivos**" y "**no cohesivos**".

Los suelos cohesivos poseen la propiedad de la atracción intermolecular, como las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación como la arena y la grava.

4.1.1. Identificación de los suelos

El problema de la identificación de los suelos es de importancia fundamental. Identificar un suelo es encasillarlo en un sistema previo de clasificación. En el caso de este trabajo el suelo se ubicará dentro del **sistema unificado de clasificación de suelos**.

La identificación permite conocer las **propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo**, atribuyéndole las del grupo en que se sitúe. Naturalmente la experiencia juega un papel importante en la utilidad que se le pueda sacar de la clasificación.

En el sistema unificado hay criterios para la identificación de suelos en laboratorio; estos son del tipo granulométrico y de características de plasticidad.

Además y esta es la ventaja del sistema, se ofrecen criterios para identificación en el campo, es decir, en aquellos casos en los que no se disponga de equipos de laboratorio para efectuar las pruebas necesarias para una identificación estricta. Estos criterios simples y expeditos se detallan a continuación.

4.1.2. Identificación de suelos gruesos (Tabla N° 8)

Los materiales constituidos por partículas gruesas se identifican prácticamente de forma visual. Extendiendo una **muestra seca del suelo** sobre una superficie plana puede juzgarse en forma aproximada de su graduación, tamaño de partículas, forma y composición mineralógica.

Para distinguir las gravas de las arenas puede utilizarse un tamaño de $\frac{1}{2}$ cm equivalente a la malla 4 y para la estimación del contenido de finos basta considerar que las partículas de tamaño correspondiente a la malla 200 son las más pequeñas y pueden distinguirse a simple vista.

Si se tiene experiencia, basta un examen visual para distinguir **mal graduados de los bien graduados** obtenidos en laboratorio

En algunos casos es importante determinar la integridad de las partículas constituyentes del suelo mediante un examen cuidadoso. Las partículas de origen

ígneo se identifican fácilmente, las partículas intemperizadas se reconocen por las decoloraciones y la relativa facilidad con la que se desintegran.

Tabla N° 8 Terminología para la descripción de suelos gruesos	
N° MATERIA	TÉRMINOS
1.- Nombre	Anotar nombre (bolones, gravas, arena) con adjetivos de los constituyentes secundarios, el tamaño máximo visible y, en el caso de que sea superior al tamiz 80mm (3"), anotar el porcentaje estimado de partículas superiores a dicho tamiz (bolones), referido al total del suelo.
2.- Distribución de tamaños	Anotar porcentaje aproximado en peso de grava, arena y finos para la fracción de suelo que pasa por el tamiz 80mm
3.- Color	Utilizar como máximo dos colores, o bien, la notación Munsell; anotar presencia de manchas y/o bandas.
4.- Graduación	Bien graduada o obremente graduada(uniforme); anotar para las gravas y arenas el tamaño predominante, con uno de los siguientes adjetivos: media, gruesa o fina.
5.- Plasticidad	Anotar plasticidad de la fracción fina (ninguna, baja, media o alta)
6.- Olor	Ninguno, lérreo u orgánico
7.- Forma de partículas	Angular, subangular, subredondeado o redondeado
8.- Humedad	Seco, húmedo, mojado o saturado
9.- Compacidad Natural	Densa o suelta
10.- Estructura	Anotar la estructura dominante; estratificado, laminado, homogéneo, vesicular, etc.
11.- Cementación	Débil, fuerte
12.- Origen	Precisar el origen del suelo.
13.- Materia orgánica	Sin indicios, mediana o abundante
14.- Símbolo del Grupo	De acuerdo con la nomenclatura
15.- Nombre del Suelo	Nombre típico, seguido del nombre local (si lo tiene)

4.1.3. Identificación de suelos finos (Tabla N° 9)

Una de las ventajas del Sistema Único de Clasificación de Suelos es la identificación de suelos finos con algo de experiencia. El mejor modo de adquirir esta experiencia sigue siendo el aprendizaje al lado de quien ya lo posea.

Las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo son la investigación de las características de dilatancia, de tenacidad y de resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos.

El conjunto de pruebas se efectúa en una muestra previamente cribada por la malla 40; en su ausencia se utiliza un suelo previamente sometido a un proceso manual equivalente.

Tabla N° 9 Terminología para la descripción de suelos finos	
N° MATERIA	TÉRMINOS
1.- Nombre	Anotar nombre (limo, arcilla, orgánico) con adjetivo de los constituyentes secundarios, el tamaño máximo visible y, en el caso de que sea superior al tamiz 80mm (3"), anotar el porcentaje estimado de partículas superiores a dicho tamiz (bolones), referido al total del suelo.
2.- Distribución de tamaños	Anotar el porcentaje aproximado en peso de grava, arena y finos para la fracción de suelo que pasa por el tamiz 80mm (3").
3.- Color	Utilizar como máximo dos colores, o bien, la notación Munsell; anotar presencia de manchas y/o bandas.
4.- Olor	Ninguno térreo u orgánico.
5.- Dilatación	Ninguna, lenta o rápida.
6.- Resistencia Seca	Muy baja, baja, media, alta o muy alta.
7.- Plasticidad	Ninguna, baja, media o alta.
8.- Humedad	Seco, húmedo, mojado o saturado
9.- Consistencia	Blanda, media, firme, muy firme o dura, estimarla basado en la facilidad para penetrar el dedo índice y/o pulgar.
10.- Estructura	Anotar la estructura dominante; estratificado laminado, homogéneo, vesicular, etc.
11.- Cementación	Débil o fuerte.
12.- Origen	Precisar el origen del suelo (fluvial, artificial, etc.)
13.- Materia Orgánica	Sin indicios, mediana o abundante.
14.- Símbolo del Grupo	De acuerdo con la nomenclatura USCS.
15.- Nombre del Suelo	Nombre típico, seguido del nombre local (si lo tiene).

4.1.3.1. Propiedades de los suelos finos

a) Dilatación

En esta prueba, se utiliza una pastilla en el contenido de agua para que el suelo adquiera una consistencia suave pero no pegajosa; se agita alternativamente en la palma de la mano, golpeándola contra la otra mano manteniéndola apretada entre los dedos.

Un suelo fino no plástico adquiere, con el anterior tratamiento, una apariencia de hígado mostrando agua libre en su superficie mientras se le agita en tanto que al ser apretado entre los dedos, el agua superficial desaparece y la muestra se endurece hasta que finalmente empieza a desmoronarse como un material frágil al aumentar la presión. Si el contenido de agua de la pastilla es el adecuado un nuevo agitado hará que los fragmentos producto del desmoronamiento vuelvan a constituirse.

Cambia su consistencia y con la que el agua aparece y desaparece define la intensidad de la reacción e indica el carácter de los finos del suelo.

b) Tenacidad

La prueba se realiza sobre un espécimen de consistencia suave similar a la masilla. Este espécimen se enrolla hasta formar un rollito de unos 3 mm de diámetro aproximado, que se amasa y vuelve a rolar varias veces. Se observa como aumenta la rigidez del rollito a medida que el suelo se acerca al límite plástico. Sobre pasado el límite plástico, los fragmentos en que se parta el rollito se juntan de nuevo y amasan ligeramente entre los dedos hasta el desmoronamiento final.

c) Resistencia en estado seco

La resistencia de una muestra de suelo, previamente secado, al romperse bajo presiones ejercidas por los dedos es un índice del carácter de su fracción coloidal. Los limos exentos de plasticidad no presentan ninguna resistencia en estado seco y sus muestras se desmoronan con muy poca presión digital. Las arcillas tienen mediana y alta resistencia al desmoronamiento por presión digital.

d) Color

En exploraciones de campo el color es un dato útil para diferenciar diferentes estratos y para identificar tipos de suelo cuando se posea la experiencia necesaria. Como datos se tiene que por ejemplo: el color negro indica la presencia de materia orgánica, los colores claros y brillantes son propios de suelos inorgánicos.

e) Olor

Los suelos orgánicos tienen por lo general un olor distintivo que puede usarse para identificación; el olor es particularmente intenso si el suelo está húmedo y disminuye con la exposición al aire aumentando por el contrario con el calentamiento de la muestra húmeda.

4.1.4. Sistemas de clasificación de suelos

Un sistema de clasificación de los suelos es una agrupación de suelos con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil sus propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo cuyas características se conocen. De acuerdo a las propiedades y combinaciones de suelos y según el interés ingenieril se da esta clasificación.

4.1.5. Sistema unificado de clasificación de suelos

El sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System: USCS, por sus siglas en inglés) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad en peso de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W buena graduación con poco o ningún fino; P graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M que contiene limo o limo y arena; C que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra la cual depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L si el límite líquido es menor a 50 y H si es mayor.

Para mayor comprensión describiremos el procedimiento de clasificación de suelos granos gruesos (más de 50% retenido en 0,08 mm):

- Efectuados los ensayos de clasificación se determina la distribución acumulativa de los tamaños de las partículas y clasifica la muestra como grava (G), si el 50%, o más de la fracción gruesa (> 0,08 mm) es retenida en tamiz 5 mm, y se clasifica como arena (S), si más del 50% de la fracción gruesa (> 0,08 mm) pasa por tamiz 5 mm.
- Si menos del 5% en peso de la muestra pasa por tamiz 0,08 mm, se calcula:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{y} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

- Se clasifica la muestra como grava bien graduada (GW), o arena bien graduada (SW), si C_u es mayor que 4 para las gravas y mayor que 6 para las arenas, y C_c está comprendido entre 1 y 3.
- Se clasifica la muestra como grava pobremente graduada (GP), o arena pobremente graduada (SP), si no se satisfacen simultáneamente los criterios de C_u y C_c para bien graduada.
- Si más que el 12%, en peso, de la muestra de ensayo pasa por 0,08 mm, analice los valores del límite líquido (WL) e índice de plasticidad (IP) mediante la línea "A" de la carta de plasticidad).

- Se clasifica la muestra como grava limosa (GM), o arena limosa (SM), si los resultados de los límites de consistencia muestran que los finos son limosos, es decir, si al dibujar w_L versus IP, este punto cae bajo la línea "A" o el IP es menor que 4.
- Se clasifica la muestra como grava arcillosa (GC), o arena arcillosa (SC), si los finos son arcillosos, es decir, si al dibujar el w , versus IP, cae sobre la línea "A" y el IP es mayor que 7.
- Si el punto del límite líquido versus índice de plasticidad cae prácticamente en la línea "A" o está sobre esta línea, pero el índice de plasticidad está comprendido entre 4 y 7, dé clasificación doble tal como GM-GC o SM-SC.
- Si pasa por tamiz 0,08 mm del 5 al 12% de la muestra, el suelo llevará clasificación doble, basada en los criterios de graduación y límites de consistencia, tales como GW-GC o SP-SM. En casos dudosos, la regla es favorecer a la clasificación de menos plasticidad. Por ejemplo, una grava con 10% de finos, un C_u de 20, C_c de 2,0 y un índice de plasticidad de 6, será clasificado como GW-GM en vez de GW-GC.

A continuación se describe el procedimiento de clasificación de suelos de granos finos (50% o más pasa por 0,08 mm)

- Se clasifique el suelo como una arcilla inorgánica (C) si al dibujar el punto del límite líquido versus índice de plasticidad éste cae sobre la línea "A" y el índice de plasticidad es mayor que 7.
- Si el límite líquido es menor que 50 y el punto w_L versus IP cae sobre la línea "A" y el IP es mayor que 7, clasifíquela como arcilla inorgánica de baja a media plasticidad (CL) y como arcilla de alta plasticidad (CH) si el límite líquido es mayor que 50 y el punto w_L versus IP cae sobre la línea A (carta de plasticidad fig. 5.12). En caso que el límite líquido exceda a 100 o el IP exceda a 60 expanda la carta de plasticidad manteniendo las mismas escalas y pendiente de la línea "A".

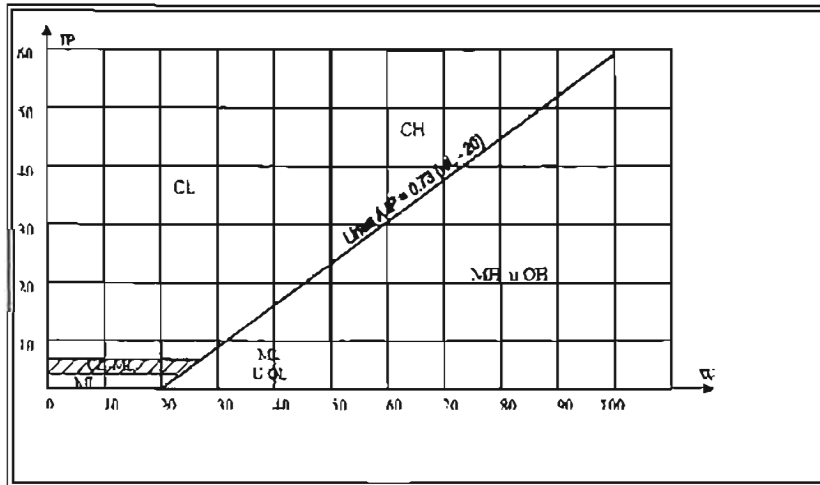


Figura 44. Carta de plasticidad.

- Se clasifica el suelo como limo inorgánico (M) si al dibujar el punto w_L versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor que 4, a menos que se sospeche que hay materia orgánica presente en cantidades suficientes como para influir en las propiedades del suelo (suelo de color oscuro y olor orgánico cuando está húmedo y tibio) en cuyo caso se debe efectuar un segundo límite líquido con la muestra de ensaye secada al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Se clasifica como limo o arcilla orgánicos (O) si el límite líquido después del secado al horno es menor que 75% del límite líquido de la muestra original determinado antes del secado.
- Se clasifica el suelo como limo inorgánico de baja plasticidad (ML) o como limo o limo arcilla orgánicos de baja plasticidad (OL) si el límite líquido es menor que 50 y al dibujar w_L versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor a 4.
- Se clasifica el suelo como limo inorgánico de media a alta plasticidad (MH), o como una arcilla u limo arcilla orgánico de media a alta plasticidad (OH), si el w_L es mayor que 50 y el punto dibujado de w_L versus IP cae bajo la línea "A" o el IP es menor a 4.

Con el fin de indicar sus características de borde, algunos suelos de grano fino deben clasificarse mediante simbología doble. Si el punto dibujado del w_L versus IP cae prácticamente en la línea "A" o sobre la línea "A" donde el Índice de Plasticidad tiene un rango de 4 a 7, el suelo debe tener clasificación doble tales como CL-ML o CH-OH. Si el punto dibujado de w_L versus IP cae prácticamente en la línea del límite líquido igual a 50, el suelo deberá tener clasificación doble tales como CL-CH o ML-MH.

En casos dudosos la regla de clasificación favorece al más plástico. Por ejemplo, un suelo fino con un $w_L = 50$ y un índice de plasticidad de 22 se deberá clasificar como CH-MH en lugar de CL-ML.

Este sistema fue adoptado por el U.S. Army Corps of Engineers en 1942 y en 1947 se establecieron algunos límites para evitar doble clasificación. En 1952, el Cuerpo de Ingenieros en conjunto con el Bureau of Reclamation asesorados por el Dr. Casagrande efectuaron las últimas modificaciones.

Basados en observaciones de terreno y ensayos de Laboratorio de materiales de base para caminos y aeropuertos, el Cuerpo de Ingenieros subdividió los grupos GM y SM en dos grupos, designados por los sufijos "d" y "u", que han sido escogidos para representar a materiales que son convenientes o no, respectivamente, para ser empleados en bases de caminos y aeropuertos. Símbolos típicos son GM, y SM.

Se emplea el sufijo "d" cuando el límite líquido es menor o igual a 25 y el índice de plasticidad menor o igual a 5.

SISTEMA CLASIFICACION USCS			
FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. w_L	Índice de Plasticidad $\cdot IP$
Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0.73 (w _L - 20) ó < 4
	MH	> 50	< 0.73 (w _L - 20)
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	> 0.73 (w _L - 20) y > 7
	CH	> 50	> 0.73 (w _L - 20)
Limos o Arcillas Orgánicos	OL	< 50	** w _L seco al horno $\leq 75\%$ del w _L seco al aire
	OH	> 50	
Altamente Orgánicos	P ₁	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.	
Si $IP \cong 0.73 (w_L - 20)$ ó si IP entre 4 y 7 E $IP > 0.73 (w_L - 20)$, usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente w _L seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML.			
Si $w_L = 50$: CL-CH ó ML-MH			

Figura 45. Sistema de clasificación de suelos finos.

SISTEMA CLASIFICACION USCS						
GRUESOS (< 50 % pasa 0.08 mm)						
Tipo de Suelo	Símbolo	% RET 3 mm	% Pasa 0.08 mm	CU	CC	** IP
Gravas	GW	50% de lo Ret. En 0.08mm	< 5	> 4	1 a 3	
	GP			≤ 6	<16>3	
	GM	75% de lo Ret. En 0.08mm	> 12			< 0.73 (wl-20) ó < 4
	GC					> 0.73 (wl-20) ó > 7
Arenas	SW	< 50% de lo Ret. En 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3	
	SP			≤ 6	<16>3	
	SM	> 12				< 0.73 (wl-20) ó < 4
	SC					> 0.73 (wl-20); y > 7
* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC.						
** Si IP ≅ 0.73 (wl-20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej: GW-GM en vez de GW-GC.						
CU = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$				CC = $\frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$		

Figura 46. Sistema de clasificación de suelos gruesos.

4.2 Tipos de Cimentaciones

La cimentación o subestructura constituye un elemento de transición entre la estructura o superestructura y el terreno en el cual se apoya. Su función es lograr que las fuerzas que se presentan en la base de la estructura se transmitan adecuadamente al suelo, para que esto se cumpla deberá existir la certeza de que en dicho sistema no se presenten fallas en la estructura o en el suelo, presencia de hundimientos excesivos que ocasionen daños a la estructura o estructuras vecinas o en instalaciones enterradas en la proximidad de la cimentación.

La forma más común de clasificar a las cimentaciones es en función de la profundidad de los estratos a los que se transmite la mayor parte de las cargas que provienen de la estructura. En estos términos se definen en **somer**as y **profundas**.

4.2.1. Cimentaciones Someras o Superficiales

Las cimentaciones someras son aquellas que se apoyan es estratos poco profundos que tienen la capacidad de resistir las cargas de la estructura.

En este grupo se encuentran las zapatas aisladas, combinadas o corridas. Otro tipo de cimentación somera está constituido por las losas de cimentación en las

que el apoyo se realiza sobre toda el área de construcción; estas losas pueden ser planas o reticulares.

4.2.2. Cimentaciones Profundas

Las cimentaciones profundas están constituidas esencialmente por pilotes que transmiten su carga por punta o por fricción y que se denominan pilas cuando su sección transversal es de gran tamaño (mayor a 60 cm. de diámetro). Los pilotes pueden colocarse bajo las zapatas o losas de cimentación y pueden combinarse con éstas de manera que las cargas se transmitan de forma somera y profunda.

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

4.3.1. Sondeos de suelo

Este método de exploración debe usarse en aquellos casos en que el reconocimiento del perfil estratigráfico necesario que se debe estudiar no pueda ser realizado mediante muestras, ya sea porque se necesite reconocer el perfil en una profundidad importante o bien por presencia de agua. En los estudios viales, este tipo de exploración se limita generalmente al estudio de fundaciones de estructuras principales y al estudio de estratos de compresibilidad importantes situados bajo el nivel de la napa.

Los suelos finos, exentos de gravas, pueden ser bien estudiados mediante sondeos. La información que puede obtenerse de sondeos efectuados en suelos con gravas es generalmente incompleta y deficiente pero en determinados casos resulta ser la única posible de realizar.

4.3.2. Tipos de Sondeos

Los tipos principales de sondeos que se usan en mecánica de suelos para fines de muestreo y reconocimiento del subsuelo en general son los siguientes:

A.- MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE CARÁCTER PRELIMINAR.

1. Pozos a cielo abierto con muestreo alterado o inalterado.
2. Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
3. Métodos de lavado
4. *Métodos de penetración estándar.*
5. Método de penetración cónica.
6. Perforaciones en boleas y gravas (con barretones, etc.)

B.- MÉTODOS DE SONDEO DEFINITIVO.

1. Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.
2. Métodos con tubo de pared delgada.
3. Métodos rotatorios para roca.

C.- MÉTODOS GEOFÍSICOS.

1. Sísmico.
2. De resistencia eléctrica.
3. Magnético y gravimétrico.

4.3.3. Número, tipo y profundidad de los sondeos

El número, tipo y profundidad de los sondeos que deban ejecutarse en un programa de exploración de suelos depende fundamentalmente del tipo de subsuelo y de la importancia de la obra. En ocasiones se cuenta con estudios anteriores cercanos al lugar lo que permite tener una idea aproximada de las condiciones del subsuelo y este conocimiento permite fijar el programa de exploración con mayor seguridad y eficacia. Otras veces ese conocimiento apriorístico indispensable sobre las condiciones predominantes en el subsuelo ha de ser adquirido con los sondeos de tipo preliminar.

El número de estos sondeos exploratorios será el suficiente para dar precisamente ese conocimiento. En obras chicas posiblemente tales sondeos tendrán carácter definitivo por lo que es conveniente realizarlos por los procedimientos más informativos, tales como la prueba de penetración estándar.

4.3.4. Método de penetración estándar

Este procedimiento es entre todos los exploratorios preliminares, quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona información más útil en torno al subsuelo y no sólo en lo referente a descripción.

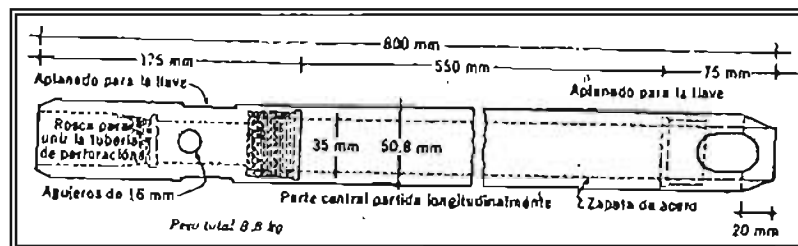


Figura 47. Penetrómetro Estándar

En suelos puramente **friccionantes** la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos **plásticos** la prueba permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además, el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial de dimensiones establecidas. Es normal que el penetrómetro sea de media caña para facilitar la extracción de la muestra.

La utilidad e importancia mayor de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo arenas que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple en arcillas con el número de golpes necesarios en ese suelo para que el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm especificados.

4.3.5. Pozos a cielo abierto o calicatas

Cuando este método sea practicable debe considerársele como el más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar y examinar directamente los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. Desgraciadamente este tipo de excavación no puede llevarse a grandes profundidades a causa, sobre todo, de la dificultad de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático; naturalmente que el tipo de suelo de los diferentes estratos atravesados también influye grandemente en los alcances del método en sí.

Deben cuidarse especialmente los criterios para distinguir la naturaleza del suelo "in situ" y la misma, modificada por la excavación realizada. En efecto, una arcilla dura puede, con el tiempo, aparecer como suave y esponjosa a causa del flujo de agua hacia la trinchera de excavación; análogamente, una arena compacta puede presentarse como semifluida y suelta por el mismo motivo. Se recomienda que siempre que se haga un pozo a cielo abierto se lleve un registro completo de las condiciones del subsuelo durante la excavación, hecho por un técnico conocedor.

Para este caso en especial se anexa el estudio de Mecánica de Suelos, el cual contiene la siguiente información y su breve descripción²¹.

1. Introducción
 - 1.1. Antecedentes: Se nombra la empresa que realiza el estudio, ubicación del sitio en cuestión así como proyecto a construir
 - 1.2. Descripción del proyecto: Se realiza una descripción del tipo de proyecto y finalidad del mismo.
 - 1.3. Objetivos y alcance: Pretende obtener las características del suelo con la finalidad de recomendar el tipo de cimentación más adecuado.
2. Estudio del subsuelo

²¹ Ver Anexo B para revisar estudio completo de Mecánica de Suelos.

- 2.1. Geología regional: Con base en cartas geológicas se predice el tipo de suelo a encontrar y origen.
- 2.2. Exploración y muestreo en campo: Se menciona equipo utilizado para la prueba así como profundidad a la que se realiza y tipo de muestras obtenidas por el método de exploración empleado
- 2.3. Ensayes de laboratorio: De las muestras obtenidas en campo se realizan las siguientes pruebas, mismas que se emite el resultado obtenido:
 - Clasificación del suelo de acuerdo al SUCS.
 - Determinación del contenido natural de agua
 - Granulometría por mallas
 - Límites de plasticidad, líquido y plástico.
 - Contracción lineal.
- 2.4. Características estratigráficas
 - A partir del Nivel de Terreno se describe la estratigrafía encontrada hasta la profundidad que se ha efectuado el sondeo.
3. Análisis geotécnicos
 - 3.1.1. Tipo de cimentación: Se emite recomendación de cimentación óptima a construir.
 - 3.1.2. Profundidad de desplante: Profundidad mínima de desplante de acuerdo al estudio.
 - 3.1.3. Capacidad de carga admisible: Capacidad de carga del suelo la cual no deberá excederse de acuerdo a Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias de Cimentaciones.
 - 3.1.4. Asentamientos elásticos: Posibles asentamientos de acuerdo a las propiedades del suelo y cargas a se aplicadas.
 - 3.1.5. Módulo de reacción de suelo: Módulo de reacción vertical obtenido a partir de pruebas y a ser utilizado en el análisis y diseño.
4. Procedimiento Constructivo
Recomendaciones constructivas de acuerdo al material o tipo de suelo para la construcción de la cimentación o estructura en cuestión.
5. Conclusiones y Recomendaciones
6. Referencias Bibliográficas
7. Relación de Figuras
8. Reporte Fotográfico
9. Relación de Anexos

4.4. Proceso de Análisis y Diseño

Parámetros fundamentales de mecánica de suelos para el Análisis y Diseño de cimentaciones:

De este estudio se determinan los siguientes parámetros a ser utilizados para el Análisis y Diseño de la Cimentación.

TABLA N° 10 PARÁMETROS DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIMENTACIÓN	
Profundidad del Sondeo	N = -5.78 m
Prueba de Exploración	Penetración Estándar
Nivel de Aguas Freáticas(NAF)	No se detecto
Estratigrafía	Ver Anexo "B"
Tipo de Cimentación Recomendada	Cimentación superficial mediante una zapata de concreto reforzado
Profundidad mínima de desplante	N = - 2.00.m
Capacidad de Carga Admisible	Q = 45.2 ton/m ²
Asentamiento Elástico E	4.28 cm
Modulo de Reacción	9.28 a 7.09 kg/cm ³

Definición y características de los materiales y factores de diseño a emplear:

Las propiedades mecánicas de los materiales son las mismas que son señaladas en los planos estructurales, las cuales se señalan a continuación:

Tabla N° 11

Propiedad Mecánicas de los Materiales				
Material	Propiedad	Nomenclatura	Capacidad	Unidades
Acero de Refuerzo	Limite de Fluencia	$f_y =$	4200	Kg/cm ²
Concreto	Resistencia	$f_c =$	250	kg/cm
	Peso Volumetrico	$\gamma_c =$	2.4	ton/m ³
Terreno	Peso Volumetrico	$\gamma_r =$	1.6	ton/m ³
	Capacidad de Carga	qa:	45.2	ton/m ²

4.4.1. Diseño de la Zapata

Con la finalidad de realizar un diseño adecuado, los siguientes diagramas definen con una letra cada una de las secciones de la zapata, las cuales están programadas en una hoja de cálculo y facilitar el diseño final.

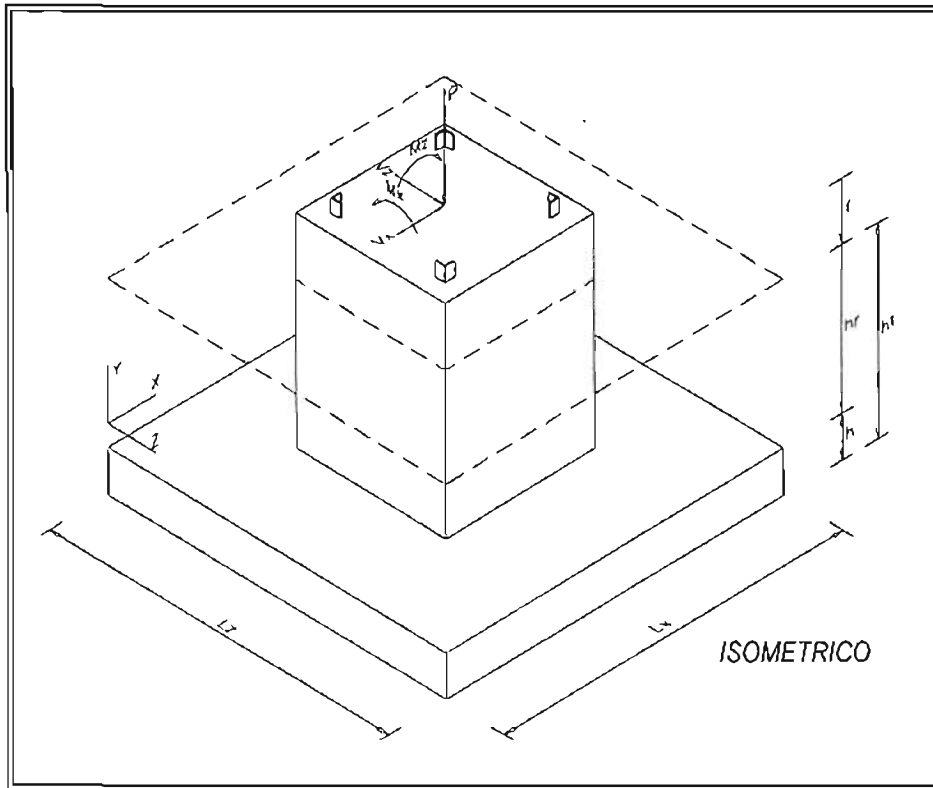


Figura 48. Isométrico secciones de cimentación.

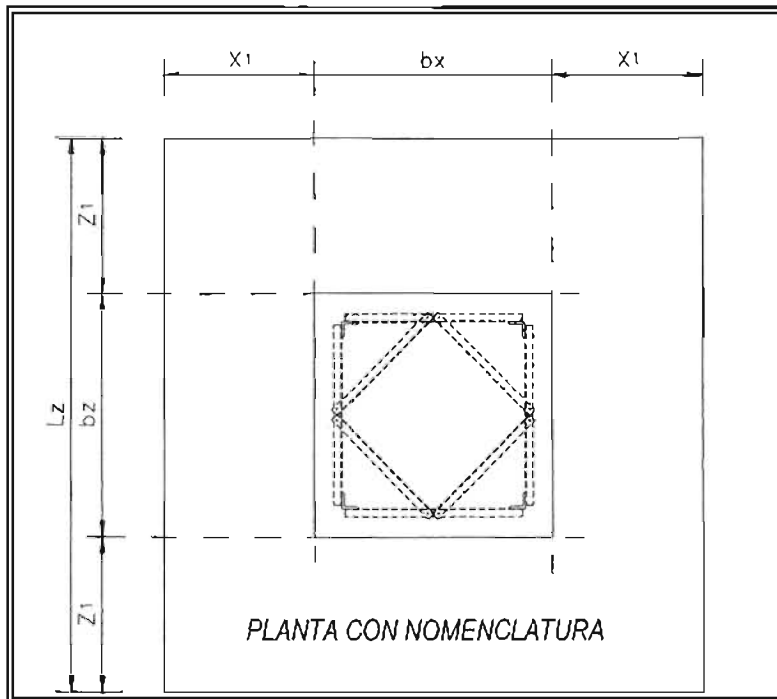


Figura 49. Planta secciones de cimentación.

4.4.2. Cálculo del peso propio de la cimentación y peso propio de torre

De acuerdo a los diagramas anteriores y realizando un ejercicio por tanteos se obtuvieron las siguientes dimensiones de cada una de las secciones de la cimentación y se determinó el peso propio de la cimentación.

Tabla N° 12 "Dimensiones de secciones de cimentación"

Dimensiones de zapata			
Elemento	Nomenclatura	Dimensión	Unidades
Zapata	Lx=	6.20	m
	Lz=	6.20	m
Prof de desplante	hf=	2.60	m
Peralte de zapata	h=	0.60	m
Altura de relleno	hr=	2.00	m
Dados	bx=	2.30	m
	bz=	2.30	m
Altura de dado	f=	0.85	m
	ht=	2.85	m

Cada una de las dimensiones señaladas en la tabla se verifican de acuerdo a la planta e isométrico.

Una vez determinadas las dimensiones de cada una de las secciones de la zapata y definido el peso volumétrico del concreto se determina el peso propio de la zapata; además de peso propio de relleno y torre.

Tabla N° 13 "Cálculo de pesos volumétricos"

Calculo de Peso de Dado						
Dado	Ad	=	bx bz	=	2.3 x 2.3	= 5.29 m ²
	Pd	=	(Ad ht gc)	=	5.29 x 2.85	= 15.075 ton
	Pd	=	36.1836			ton

Calculo de Peso de Zapata						
Zapata	Az	=	Lz Lx	=	6.2 x 6.2	= 38.44 m ²
	Pz	=	Az h gc	=	38.44 x 0.6	= 23.064 ton
	Pz	=	55.3536			ton

Calculo de Peso de Relleno						
Relleno	Ar	=	Az -Ad	=	38.44 - 5.29	= 33.15 m ²
	Pr	=	Ar hr gr	=	33.15 x 2	= 66.3 ton
	Pr	=	106.08			ton

Calculo de Peso de Total de Cimentación y Relleno						
Pcim = Pd+Pz+Pr		=	36.1836	+	55.3536	+ 106.08 = 197.6172 ton

Peso Propio de Torre		
Po =	9.302	ton

4.4.3. Elementos mecánicos obtenidos con ayuda del programa *Staad Pro*

La siguiente tabla muestra los resultados de los elementos mecánicos generados por el análisis de viento, obtenido del programa *STAAD* con el cual se simuló la torre. El análisis se realiza considerando también dos direcciones, es decir, a 90° o perpendicular a una de las caras de la torre y, a 45° o viento diagonal a las caras de la torre.

Tabla N° 14 "Elementos mecánicos"

Elementos Mecánicos	
Actuando a 90° respecto a ejes de Zapata. CM + CV + C Viento P = PESO DE TORRE Y EQUIPOS	Actuando a 45° respecto a ejes de Zapata.
P = 9.302 Ton	P ₁ = 9.30 Ton
V _x = 0.00 Ton	V _{x1} = 8.05 Ton
V _z = 11.38 Ton	V _{z1} = 8.05 Ton
M _x = 264.97 Ton-m	M _{x1} = 187.36 Ton-m
M _z = 0.00 Ton-m	M _{z1} = 187.36 Ton-m

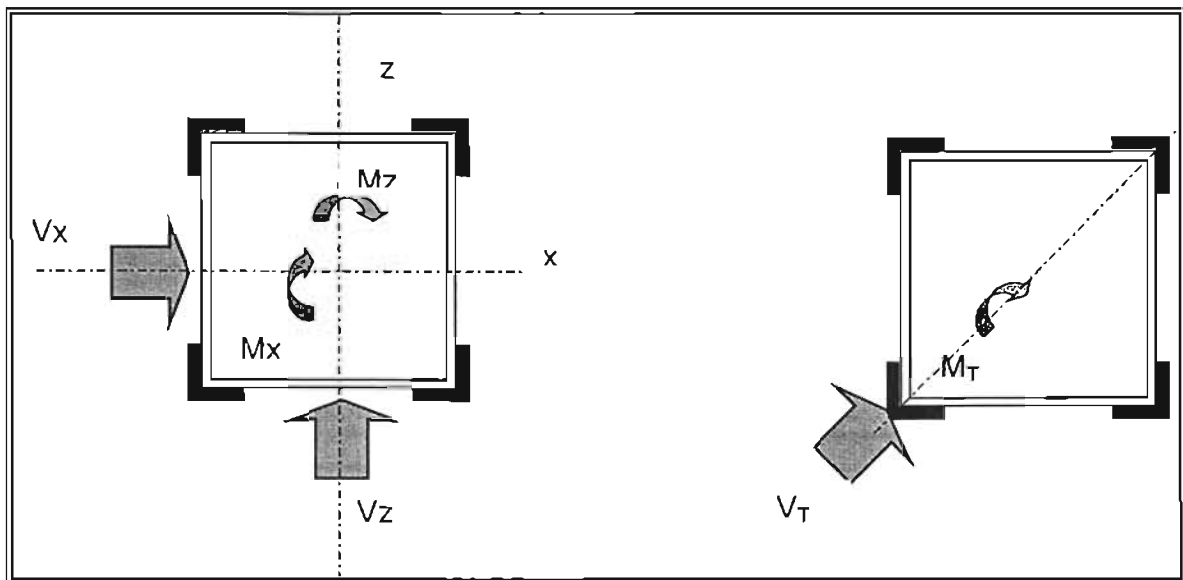


Figura 50. Diagramas de momentos y cortantes resultantes del análisis en cada una de las direcciones.

4.4.4. Revisión de Factores de Seguridad

De acuerdo a lo señalado en el Reglamento de Diseño de Obras Civiles por Viento de CFE²², se debe garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura llevando acabo la revisión por volteo y revisión contra el deslizamiento.

4.4.4.1. Revisión por Volteo

De acuerdo con el Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento de Comisión Federal de Electricidad²³, se debe verificar la seguridad contra el volteo. En este manual se menciona que la seguridad de las construcciones se analizara suponiendo nulas las cargas vivas que contribuyen a disminuir este efecto. Para las estructuras pertenecientes a los Grupos B y C, el cociente entre el momento estabilizador y el actuante de volteo no debe ser menor a 1.5 y para las del Grupo A no debe ser menor que 2.0, es decir:

La siguiente fórmula describe mencionado:

$$F.S.V. = MR / MA > 2 \text{ ok}$$

Donde:

- FSV Factor de Seguridad contra el volteo
- MR Momento resistente al Volteo
- MA Momento Actuante

A continuación se realiza el análisis para este caso.

El primer paso es identificar en qué punto geométrico se ubica la resultante:

Paso de la resultante de las fuerzas incluyendo peso de cimentación			
z	=	3.1	z=Lz/2 = 3.1
x	=	3.1	x=Lx/2 = 3.1

Posteriormente se calcula el momento actuante:

Momento Actuante			
Mx	=	Rt* z	= 641.44952 ton-m
Mz	=	Rt* x	= 641.44952 ton-m

Y se define en momento de volteo.

Momento Volteo			
Mxo	=	264.97	ton-m
Mzo	=	0	ton-m

²² CFE. Comisión Federal de Electricidad [1993], "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.2 Requisitos generales para el análisis y diseño de estructuras, 1.4.2

²³ CFE. Comisión Federal de Electricidad [1993], "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.2, inciso "c" y "d", Requisitos generales para el análisis y diseño de estructuras, 1.4.11

A continuación se realiza la revisión en ambas direcciones:

REVISION POR VOLTEO					
Volteo alrededor del eje "X"					
	$P t$	=	9.302 +	197.6172 =	206.9192 ton
M_{vx}	= $M_{xo} + (S V_z) * (ht+h)$	=	264.97 +	39.261 =	304.231 ton-m
M_{rx}	= $R t * z$	=	206.9192 *	3.1 =	641.44952 ton-m
F_{vx}	= $\frac{M_{rx}}{M_{vx}}$	=	$\frac{641.44952}{304.231}$	=	2.108429187 > 2 o.k

En el caso de eje "z"

Volteo alrededor del eje "Z"					
M_{vz}	= $M_{zo} + (S V_x) * (ht+h)$	=	0 +	0 =	0 ton-m
M_{rz}	= $R t * x$	=	206.9192 *	3.1 =	641.44952 ton-m
F_{vz}	= $\frac{M_{rz}}{M_{vz}}$	=	$\frac{641.44952}{0.01}$	=	64144.952 > 2 o.k

Para la revisión en "X", es claro que el FSV es mayor que 2, por lo tanto el sistema se encuentra seguro contra el volteo de acuerdo a las acciones de viento actuantes.

4.4.4.2. Revisión por cortante

De acuerdo con el Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento de Comisión Federal de Electricidad²⁴ se debe verificar la seguridad contra el deslizamiento. Al analizar esta posibilidad deben suponerse nulas todas las cargas vivas. La relación entre la resistencia al deslizamiento y la fuerza que provoca el desplazamiento horizontal debe ser por lo menos igual a 1.5 para las estructuras de los grupos B y C, y para las del grupo A deberá ser por lo menos igual a 2.

Para verificar la seguridad contra el deslizamiento se aplica la siguiente fórmula:

$$F.S.D. = VR / VA > 2$$

En donde

FSV Factor de seguridad de contra el deslizamiento

²⁴ CFE, Comisión Federal de Electricidad (1993), "Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento", 4.2, inciso "d", Requisitos generales para el análisis y diseño de estructuras, 1.4.11

VA Fuerzas cortantes actuantes resultantes del análisis

VR Fuerza cortante resistente

En el caso del VR, éste es igual al peso total de la cimentación multiplicado por el coeficiente de fricción del suelo-zapata de acuerdo al estudio de mecánica de suelos (φ).

A continuación se muestra el análisis:

$$VR = W_{TOTAL} \times \varphi$$

$$VR = 197.617 \times 0.45 = 89 \text{ ton}$$

$$VA = 11.38 \text{ ton}$$

Calculo del FSD

$$FSD = 88.928 / 11 = 8$$

$$8 > 2 \text{ ok}$$

Con lo anterior se concluye que la cimentación no tendrá problemas de deslizamiento.

4.4.5. Revisión estado límite de falla de suelo

A continuación se muestra el análisis correspondiente:

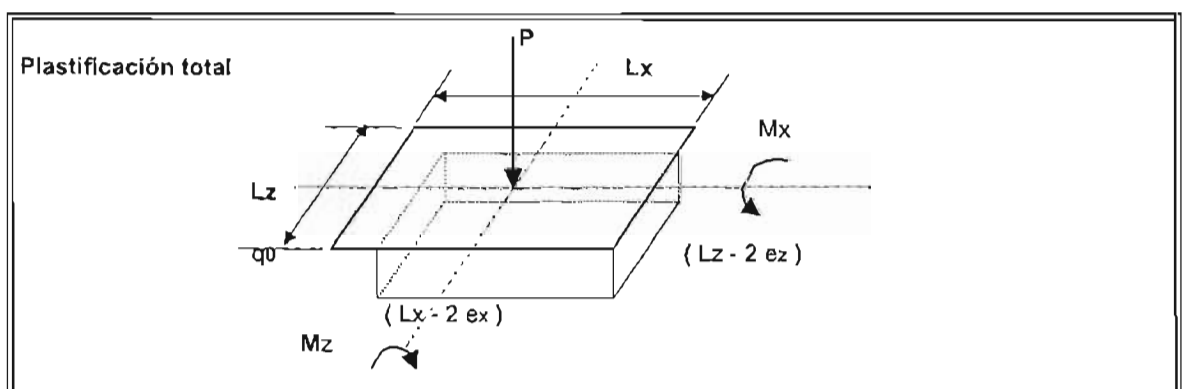


Figura 51. Esquema para el análisis de revisión estado límite de falla.

Esfuerzo Actuante
$q_0 = \frac{P_t}{(L_x - 2 e_x) \cdot (L_z - 2 e_z)}$

<p>MOMENTOS PARA CIMENTACION A 45°</p> <p>$M_{vx} = M_{x1} + (V_{z1} \times ht)$</p> <p>$M_{vz} = M_{z1} + (V_{x1} \times ht)$</p>
--

Calculo de Descarga por m2	
$q_{cim} = \frac{P_{cim}}{(L_x) \cdot (L_z)}$	$q_{cim} = 5.14 \text{ ton/m}^2$
$1.1 \times q_{cim} = 5.66 \text{ ton/m}^2$	

Calculo de Excentricidades correspondientes a los ejes "Z" y "X"			
e_x	=	M_{vx} / P_t	= 215.12 / 206.9192 = 1.04 m
e_z	=	M_{vz} / P_t	= 215.12 / 206.9192 = 1.04 m
$L_x - 2 e_x$	=	6.2 - 2	x 1.03964127 = 4.12 m
$L_z - 2 e_z$	=	6.2 - 2	x 1.03964127 = 4.12 m

$q_0 = \frac{206.9192}{4.120717458 \cdot 4.1207} = 12.18583 \text{ ton/m}^2$
--

<p>Como $q_0 < q_a$ o.k</p> <p>Se aceptan las dimensiones de la zapata</p>
--

4.5. Cálculo, Análisis y Diseño de Acero de Refuerzo

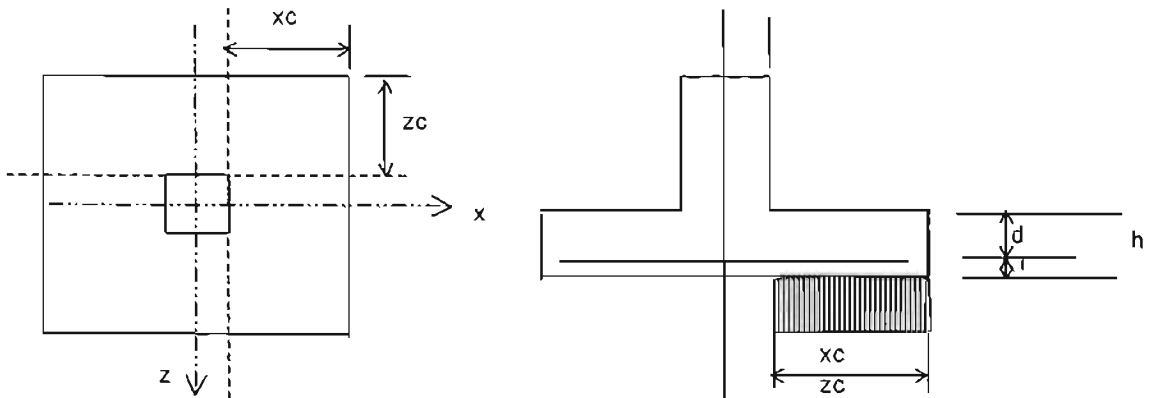
De acuerdo a los elementos mecánicos obtenidos se realiza el cálculo, análisis y diseño de refuerzo de acuerdo a la teoría elástica y factores de seguridad señalados en los reglamentos vigentes²⁵.

CALCULO DE PRESIONES DE DISEÑO			
P_u	=	$1.1 \cdot (P_o + P_{cim})$	= 10.2322 + 217 = 227.611 ton
M_{uz}	=	$1.1 \cdot (M_{zo} + (SV_x) \cdot ht + h)$	= 206.096316 + 30.5 = 236.634 ton-m
M_{ux}	=	$1.1 \cdot (M_{xo} + (SV_z) \cdot ht + h)$	= 206.096316 + 30.5 = 236.634 ton-m
e_x	=	M_{ux} / P_u	= 236.63 / 227.61112 = 1.04 m
e_z	=	M_{uz} / P_u	= 236.63 / 227.61112 = 1.04 m
$L_x - 2 e_x$	=	6.2 - 2	x 1.03964127 = 4.12 m
$L_z - 2 e_z$	=	6.2 - 2	x 1.03964127 = 4.12 m
* No se considera el peso propio del relleno, pero se descontarán en el diseño, ver flexion inciso "b"			

$q_0 = \frac{227.61112}{4.120717458 \cdot 4.1207} = 13.404413 \text{ ton/m}^2$
--

²⁵ Ídem.

Elementos Mecánicos de Diseño			
q_{max}	=	13.40	ton/m ²
P_u	=	227.61	ton
M_{ux}	=	236.63	ton-m
M_{uz}	=	236.63	ton-m



$d = 0.55$

Planta				
$L_{1x} =$	$(L_x - b_x) / 2 - d$	=	(1.95 - 0.55)	= 1.40
$L_{1x} =$	1.40	m		
$L_{1z} =$	$(L_z - b_z) / 2 - d$	=	(1.95 - 0.55)	= 1.40
$L_{1z} =$	1.40	m		

Flexión

$$r = \frac{5.00}{60.00 - 5.00} = 0.087$$

a) Cuantía de acero

$$r_b = \frac{f_c}{f_y} \times \frac{4800}{6000 + f_y} = \frac{170}{4200} \times \frac{4800}{10200}$$

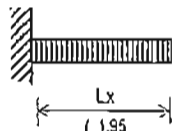
$$r_b = 0.01905$$

$$r_{\max} = 0.75 r_b = 0.75 \times 0.01905 = 0.0143$$

$$r_{\min} = \frac{0.7(f_c)^{1/2}}{f_y} = \frac{11.07}{4200} = 0.00264$$

b) Dirección x

Tomando una franja de 1.00 m de ancho



$$q_0 = q_{\max} - (1.1 \times q_{\text{cim}}) = 5.66 \text{ ton/m}^2$$

$$q_0 = 7.75 \text{ ton/m}^2$$

$$M_{\max} = q_0 Lx^2 / 2 = 7.75 \times (1.95)^2 / 2 = 1473.354 \text{ kg-cm}$$

$$F_R f_c b d^2 = 0.90 \times 170.00 \times 100.00 \times 3025.00 = 46282500$$

$$Q = \frac{M_r}{F_R f_c b d^2} = \frac{1473.354}{46282500} = 0.031833924$$

calculo de q

$$q = 1 - \sqrt{1 - 2Q} = 0.032357425$$

$$r = \frac{q f_c}{f_y} = 0.0324 \times \frac{170}{4200} = 0.001310$$

como $r < r_{\min} < r_{\max}$ Rige minimo OK

$$\text{Usar } A_s = r b d = 0.00264 \times 100.00 \times 55.00 = 14.49 \text{ cm}^2$$

se propone usar varillas # 6 $A_v = 2.85 \text{ cm}^2$

$$S = \frac{100 A_v}{A_s} = \frac{100 \times 2.85}{14.49} = 19.67 \text{ cm}$$

usar varillas del # 6 @ 20 cm

c) Dirección z



Tomando una franja de 1.0 m de ancho

Lz. = 1.00

$$M_{\max} = q_0 Lx^2 / 2$$

$$M_{\max} = 7.75 \times (1.00)^2 / 2 = 3.875 \text{ ton-m}$$

$$M_{\max} = 387,470 \text{ kg-cm}$$

$$F_R F_c b d^2 = 0.90 \times 170.00 \times 100.00 \times (55.00)^2$$

$$F_R F_c b d^2 = 46282500$$

$$Q = \frac{M_r}{F_R F_c b d^2} = \frac{387,470}{46282500} = 0.008371841$$

$$q = 1 - \sqrt{1 - 2Q} = 0.008407181$$

$$r = q F_c / f_y = 0.0084 \times \frac{170}{4200} = 0.000340 \text{ cm}$$

como $r < r_{\min} < r_{\max}$ Rige mínimo OK

$$U_{\text{usar}} = r b d = 0.0026 \times 100.00 \times 55.00$$

$$A_s = 14.49 \text{ cm}^2$$

se propone usar varillas # 6 $A_v = 2.85 \text{ cm}^2$

usar varillas del # 6 $S = 19.67 \text{ cm}$
@ 20 cm

Revisión como Viga ancha (sección crítica a un peralte del paño)

Dirección en X

$$V_u = q_0 L_1 x$$

$$V_u = 10.85 \text{ ton}$$

$$V_{cr} = \sqrt{0.5 F_R F_c b d} \text{ (f'c)}$$

$$V_{cr} = 31112.70 \text{ kg} \quad FR = 0.80$$

$$V_{cr} = 31.11 \text{ ton} \quad d = 0.40$$

$v_u < v_{cr}$ OK

Dirección en z

$$V_u = q_0 L_1 z$$

$$V_u = 10.85 \text{ ton}$$

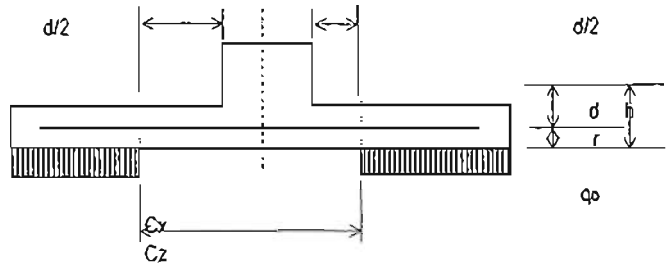
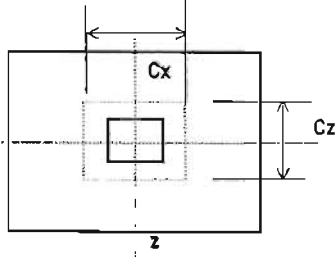
$$V_{cr} = \sqrt{0.5 F_R F_c b d} \text{ (f'c)}$$

$$V_{cr} = 31112.70 \text{ kg}$$

$$V_{cr} = 31.11 \text{ ton}$$

$v_u < v_{cr}$ OK

Revisión por penetración



$$\begin{aligned}
 Cx &= bx + d = 2.30 + 0.55 = 2.85 \text{ m} \\
 Cz &= bz + d = 2.30 + 0.55 = 2.85 \text{ m} \\
 bo &= 2(Cx + Cz) = 2(2.85 + 2.85) = 11.40 \text{ m} \\
 Ac &= bo \cdot d = 1,140.00 \times 55.00 = 62,700.00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Cortante actuante

$$\begin{aligned}
 Vu &= Pu - qo(Cx Cz) \\
 Vu &= 110.92 - 7.75(2.85 \times 2.85) \\
 Vu &= 47.979 \text{ ton} = 47,979 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c) Transmisión de momento dirección x
Fracción de momento transmitido

$$\alpha_{vx} = \frac{1}{1.66666667 \sqrt{(2.85)^2 + (2.85)^2}} = 0.40$$

Momento polar de inercia

$$\begin{aligned}
 d Cx^3 &= 55.00 \times (285.00)^3 = 1,273,201,875 \text{ cm}^4 \\
 Cx d^3 &= 285.00 \times (55.00)^3 = 47,416,875 \text{ cm}^4 \\
 d Cz Cx^2 &= 55.00 \times 285.00 \times (285.00)^2 = 1,273,201,875 \text{ cm}^4 \\
 Jcx &= 212,200,313 + 7,902,813 + 636,600,938 = 856,704,063 \text{ cm}^4 \\
 Cxx &= Cx / 2 = 285.00 / 2 = 142.50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

d) Transmisión de momento dirección z
Fracción de momento transmitido

$$g_{vz} = 1 - \frac{1}{1.666666667 \cdot \bar{O} \cdot (2.85 / 2.85)} = 0.40$$

Momento polar de inercia

$$\begin{aligned} d C_z^2 &= 55.00 \times (285.00)^2 = 1,273,201,875 \text{ cm}^4 \\ C_z d^2 &= 285.00 \times (55.00)^2 = 47,416,875 \text{ cm}^4 \\ d C_x C_z^2 &= 55.00 \times 285.00 \times (285.00)^2 = 1,273,201,875 \text{ cm}^4 \\ J_{cz} &= 212,200,313 + 7,902,813 + 636,600,938 = 856,704,063 \text{ cm}^4 \\ C_{zz} &= C_z / 2 = 285.00 / 2 = 142.50 \text{ cm} \end{aligned}$$

e) Esfuerzo actuante

$$v_u = \frac{V_u}{A_c} + \frac{a_{vx} M_{2u} C_{xx}}{J_{cx}} + \frac{a_{vz} M_{xu} C_{zz}}{J_{cz}} = 2.70 \text{ kg/cm}^2$$

f) Esfuerzo resistente

$$\begin{aligned} v_{cr1} &= FR^* (0.5 + g) (f^*c)^{1/2} \\ g_c &= \frac{b_x}{b_z} = 2.30 \\ v_{cr1} &= 14.85 \text{ kg/cm}^2 \\ v_{cr2} &= FR^* (f^*c)^{1/2} \\ v_{cr2} &= 9.90 \text{ kg/cm}^2 \\ v_{cr} &= 9.90 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Como $v_u < v_{cr}$ OK

g) Refuerzo por temperatura

g.1) Acero en positivo

$$a_s = \frac{(660(x_1))}{F_y(x_1 + 100)} \quad \text{usar var \# 6} \quad \text{As}_2 = 14.49 \text{ cm}^2 \quad @ 20 \text{ cm}$$

x_1 = Dim. Mínima perpendicular al refuerzo
PARA ESTRIBOS

$$\begin{aligned} a_s &= 0.05893 \quad \text{As min} = 5.893 \\ \text{se propone usar varillas \# 4} & \quad \text{Av} = 2.53 \text{ cm}^2 \\ \text{Sep} &= 42.99 \text{ cm} \quad \text{2 E \# 4 @ 30} \end{aligned}$$

ARMADO DEL DADO

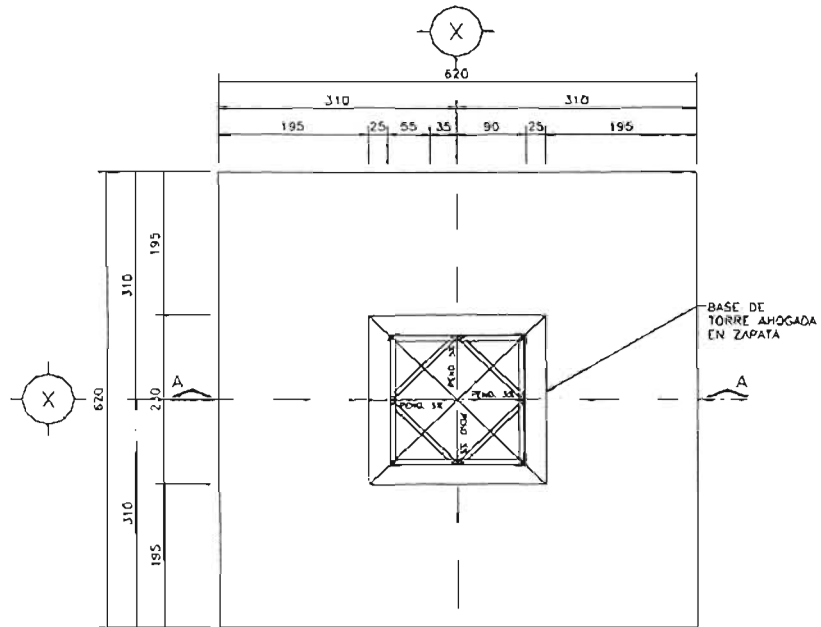
$$p = 0.0027 \quad \text{As} = 140.185 \text{ cm}^2$$

COLOCAR :

16	VARILLAS #	8	81.07 cm ²	
16	VARILLAS #	6	45.60 cm ²	
			126.68 cm ²	OK AL LIMITE

4.6. Planos de cimentación

De acuerdo al resultado del análisis y diseño, se muestran los planos estructurales de la cimentación resultante y especificaciones de los materiales tal cual se deben plasmar en los planos estructurales:



ZAPATA Z-1

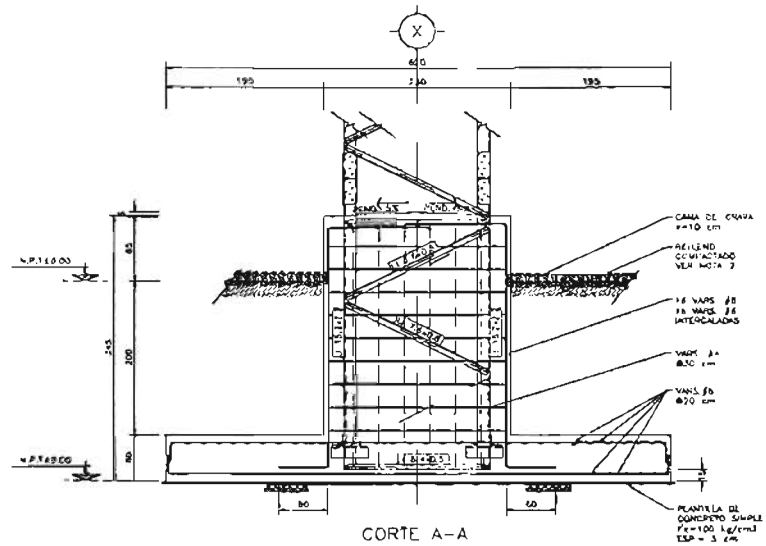


Figura 53. Planos del armado de acero de refuerzo.

NOTAS

- 1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE.
- 2.- NIVELES EN METROS.
- 3.- ACERO DE REFUERZO $F_y=4200\text{Kg/cm}^2$
- 4.- CONCRETO $f'_c=250\text{Kg/cm}^2$

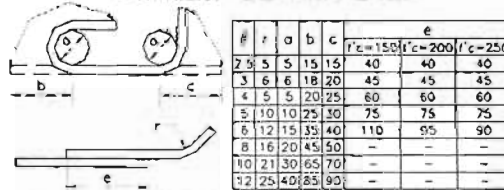
CIMENTACION

- 1.- SE DEBERA VERIFICAR EL TRAZO Y LOCALIZACION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN LOS PLANOS ARQUITECTONICOS ANTES DE PROCEDER A CONSTRUIR.
- 2.- LOS RELLENOS SERAN A BASE DE UN MATERIAL LIMO-ARNOSO "TEPETATE", EL CUAL DEBERA DE TENER UN LIMITE LIQUIDO NO MAYOR DE 35%, NO DEBERA DE TENER GRUMOS O CONCRECIONES MAYORES DE 3", ESTE SE COMPACTARA AL 90% DE SU PESO VOLUMETRICO MAXIMO, CAPAS NO MAYORES DE 20cm DE ESPESOR.
- 3.- BAJO LA CIMENTACION SE COLOCARA UNA CAMA FILTRANTE DE 20cm. DE ESPESOR A BASE DE GRAVAS DE TEZONTLE CON TAMAÑO MAXIMO DE 3" DE DIAMETRO, LA CUAL SE COMPACTA INTENSAMENTE, Y ENSEGUIDA SE COLOCA UNA PLANTILLA DE CONCRETO $f'_c=100\text{Kg/cm}^2$ DE 5cm DE ESPESOR, LA CUAL SE MANTENDRA HUMEDA HASTA EL COLADO DE LA CIMENTACION.
- 4.- ESTAS NOTAS SE DEBERAN COMPLEMENTAR CON LAS RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.
- 5.- VERIFICAR DIMENSIONES EN SITIO CON PROVEEDOR y/6 CONTRATISTA.
- 6.- TRABAJAR CONJUNTAMENTE ESTE PROYECTO CON LOS PROYECTOS: ARQUITECTONICO, INTEGRAL ELECTRICO Y SISTEMA DE TIERRAS.
- 7.- TRABAJAR CONJUNTAMENTE ESTE PROYECTO CON LAS NORMAS DE INSTALACION DE TORRES.
- 8.- CUALQUIER DETALLE y/6 NIVEL NO ESPECIFICADO EN PROYECTO QUE NO COINCIDA CON EL DEL SITIO Y DE ALGUNA MANERA AFECTE LO ESPECIFICADO EN LOS DETALLES ESTRUCTURALES, DEBERA SER NOTIFICADO POR EL RESIDENTE 6 SUPERVISOR DE OBRA A LA GERENCIA DE INGENIERIA, PARA LLEVAR A CABO LOS AJUSTES NECESARIOS.
- 9.- NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA LAS COTAS RIDEN AL DIBUJO.

SIMBOLOGIA

- N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL.
 N.D.C. NIVEL DE DESPLANTE DE CIMNETACION.

DETALLES DE REFUERZO



SI EN UNA SECCION SE EMPALMA MAS DE LA 3o PARTE DEL REFUERZO LAS LONGITUDES DEL TRASLAPE AUMENTARAN EN UN 50%

NO SE ADMITIRAN TRASLAPES EN VARILLAS DEL #8 6 MAYORES, EN ESTOS CASOS LAS VARILLAS SE SOLDARAN DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE DETALLE:



Figura 54. Notas estructurales del armado de acero de refuerzo.

4.7. Recomendaciones para la construcción de la zapata

Las recomendaciones para la construcción de la zapata son extraídas del Estudio de Mecánica de Suelos²⁶.

Estas son señaladas como a continuación se muestra:

A) Excavación:

Para construir la zapata de la estructura se excavará con taludes verticales de acuerdo a las dimensiones que arroje el diseño y a una profundidad no menor de $N = -2.00$ con respecto al nivel de terreno natural. El material producto de excavación debe acumularse para el relleno posterior a excepción de los 0.60 m superiores ya que es material de relleno.

B) Compactación de fondo de excavación:

Después de excavar, la superficie debe ser compactada en sus primeros 30 cm superiores hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM), con respecto a la prueba Próctor Estándar. Posteriormente se colocará la plantilla de concreto pobre de un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor.

C) Construcción de cimentación:

Una vez realizada la excavación y colada la plantilla, se coloca el acero de refuerzo y se colará, procurando que la cimentación sea monolítica, para esto las interrupciones del colado no deben exceder 30 min entre los caminos que transportan el concreto a la obra.

D) Relleno de cimentación:

Este se realiza con el mismo material producto de la excavación, colocando capas de 20 cm. para posteriormente compactarlas al 95% de la prueba Próctor Estándar hasta el nivel de terreno natural. La compactación se hace mediante medios mecánicos, es decir, utilizando un rodillo vibratorio o bailarina.

²⁶ Ver anexo B. Estudio de Mecánica de Suelos

CAPÍTULO 5

Proceso Constructivo y Análisis de Costo

Objetivo: Realizar una descripción general del proceso constructivo de cimentaciones y montaje de torres para telefonía inalámbrica, así como el análisis de su costo.

5.1. Proceso constructivo de cimentación para torre auto-soportada robusta

A continuación se describen cada una de las actividades para la construcción de la cimentación y montaje de la torre del sitio SP3017 en el estado de San Luis Potosí.

Cada una de estas actividades se describe con base a la planta Arquitectónica de Proyecto con la finalidad de establecer una planeación y programación del mismo.

Esta actividad debe ser desarrollada por el gerente o responsable del proyecto, quien debe elegir una técnica de programación que sea simple y sencilla de interpretar por todos los participantes en el proyecto.

Los métodos generalmente usados son los siguientes:

- Gráficas de barras (Gráfica de Gantt)
- Programa de eventos
- Programación lineal
- Método de la ruta crítica

Con ellos se desarrolla la obtención o estimación de la duración de las actividades que involucra la construcción.

De acuerdo a lo anterior es posible estimar:

- a) intervalos de tiempo de cada uno de los periodos o actividades
- b) duración de las actividades
- c) tiempos de contingencia de cada actividad.

Estos tres rubros deben ser obtenidos de acuerdo a la duración o vida del proyecto.

Cabe mencionar que la duración de cada una de las actividades es una tarea importante, ya que con ello se da una representación real de la duración del proyecto. grafica de gant fig 55

Para estimar la duración de cada una de las actividades es importante apoyarse en tablas o guías que muestren su rendimiento, ya sea que éstas se basen en bibliografía existente, registro de proyectos similares o investigación de directa en campo.

Es primordial realizar la descripción de cada actividad y además reflejar posibles contingencias que se puedan presentar en cada una de ellas, ya que éstas ayudan a tener una visión más real de la duración o vida del proyecto.

Las contingencias a considerar y programar son factores que no están dentro del alcance humano, es decir, inclemencias por mal tiempo, tardía llegada del suministro de materiales o equipos. Estas contingencias se pueden originar en cualquier fase del proyecto.

Los tiempos de duración de las contingencias se estiman en función de los conocimientos del alcance del proyecto, complejidad, disponibilidad de recursos y experiencia del personal que ejecuta el proyecto.

A continuación se describen las actividades de la construcción de cimentación y proceso de montaje de torre.

5.1.1. Limpieza, trazo y nivelación de terreno

Consiste en el retiro de basura o elementos que impiden tener la superficie libre. Como retirar la capa vegetal para posteriormente realizar el trazo y ubicación de cada uno de los elementos que constituyen el proyecto, fijando sus niveles de desplante, todo ello con base a la planta arquitectónica de proyecto. La duración de esta actividad se toma en base a tablas de rendimiento tipo.

5.1.2. Excavación

Una vez definida la ubicación de la cimentación y de acuerdo al estudio de mecánica de suelos se inicia la excavación por medios mecánicos, es decir empleando una retro excavadora, la cual debe dejar perfiladas las paredes y fondo de dicha excavación de acuerdo a las dimensiones y profundidad señaladas en el proyecto estructural.

Al igual que en la actividad anterior se utilizan tablas de rendimientos tipo para estimar la duración de esta actividad.



Figura 56. Excavación de cimentación.

5.1.3. Colado de plantilla de concreto pobre

Una vez realizada la excavación y de acuerdo a lo señalado en las normas de construcciones de estructuras de concreto, se procede al colado de la plantilla de concreto pobre de 100 kg/cm² y 5 cm de espesor. Esta tiene la finalidad de aislar el acero de refuerzo de la cimentación con el terreno natural y evitar la contaminación de acero y concreto. El tiempo estimado de duración de esta actividad también se puede calcular con base a tablas de rendimientos.

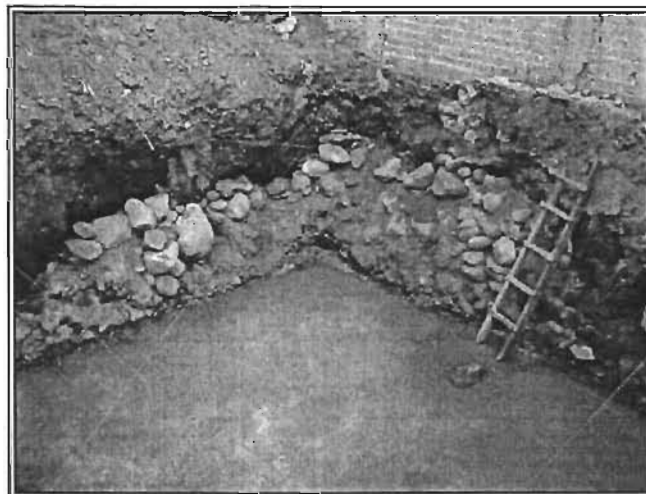


Figura 57. Plantilla de concreto pobre.

5.1.4. Habilitado y armado de acero de refuerzo

Con base a los planos estructurales de proyecto se realiza el corte y doblado de acero con la finalidad de conformar el enramado o armado que ha sido diseñado. Es importante que en esta actividad se cuente con personal calificado para interpretar planos estructurales.



Figura 58. Habilitado, armado de acero de refuerzo y colocación de tramo "0".

5.1.5. Colocación de anclas

Una vez realizado el armado y de acuerdo a los planos de fabricante de la torre, se realiza el sembrado de las anclas, mismas que deben ser niveladas y fijadas para evitar su movimiento al momento del colado. Esta actividad es muy corta, pero de suma importancia, ya que de las anclas depende la verticalidad y torsión de la torre. En caso de que éstas no sean colocadas de forma adecuada provocarán torsión y desplome durante el montaje de la torre.

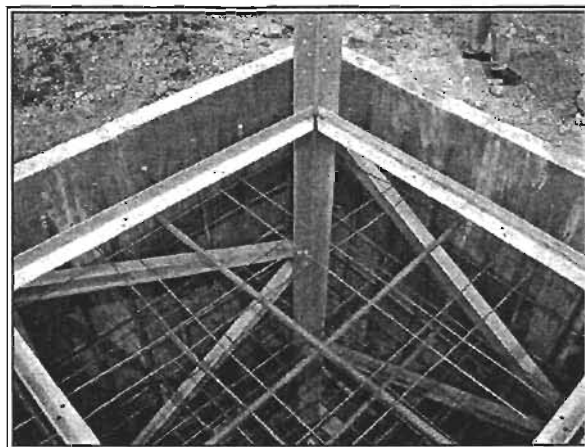


Figura 59. Cimbrado cimentación (tramo de arranque).

5.1.6. Cimbrado

Ya colocado el armado y fijadas las anclas se cimbra el dado de la torre, dicho cimbrado se debe realizar respetando el recubrimiento plasmado en los planos estructurales, que son obligados de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias de construcciones de concreto del RCDF,²⁷ que en este caso debe ser de 7 cm, pues es una estructura que está en contacto con el terreno natural.

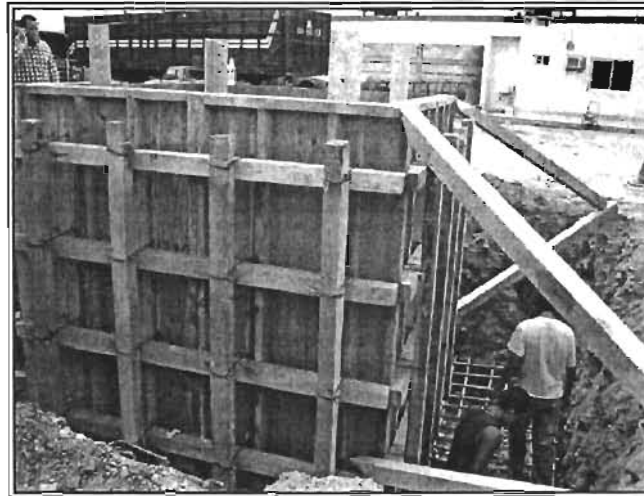


Figura 60. Cimbrado de cimentación.

5.1.7. Colado

Listo el armado y cimbrado, se procede a programar el volumen de concreto a colar, en este caso se realiza mediante los servicios de una fabrica de concreto premezclado, a la cual se le entrega el volumen y características del concreto a emplear. Esta se encargará de programar la llegada continua del concreto y evitar que se generen juntas frías, ya que la recomendación estructural señala que está deberá ser monolítico.

Durante el proceso de colado se debe contar un dos vibradores, uno que se usa durante el proceso de colado y el otro de respaldo, estos evitan que el concreto tenga burbujas o espacios vacíos que propicien que el acero de refuerzo este en contacto con el medio ambiente o terreno natural.

²⁷ Luis Arnal Simón, Max Betancourt Suárez, (2000), "**Reglamento de construcciones de distrito federal**", Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto, Pág. 411 y 412, 3.4. Recubrimiento.

5.1.8. Cilindros de concreto

De acuerdo a las NMX de Concreto reforzado se deben tomar muestras durante el proceso del colado además de verificar el revenimiento de la mezcla. Los cilindros deben ser analizados en laboratorio y obtener las resistencia del mismo a los 7, 14 y 28 días, este deberá alcanzar una resistencia de acuerdo al diseño de la mezcla solicitada del 90 % al 7o día.

Cabe señalar que si esto no se cumple, el proceso de montaje de torre se retrasará, ya que si se inicia el montaje de la torre con una resistencia menor se afecta estructuralmente al concreto.

5.1.9. Descimbrado

Al tercer día se retira la cimbra ya que en este momento se ha alcanzado el 40% de la resistencia de la cimentación y se procede al curado de la cimentación.

5.1.10. Curado de cimentación

Una vez colado se podrá descimbrar al tercer día y mediante la aplicación de productos químicos se garantiza el curado de la cimentación para evitar que el concreto pierda su humedad y alcance la resistencia deseada.

5.1.11. Relleno compactado

Al quinto día se inicia el proceso de relleno de la excavación de la cimentación, de acuerdo a lo especificado en la mecánica de suelos. Esta indica que se debe realizar con material de banco en capas de 20 cm compactadas al 95% de la Prueba Proctor Estándar.

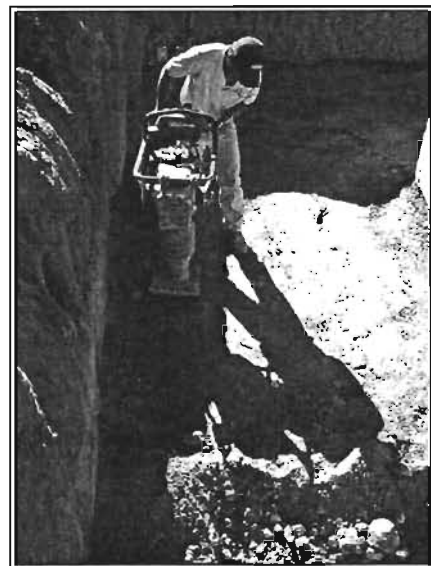


Figura 61. Compactación de relleno de cimentación.

5.2. Pruebas de campo

La prueba de campo más importante es la mecánica de suelos ya que determina las características del suelo y propiedades. También da como resultado recomendaciones para construcción, mejoramiento de suelo y tipo de relleno a emplear²⁸.

5.3. Pruebas de concreto

De acuerdo a lo señalado en la NMX-C-83, se debe determinar la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto, los cuales son obtenidos al momento del colado de la cimentación. Esta prueba determinará si el concreto empleado es el señalado de acuerdo las especificaciones estructurales.

Se tomarán varias muestras de concreto, las cuales serán llevadas al laboratorio y almacenadas en el llamado cuarto húmedo, el cual permitirá que las muestras sean curadas adecuadamente, es decir, que no pierdan la humedad; estas muestras son cilindros de 15 cm de diámetro por 30 de alto.

Los cilindros serán tronados, (como comúnmente se le conoce al momento de realizar la prueba) a diferentes edades, de tal forma que se puede determinar de forma espaciada la resistencia alcanzada. Estos espacios de tiempo son a los 7, 14 y 28 días, en esta última el concreto alcanza aproximadamente el 90% de la resistencia de diseño.

El procedimiento para realizar la prueba es señalado por la NMX-C-109, la cual refiere la forma adecuada de preparar los cilindros y se le conoce como cabeceo de especímenes.

El cabeceo de especímenes consiste en que ambos extremos del cilindro sean totalmente planos, esto se logra mediante una mezcla de puzolana o arena fina combinada con azufre, la cual es calentada y vaciada en un molde que permite crear las superficies lisas y planas, de tal forma que cuando estos sean colocados en la maquina que aplicara la fuerza de compresión esta se distribuya uniformemente evitando la concentración de esfuerzos en un solo punto. La mezcla debe tener una resistencia mínima de 350 kg/cm² a las 2 hrs.

La velocidad con la que es aplicada la fuerza de compresión debe ser velocidad uniforme y continua, sin producir impacto o pérdidas de carga; en un intervalo de 84 a 210 kg/cm²/min.

Una vez realizada la prueba, los resultados son vaciados en un formato que contiene el número de espécimen, características geométricas, edad en días, relación de esbeltez, factor de corrección por esbeltez, área, carga resultante o

²⁸ Esto se puede observar de forma más clara en el anexo "B".

soportada, resistencia a la compresión obtenida mediante calculo y la falla que presentó.

5.4. Pruebas de laboratorio

5.4.1. Prueba Próctor Estándar

De acuerdo con el resultado de la mecánica de suelos y siguiendo su recomendación, se describe el procedimiento de la Prueba Próctor Estándar. Cabe mencionar que esta es aplicada para el relleno que servirá de lastre a la cimentación y de esta forma contribuir a la estabilidad de la estructura.

No todos los suelos naturales en los que se realiza el relleno de la excavación son adecuados por lo que se debe realizar una mejora del suelo.

La compactación no es desde luego el único método de mejora de los terrenos, aunque sí uno de los más económicos y populares.

Al compactar variamos la estructura del suelo y también algunas de sus propiedades mecánicas. Alguno de los parámetros del suelo que varían según su compactación son la permeabilidad, el peso específico y la resistencia al corte. Con la compactación buscamos propiedades adecuadas del suelo de nuestra cimentación, así como su uniformidad.

La compactación consiste en un proceso repetitivo cuyo objetivo es conseguir un peso específico para una relación de agua dada tal que se garanticen las propiedades óptimas buscadas. En primer lugar, se vierte sobre el suelo natural existente, generalmente en capas sucesivas, un suelo de mejora con la granulometría adecuada. Posteriormente, se modifica su humedad mediante desecación o mediante adición de agua y se le transmite energía de compactación mediante apisonado por golpes o presión. Para ello se utilizan diversas maquinarias, generalmente rodillos –lisos, neumáticos, pata de cabra, vibratorios, etc.- en función del tipo de terreno y muchas veces de la accesibilidad de éste.

Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de la compactación que asegurarán las propiedades del terreno buscadas. Esto se traduce en determinar cual es la humedad que se requiere con una energía de compactación dada para conseguir la densidad seca máxima que puede tener dicho terreno. Esta humedad se define como humedad óptima y con ella se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada. Igualmente se define como densidad seca máxima aquella que se obtiene para la humedad óptima.

Se comprueba que al ir aumentando la humedad y compactando, la densidad seca va aumentando hasta llegar a un punto de máximo para el par: densidad

seca máxima-humedad óptima, a partir de este punto un aumento de humedad no supone mayor densidad seca sino al contrario una disminución de ésta.

5.4.2. En el laboratorio.

Los ensayos se realizan en laboratorio mediante el compactado de probetas a las que se añade agua. Los ensayos más importantes son el Proctor o Proctor normal o estándar y el Proctor modificado. En ambos ensayos se toman porciones de la muestra del suelo mezclándose con distintas cantidades de agua, se compactan en un molde y se apisonan mediante una masa tomando las anotaciones correspondientes de la humedad y densidad seca.

Estos pares humedad-densidad seca (la humedad en %) se llevan a una gráfica de abscisas y ordenadas (humedad en abscisas y densidad seca en ordenadas), dibujándose con ello una curva suave y obteniéndose el punto donde se produce el máximo (densidad seca máxima-humedad óptima).



Figura 62. Compactación de relleno de cimentación.

La diferencia fundamental entre el ensayo Proctor normal y el modificado estriba en la energía de compactación utilizada. Para los ensayos españoles (normas UNE) se utiliza una energía de unos 0,583J/cm³ para el Proctor normal y unos 2,632J/cm³ para el Proctor modificado.

Las distintas normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales²⁹) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado.

²⁹ American Society for Testing Materials, ASTM , ASTM D-698 "Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales"

En España existen las normas UNE 103-500-94 que define el ensayo de compactación Proctor normal y la UNE 103-501-94 que define el ensayo Proctor Modificado. Por tanto, cuando se nos pide un suelo compactado al 90% Proctor o Proctor modificado significa que la compactación debe obtener una densidad seca de al menos el 90% de la densidad seca máxima obtenida con los correspondientes ensayos.

A continuación se muestra la gráfica típica de compactación.



Figura 63. Gráfica de resultado de estudio de compactación típica

5.5. Proceso de montaje de torre auto-soportada robusta

Una vez colada la cimentación e inmersa en esta el tramo inicial de la torre, conocido como tramo cero, se inicia el proceso de montaje de torre.

5.5.1. Tramo "Cero"

Cabe mencionar que dicho tramo cero es fijado y nivelado antes de colar la cimentación de acuerdo a lo señalado por el fabricante de la torre, de no ser así puede presentar problema dos tipos de problemas al realizar el montaje:

5.5.2. Desplome vertical

Este se presenta cuando el tramo inicial de las patas de arranque no esta al mismo nivel con respecto a la horizontal, provocando en algunas ocasiones el corte y re-barrenación de la misma.

De acuerdo Norma EIA/22F³⁰, al momento de ensamble de la misma no se deberá permitir más de un x por cada x tramo ensamblado.

5.5.3. Rotación horizontal

Al igual que el anterior se debe seguir las especificaciones del fabricante para la colocación del tramo inicial, este generalmente se presenta cuando el ángulo que se forma en cada uno de los vértices no es igual a 90°.

De acuerdo Norma EIA/22F, al momento de ensamble de la misma no se deberá permitir más de un x por cada x tramo ensamblado.

Los dos anteriores garantizan parámetros en gran media la verticalidad de la torre.

5.5.4. Piezas verticales de arranque

Se inicia por colocar los cuatro tramos verticales de la torre, estos son fijados con tornillos que deben ser complementados con una rondana plana, rondana de presión y tuerca.

5.6. Análisis de costo de la cimentación

El análisis del costo de la cimentación es el reflejo del conocimiento de los procesos de Planeación, Dirección y Control, ya que todas las actividades involucradas tienen un tiempo y costo que al final serán reflejadas en un presupuesto.

Como concepto general se sabe que cualquier obra debe ser ejecutada en un tiempo y costo óptimo; es decir, reducir tiempos en cada uno de los procesos significa que se deben emplear más recursos de los estandarizados, lo que implica que aumentará el costo y si, por el contrario los procesos se alargan implicara tiempos muertos lo que provocará a su vez mayores costo. Cuando nos referimos a tiempos y costos óptimos nos referimos a que sean los adecuados

Este uno de los rubros especializados dentro de cualquier proceso, ya que para ello se requiere de personal con capacidad de análisis y experiencia que defina de forma apropiada la Mano de obra, Materiales y Equipos.

³⁰ Telecommunications Industry Association (1996), "TIA/EIA 222F, *Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*", USA

5.6.1. Programas de Computadora

Actualmente se cuenta con una serie de Programas de Computadora o Software especializados para realizar Programas de Obra y Presupuesto de forma detallada. Algunos son los siguientes:

New Wall

Este es un programa diseñado para la elaboración de Presupuesto de Obra y da cada una de las partes que lo integran.

Neodata

Es quizá uno de los más conocidos del mercado, el cual es conocido por su capacidad para elaborar precios Unitarios, Costos de Obra, Sistemas de Compra, así como evaluación de presupuestos.

Opus

Al igual que el anterior es muy conocido en el mercado. En él se pueden elaborar precios unitarios, presupuestos, programación, avance y control de obras. Este programa ha sido orientado principalmente a México y América Latina.

5.6.2. Presupuesto

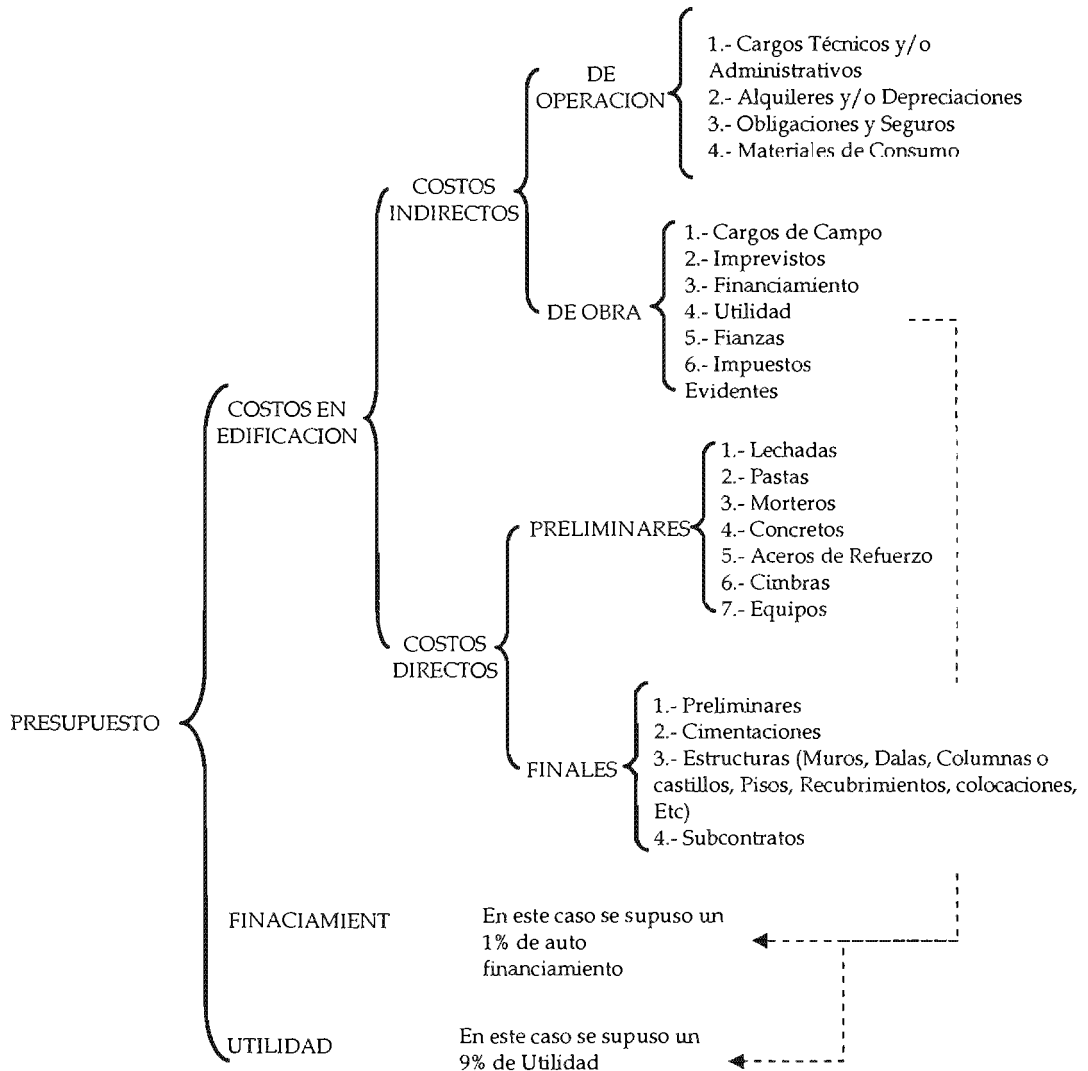
Se define como presupuesto: "una suposición del valor de un producto para condiciones definidas a un tiempo inmediato". Siendo el presupuesto el reflejo de factibilidad de un proyecto.

Para elaborar un presupuesto es necesario realizar de forma previa los siguientes conceptos:

- Cuantificación
- Análisis de Factor de Salario Real.
 - Tabulador de Salarios.
- Análisis de Costo Horario de Maquinaria
 - Datos Generales de Maquinaria
 - Costos Fijos
 - Cargos por Consumo
 - Cargos por Operación
- Análisis de Precio Unitario.
 - Descripción
 - Materiales
 - Mano de Obra
 - Herramientas
 - Equipos
- Explosión de Insumos

El resultado del análisis de los conceptos anteriores es el presupuesto y se puede dividir en partidas de acuerdo al tipo y calidad del proyecto a ejecutar.

El siguiente diagrama muestra la integración del Presupuesto.



Para entender de forma más clara el diagrama anterior es necesario dar las siguientes definiciones:

Costos Indirectos.

Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación sobre un producto terminado. Es la suma de los gastos Técnico – Administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo

Costos Directos.

Aquellos gastos que tiene aplicación a un producto terminado. Es la suma de Material, Mano de Obra y Equipo para la realización de un proceso productivo.

Costos de Financiamiento.

Son los costos ocasionados por la diferencia entre los que realizará el contratista en la ejecución de los trabajos y los pagos que recibirá por anticipos y estimaciones. A esta diferencia se le aplicará la tasa de interés incluida en el contrato. El costo obtenido será aplicado en forma porcentual sobre la suma de los costos directos más los indirectos.

Cargos por Utilidad.

Es la ganancia que debe percibir el contratista por la ejecución del concepto de trabajo. Aplicado en forma porcentual sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.

A continuación se muestra el Análisis de costo de una cimentación para la Torre de Telecomunicación del Sitio SP 3017 "Aeropuerto", ubicado frente al Aeropuerto de San Luis Potosí con ayuda del programa "OPUS".

CUANTIFICACIÓN										
ACERO EN CIMENTACION										
ZAPATA										
LARGO	@ mts	# DE VARILLAS	LONG. DE 1 VARILLA	LONG DE TODO	No. VARILLA	PESO DE LA VARILLA/ML	PESO	DESP	CANTIDAD	UNIDAD
5.80	0.20	32.00	5.86	187.43	6.00	2.25	421.71	1.05	442.80	KG
5.80	0.20	32.00	5.86	187.43	6.00	2.25	421.71	1.05	442.80	KG
5.80	0.20	32.00	5.86	187.43	6.00	2.25	421.71	1.05	442.80	KG
5.80	0.20	32.00	5.86	187.43	6.00	2.25	421.71	1.05	442.80	KG
							1686.85		1,771.19	KG
DADO VARILLAS VERTICALES										
LARGO	@ mts	# DE VARILLAS	LONG. DE 1 VARILLA	LONG DE TODO	No. VARILLA	PESO DE LA VARILLA	PESO	DESP	CANTIDAD	TOTAL
		16.00	4.76	76.19	8.00	3.98	302.86	1.05	318.00	KG
		16.00	4.10	65.52	6.00	2.25	147.43	1.05	154.80	KG
DADO VARILLAS HORIZONTALES (ESTRIBOS)										
LARGO	@ mts	# DE ESTRIBOS	LONG. DEL ESTRIBO	LONG DE TODO	No. VARILLA	PESO DE LA VARILLA	PESO	DESP	CANTIDAD	
	0.30	19.00	8.95	170.05	4.00	0.96	163.25	1.05	171.41	KG
TOTAL DE ACERO									2,415.41	KG
CONCRETO										
	LADO	LADO	ALTURA	TOTAL		CANTIDAD	UNIDAD			
ZAPATA	6.20	6.20	0.60	23.064						
DADO	2.30	2.30	2.85	15.0765	10.58	33.644				
TOTAL DE CONCRETO						38.14	M3			
EXCAVACION										
	6.2	6.2	2.65	TOTAL DE EXCAVACION		101.866	M3			
PLANTILLA DE CONCRETO										
	6.2	6.2	0.05	TOTAL DE PLANTILLA		1.922	M3			
RELLENO										
	0.00	33.644	1.92	TOTAL DE RELLENO		66.30	M3			
CIMBRA										
DADO	26.22					26.22	M2			
ANCLAJE DE TRAMO 9 PARA TORRE M4						1	PZ			

5.6.3. Análisis de Factor de Salario Real

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	1

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Clave:	AYUDANTE GRAL	Salario Base:	120
Descripción:	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	Unidad:	jor

Descripción	Unidad	Valor
DATOS BASICOS		
Salario Mínimo General (Distrito Federal) CNSM	\$	46.8000
Salario Nominal (SN)	\$	120.0000
DATOS PARA CÁLCULO DE PERCEPCION ANUAL		
Días de vacaciones para calcular prima vacacional	días	6.0000
Prima vacacional	%	25.0000
DÍAS REALMENTE PAGADOS (TP)		
Días Calendario (DC)	días	365.0000
Días Aguinaldo	días	15.0000
Prima vacacional	días	1.5000
SUMA (TP)	días	381.5000
DÍAS NO LABORABLES ANUALES		
Días de Descanso (Ley Federal del Trabajo)	días	52.0000
Festivos oficiales (Ley Federal del Trabajo)	días	7.0000
Días no laborables según contrato colectivo	días	0.0000
Vacaciones	días	6.0000
Enfermedad no profesional (3) * (0.15)	días	0.4500
Condiciones Climat. (Lluvias y otros) Contr. Colec	días	1.0000
SUMA (DNLA)	días	66.4500
CÁLCULO DE DÍAS REALMENTE LABORADOS (TL)		
Días realmente laborados (TL = DC - DNLA)	días	298.5500
FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION.		
(FSBC = DPA/DPCAL)		1.0452
SALARIO BASE DE COTIZACION		
Salario Base de Cotización (SB = FSBC * SN)		125.4300
DATOS PARA CÁLCULO DE CUOTA IMSS		
Prestaciones en dinero	%	0.7000
Gastos medicos Pensionados	%	1.0500
Invalidez y vida	%	1.7500
Guarderías	%	1.0000
Retiro	%	2.0000
Cesantía en edad avanzada y vejez	%	3.1500
Riesgos de trabajo	%	7.5889
Enfermedad y maternidad. Cuota fija	\$	8.6300
Enfermedad y maternidad. Excedente de 3 S.M.D.F.	\$	0.0000
Enfermedad y maternidad. Prestaciones en dinero	\$	0.8800
Enfermedad y maternidad gastos médicos pensionados	\$	1.3200
Invalidez y vida	\$	2.2000

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	2

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Guarderías	\$	1.2500
Retiro	\$	2.5100
Cesantía en edad avanzada y vejez	\$	3.9500
Riesgos de trabajo	\$	9.5200
Importe cuota patronal del IMSS	\$	30.2600
Otros impuestos		
Impuesto INFONAVIT	%	5.0000
Impuesto Nómina	%	2.0000
Otros impuestos	%	0.0000
Cuotas por otros impuestos		
INFONAVIT	\$	6.2700
Impuesto sobre Nómina	\$	2.5100
Otros impuestos	\$	0.0000
Importe de obligaciones patronales (IOP)	\$	39.0400
FRACCION DECIMAL OBLIGACIONES PATRONALES (PS)		
PS = (IOP/SND)		0.3253
CALCULO DE TP/TL		
TP/TL =		1.2778
FACTOR DE SALARIO REAL		
FSR = PS (TP/TL) + TP/TL		1.6936

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	11

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Clave: CABO DE OFICIOS

Salario Base: 270

Descripción: CABO DE OFICIOS

Unidad: jor

Descripción	Unidad	Valor
DATOS BASICOS		
Salario Mínimo General (Distrito Federal) CNSM	\$	46.8000
Salario Nominal (SN)	\$	270.0000
DATOS PARA CÁLCULO DE PERCEPCION ANUAL		
Días de vacaciones para calcular prima vacacional	días	6.0000
Prima vacacional	%	25.0000
DIAS REALMENTE PAGADOS (TP)		
Días Calendario (DC)	días	365.0000
Días Aguinaldo	días	15.0000
Prima vacacional	días	1.5000
SUMA (TP)	días	381.5000
DÍAS NO LABORABLES ANUALES		
Días de Descanso (Ley Federal del Trabajo)	días	52.0000
Festivos oficiales (Ley Federal del Trabajo)	días	7.0000
Días no laborables según contrato colectivo	días	0.0000
Vacaciones	días	6.0000
Enfermedad no profesional (3) * (0.15)	días	0.4500
Condiciones Climat. (Lluvias y otros) Contr. Colect	días	1.0000
SUMA (DNLA)	días	66.4500
CÁLCULO DE DÍAS REALMENTE LABORADOS (TL)		
Días realmente laborados (TL = DC - DNLA)	días	298.5500
FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION.		
(FSBC = DPA/DPCAL)		1.0452
SALARIO BASE DE COTIZACION		
Salario Base de Cotización (SB = FSBC * SN)		282.2100
DATOS PARA CÁLCULO DE CUOTA IMSS		
Prestaciones en dinero	%	0.7000
Gastos médicos. Pensionados	%	1.0500
Invalidez y vida	%	1.7500
Guarderías	%	1.0000
Retiro	%	2.0000
Cesantía en edad avanzada y vejez	%	3.1500
Riesgos de trabajo	%	7.5889
Enfermedad y maternidad. Cuota fija	\$	8.6300
Enfermedad y maternidad. Excedente de 3 S.M.D.F.	\$	3.6400
Enfermedad y maternidad. Prestaciones en dinero	\$	1.9800
Enfermedad y maternidad gastos médicos pensionados	\$	2.9600
Invalidez y vida	\$	4.9400

Concurstante:	Firma Representante Legal
---------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	12

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Guarderías	\$	2.8200
Retiro	\$	5.6400
Cesantía en edad avanzada y vejez	\$	8.8900
Riesgos de trabajo	\$	21.4200
Importe cuota patronal del IMSS	\$	60.9200
Otros impuestos		
Impuesto INFONAVIT	%	5.0000
Impuesto Nómina	%	2.0000
Otros impuestos	%	0.0000
Cuotas por otros impuestos		
INFONAVIT	\$	14.1100
Impuesto sobre Nómina	\$	5.6400
Otros impuestos	\$	0.0000
Importe de obligaciones patronales (IOP)	\$	80.6700
FRACCION DECIMAL OBLIGACIONES PATRONALES (PS)		
PS = (IOP/SND)		0.2988
CALCULO DE TP/TL		
TP/TL =		1.2778
FACTOR DE SALARIO REAL		
FSR = PS (TP/TL) + TP/TL		1.6596

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	17

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Clave: OF. ALBAÑIL
Descripción: OFICIAL ALBAÑIL

Salario Base: 270
Unidad: jor

Descripción	Unidad	Valor
DATOS BASICOS		
Salario Mínimo General (Distrito Federal) CNSM	\$	46.8000
Salario Nominal (SN)	\$	270.0000
DATOS PARA CÁLCULO DE PERCEPCION ANUAL		
Días de vacaciones para calcular prima vacacional	días	6.0000
Prima vacacional	%	25.0000
DIAS REALMENTE PAGADOS (TP)		
Días Calendario (DC)	días	365.0000
Días Aguinaldo	días	15.0000
Prima vacacional	días	1.5000
SUMA (TP)	días	381.5000
DÍAS NO LABORABLES ANUALES		
Días de Descanso (Ley Federal del Trabajo)	días	52.0000
Festivos oficiales (Ley Federal del Trabajo)	días	7.0000
Días no laborables según contrato colectivo	días	0.0000
Vacaciones	días	6.0000
Enfermedad no profesional (3) * (0.15)	días	0.4500
Condiciones Climat. (Lluvias y otros) Contr. Cotec	días	1.0000
SUMA (DNLA)	días	66.4500
CÁLCULO DE DÍAS REALMENTE LABORADOS (TL)		
Días realmente laborados (TL = DC - DNLA)	días	298.5500
FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION.		
(FSBC = DPA/DPCAL)		1.0452
SALARIO BASE DE COTIZACION		
Salario Base de Cotización (SB = FSBC * SN)		282.2100
DATOS PARA CÁLCULO DE CUOTA IMSS		
Prestaciones en dinero	%	0.7000
Gastos médicos. Pensionados	%	1.0500
Invalidez y vida	%	1.7500
Guarderías	%	1.0000
Retiro	%	2.0000
Cesantía en edad avanzada y vejez	%	3.1500
Riesgos de trabajo	%	7.5089
Enfermedad y maternidad. Cuota fija	\$	8.6300
Enfermedad y maternidad. Excedente de 3 S.M.D.F.	\$	3.6400
Enfermedad y maternidad. Prestaciones en dinero	\$	1.9800
Enfermedad y maternidad gastos médicos pensionados	\$	2.9600
Invalidez y vida	\$	4.9400

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	18

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Guarderías	\$	2.8200
Retiro	\$	5.6400
Cesantía en edad avanzada y vejez	\$	8.8900
Riesgos de trabajo	\$	21.4200
Importe cuota patronal del IMSS	\$	60.9200
Otros impuestos		
Impuesto INFONAVIT	%	5.0000
Impuesto Nómina	%	2.0000
Otros impuestos	%	0.0000
Cuotas por otros impuestos		
INFONAVIT	\$	14.1100
Impuesto sobre Nómina	\$	5.6400
Otros impuestos	\$	0.0000
Importe de obligaciones patronales (IOP)	\$	80.6700
FRACCION DECIMAL OBLIGACIONES PATRONALES (PS)		
PS = (IOP/SND)		0.2988
CALCULO DE TP/TL		
TP/TL =		1.2778
FACTOR DE SALARIO REAL		
FSR = PS (TP/TL) + TP/TL		1.6596

Concursante:	Firma Representante Legal
--------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	19

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Clave: OF. FERRERO
Descripción: OFICIAL FERRERO

Salario Base: 270
Unidad: por

Descripción	Unidad	Valor
DATOS BASICOS		
Salario Mínimo General (Distrito Federal) CNSM	\$	46.8000
Salario Nominal (SN)	\$	270.0000
DATOS PARA CÁLCULO DE PERCEPCION ANUAL		
Días de vacaciones para calcular prima vacacional	días	6.0000
Prima vacacional	%	25.0000
DIAS REALMENTE PAGADOS (TP)		
Días Calendario (DC)	días	365.0000
Días Aguinaldo	días	15.0000
Prima vacacional	días	1.5000
SUMA (TP)	días	381.5000
DÍAS NO LABORABLES ANUALES		
Días de Descanso (Ley Federal del Trabajo)	días	52.0000
Festivos oficiales (Ley Federal del Trabajo)	días	7.0000
Días no laborables según contrato colectivo	días	0.0000
Vacaciones	días	6.0000
Enfermedad no profesional (3) * (0.15)	días	0.4500
Condiciones Climal. (Lluvias y otros) Contr. Colec	días	1.0000
SUMA (DNLA)	días	66.4500
CÁLCULO DE DÍAS REALMENTE LABORADOS (TL)		
Días realmente laborados (TL = DC - DNLA)	días	298.5500
FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION.		
(FSBC = DPA/DPCAL)		1.0452
SALARIO BASE DE COTIZACION		
Salario Base de Cotización (SB = FSBC * SN)		282.2100
DATOS PARA CÁLCULO DE CUOTA IMSS		
Prestaciones en dinero	%	0.7000
Gastos medicos. Pensionados	%	1.0500
Invalidez y vida	%	1.7500
Guarderías	%	1.0000
Retiro	%	2.0000
Cesantía en edad avanzada y vejez	%	3.1500
Riesgos de trabajo	%	7.5889
Enfermedad y maternidad. Cuota fija	\$	8.6300
Enfermedad y maternidad. Excedente de 3 S.M.D.F.	\$	3.6400
Enfermedad y maternidad. Prestaciones en dinero	\$	1.9800
Enfermedad y maternidad gastos médicos pensionados	\$	2.9600
Invalidez y vida	\$	4.9400

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	20

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

Guarderías	\$	2.8200
Retiro	\$	5.6400
Cesantía en edad avanzada y vejez	\$	8.8900
Riesgos de Trabajo	\$	21.4200
Importe cuota patronal del IMSS	\$	60.9200
Otros impuestos		
Impuesto INFONAVIT	%	5.0000
Impuesto Nómina	%	2.0000
Otros impuestos	%	0.0000
Cuotas por otros impuestos		
INFONAVIT	\$	14.1100
Impuesto sobre Nómina	\$	5.6400
Otros impuestos	\$	0.0000
Importe de obligaciones patronales (IOP)	\$	80.6700
FRACCIÓN DECIMAL OBLIGACIONES PATRONALES (PS)		
PS = (IOP/SND)		0.2988
CALCULO DE TP/TL		
TP/TL =		1.2778
FACTOR DE SALARIO REAL		
FSR = PS (TP/TL) + TP/TL		1.6596

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS

Documento:
Concurso N°:
Fecha:
Hoja: 1

Obra: CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

DATOS BASICOS DE MANO DE OBRA

Tabulador de Salarios

Salario Mínimo D.F.

\$ 46,80

Clave	Descripción de Categorías	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
AUXILIAR TOPOGR	AUXILIAR TOPOGRAFO TRAZO Y NIVELACIÓN DE	\$ 180.00	\$ 3.85	\$ 189.14	\$ 14.28	\$ 8.63	\$ 1.23	\$ 1.98	\$ 1.32	\$ 3.29	\$ 5.93	\$ 1.88	\$ 3.76	\$ 3.76	\$ 9.41	\$ 55.47	0.30817	1.27784	1.67163	\$ 300.89
AY. FIERRERO	AYUDANTE FIERREERO	\$ 120.00	\$ 2.66	\$ 125.43	\$ 9.52	\$ 8.63	\$ 0.00	\$ 1.32	\$ 0.88	\$ 2.20	\$ 3.95	\$ 1.25	\$ 2.51	\$ 2.51	\$ 6.27	\$ 39.04	0.32533	1.27784	1.69356	\$ 203.23
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	\$ 120.00	\$ 2.56	\$ 125.43	\$ 9.52	\$ 8.63	\$ 0.00	\$ 1.32	\$ 0.88	\$ 2.20	\$ 3.95	\$ 1.25	\$ 2.51	\$ 2.51	\$ 6.27	\$ 39.04	0.32533	1.27784	1.69356	\$ 203.23
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	\$ 270.00	\$ 5.77	\$ 282.21	\$ 21.42	\$ 8.63	\$ 3.64	\$ 2.96	\$ 1.98	\$ 4.94	\$ 8.89	\$ 2.82	\$ 5.64	\$ 5.64	\$ 14.11	\$ 80.67	0.29878	1.27784	1.65963	\$ 448.10
CADENERO *A*	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVEL	\$ 120.00	\$ 2.56	\$ 125.43	\$ 9.52	\$ 8.63	\$ 0.00	\$ 1.32	\$ 0.88	\$ 2.20	\$ 3.95	\$ 1.25	\$ 2.51	\$ 2.51	\$ 6.27	\$ 39.04	0.32533	1.27784	1.69356	\$ 203.23
CHOFER P/CAMION	CHOFER PARA CAMIÓN DE VÓLTEO O CAMIONET	\$ 150.00	\$ 3.21	\$ 156.78	\$ 11.90	\$ 8.63	\$ 0.42	\$ 1.65	\$ 1.10	\$ 2.74	\$ 4.94	\$ 1.57	\$ 3.14	\$ 3.14	\$ 7.84	\$ 47.07	0.31380	1.27784	1.67983	\$ 251.82
ESTADALERO *A*	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVEL	\$ 120.00	\$ 2.56	\$ 125.43	\$ 9.52	\$ 8.63	\$ 0.00	\$ 1.32	\$ 0.88	\$ 2.20	\$ 3.95	\$ 1.25	\$ 2.51	\$ 2.51	\$ 6.27	\$ 39.04	0.32533	1.27784	1.69356	\$ 203.23
OF. ALBAÑIL	OFICIAL ALBAÑIL	\$ 270.00	\$ 5.77	\$ 282.21	\$ 21.42	\$ 8.63	\$ 3.64	\$ 2.96	\$ 1.98	\$ 4.94	\$ 8.89	\$ 2.82	\$ 5.64	\$ 5.64	\$ 14.11	\$ 80.67	0.29878	1.27784	1.65963	\$ 448.10
OF. CARPINTERO	OFICIAL CARPINTERO	\$ 270.00	\$ 5.77	\$ 282.21	\$ 21.42	\$ 8.63	\$ 3.64	\$ 2.96	\$ 1.98	\$ 4.94	\$ 8.89	\$ 2.82	\$ 5.64	\$ 5.64	\$ 14.11	\$ 80.67	0.29878	1.27784	1.65963	\$ 448.10
OF. FIERRERO	OFICIAL FIERRERO	\$ 270.00	\$ 5.77	\$ 282.21	\$ 21.42	\$ 8.63	\$ 3.64	\$ 2.96	\$ 1.98	\$ 4.94	\$ 8.89	\$ 2.82	\$ 5.64	\$ 5.64	\$ 14.11	\$ 80.67	0.29878	1.27784	1.65963	\$ 448.10
OP. MAQ. PESADA	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	\$ 258.00	\$ 5.51	\$ 269.66	\$ 20.46	\$ 8.63	\$ 3.32	\$ 2.83	\$ 1.89	\$ 4.72	\$ 8.48	\$ 2.70	\$ 5.39	\$ 5.39	\$ 13.48	\$ 77.30	0.29861	1.27784	1.66068	\$ 428.46
TOPOGRAFO *A*	TOPOGRAFO PARA TRAZO Y NIVELACIÓN DE DRS	\$ 215.96	\$ 4.61	\$ 225.72	\$ 17.13	\$ 8.63	\$ 2.19	\$ 2.37	\$ 1.58	\$ 3.95	\$ 7.11	\$ 2.26	\$ 4.51	\$ 4.51	\$ 11.29	\$ 65.53	0.30344	1.27784	1.66559	\$ 359.70

A = Salario Base	E = Cargos por Seguro de Enfermedad y Maternidad CUOTA FIJA Art.	I = Cargos por Seguro de Invalidez y Vida	M = Cargos por Impuesto de Nómina	Q = To/TI
B = Factor de Categoría	F = Cargos por Seguro de Enfermedad y Maternidad Mayor a 3 Veces Sal. Mín. Vigente en D.F.	J = Cargos por Seguro de Cesantía y Vejez	N = Cargos por Infonavit	R = Factor de Salario Real Fr=Ps*Tp/TI+Tp/TI
C = Salario Base de Cotización	G = Prestaciones en especie pensionados	K = Cargos por Seguro de Guarderías y Prestaciones Sociales	O = Suma de Prestaciones	S = Salario Real
D = Cargo por Seguro de Riesgos de Trabajo	H = Prestaciones en dinero	L = Cargos por seguro de ahorro para el retiro	P = Ps= Suma de prestaciones/ Salario Base	

Concurante:

Firma Representante Legal

TESIS	Documento: Concurso N°: Fecha: Hoja: 1
--------------	---

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

DATOS BÁSICOS DE MANO DE OBRA

Tabulador de Salarios

Clave	Categoría	Sal. Base	F.S.R.	Sal. Real
AUXILIAR TOPOGRAFO	AUXILIAR TOPOGRAFO TRAZO Y NIVELACIÓN DE DRENAJES	\$ 180.00	1.67163	\$ 300.89
AY. FIERRERO	AYUDANTE FIERREERO	\$ 120.00	1.69356	\$ 203.23
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	\$ 120.00	1.69356	\$ 203.23
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	\$ 270.00	1.65963	\$ 448.10
CADENERO "A"	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACION	\$ 120.00	1.69356	\$ 203.23
CHOFER P/CAMION	CHOFER PARA CAMIÓN DE VOLTEO O CAMIONETA PICK UP	\$ 150.00	1.67883	\$ 251.82
ESTADALERO "A"	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACION	\$ 120.00	1.69356	\$ 203.23
OF. ALBAÑIL	OFICIAL ALBAÑIL	\$ 270.00	1.65963	\$ 448.10
OF. CARPINTERO	OFICIAL CARPINTERO	\$ 270.00	1.65963	\$ 448.10
OF. FIERRERO	OFICIAL FIERRERO	\$ 270.00	1.65963	\$ 448.10
OP. MAQ. PESADA	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	\$ 258.00	1.66069	\$ 428.46
TOPOGRAFO "A"	TOPOGRAFO PARA TRAZO Y NIVELACIÓN DE DRENAJES	\$ 215.96	1.66559	\$ 359.70

Concursante:	Firma Representante Legal
--------------	---------------------------

5.6.4. Análisis Costo Horario

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	1

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave BOMBA 3"
Descripción PARA ACHIQUE

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 20,000.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Gasolina	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	20.00 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	0.1340	
Vm = VALOR NETO	\$ 20,000.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.1340	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 2,000.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 6.30 /LITRO	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	2.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.4000	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0075	
Ve = VIDA ECONÓMICA	1,800.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	1,800.00 HORAS			
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	0.35912 LITROS/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FlxFoxPnom	0.02010 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Co/Tc	0.01003 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(20,000.00-2,000.00)/1,800.00	\$ 10.00	\$ 8.00	\$ 0.00
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(20,000.00+2,000.00)/(2*1,800.00)	\$ 0.37	\$ 0.37	\$ 0.37
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(20,000.00+2,000.00)/(2*1,800.00)	\$ 0.31	\$ 0.31	\$ 0.31
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.40*10.00	\$ 4.00	\$ 4.00	\$ 3.20
	Cargos Fijos	\$ 14.68	\$ 12.68	\$ 11.88
CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	0.3591*6.30	\$ 2.26	\$ 0.68	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.0301*15.00	\$ 0.45	\$ 0.14	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 2.71	\$ 0.81	\$ 0.00
CARGOS POR OPERACION				
AYUDANTE GENERAL PARA	Po = So/Ht = 203.23/8.00	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	SUMA	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	Costo Directo por Hora	\$ 42.79	\$ 38.90	\$ 37.28
CUARENTA Y DOS PESOS 79/100 M.N.				

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	2

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave **CAMION VOLTEO**
Descripción **CON**

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 450,990.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 15,000.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	210.00 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000	
Vm = VALOR NETO	\$ 435,990.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.0940	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 43,599.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 5.80 /LITRO	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	19.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.7000	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0095	
Ve = VIDA ECONOMICA	10,000.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	4,000.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	2,000.00 HORAS			
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	19.74000 LITROS/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FbxFoxPnom	1.99500 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Ce/Tc	0.09500 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(435,990.00-43,599.00)/10,000.00	\$ 39.24	\$ 31.39	\$ 31.39
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(435,990.00+43,599.00)/(2*2,000.00)	\$ 7.29	\$ 7.29	\$ 7.29
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(435,990.00+43,599.00)/(2*2,000.00)	\$ 5.99	\$ 5.99	\$ 5.99
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.70*39.24	\$ 27.47	\$ 27.47	\$ 21.98
	Cargos Fijos	\$ 79.99	\$ 72.14	\$ 66.65
CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	19.7400*5.80	\$ 114.49	\$ 34.35	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	2.0900*15.00	\$ 31.35	\$ 9.41	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	15000.00/4000.0000	\$ 3.75	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 149.59	\$ 43.75	\$ 0.00
CARGOS POR OPERACION				
CHOFER PARA CAMIÓN DE VÓLTEO	Po = So/Ht = 251.82/8.00	\$ 31.48	\$ 31.48	\$ 31.48
	SUMA	\$ 31.48	\$ 31.48	\$ 31.48
	Costo Directo por Hora	\$ 261.06	\$ 147.38	\$ 98.13
DOSCIENTOS SESENTA Y UN PESOS 6/100 M.N.				

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	3

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave CARGADOR C/RETRO
Descripción RETROEXCAVA
416D, MOTOR:

DATOS GENERALES			
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 698.500.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 21.288.96	Pnom = POTENCIA NOMINAL	77.00 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 677.211.04	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.1340
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 67.721.10	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 5.80 /LITRO
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	19.00 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.8000	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0095
Ve = VIDA ECONÓMICA	10.000.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	2.000.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	2.000.00 HORAS		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	10.31800 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FbFoxPnom	0.73150 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cd/Tc	0.09500 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(677,211.04-67,721.10)/10,000.00	\$ 60.95	\$ 48.76	\$ 48.76
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(677,211.04+67,721.10)/(2*2,000.00)	\$ 11.32	\$ 11.32	\$ 11.32
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(677,211.04+67,721.10)/(2*2,000.00)	\$ 9.31	\$ 9.31	\$ 9.31
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.80*60.95	\$ 48.76	\$ 48.76	\$ 39.01
	Cargos Fijos	\$ 130.34	\$ 118.15	\$ 108.40

CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	10.3180*5.80	\$ 59.84	\$ 17.95	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.8265*15.00	\$ 12.40	\$ 3.72	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	21288.96/2000.0000	\$ 10.64	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 82.88	\$ 21.67	\$ 0.00

CARGOS POR OPERACION				
OPERADOR DE MAQUINARIA	Po = So/Ht = 428.46/8.00	\$ 53.56	\$ 53.56	\$ 53.56
	SUMA	\$ 53.56	\$ 53.56	\$ 53.56
	Costo Directo por Hora	\$ 266.78	\$ 193.38	\$ 161.96
DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 78/100 M.N.				

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	4

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave COMPACTADOR MANUAL
Descripción COMPACTADOR
WCKER,

DATOS GENERALES			
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 25.850.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Gasolina
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	5.00 H.P.
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000
Vm = VALOR NETO	\$ 25.850.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.2010
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 2.585.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 6.30 /LITRO
i = TASA DE INTERÉS	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	3.50 LITROS
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.7500	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0075
Ve = VIDA ECONÓMICA	2.400.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO
Va = VIDA ECONÓM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	800.00 HORAS		
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	1.00500 LITROS/HORA
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FkFoxPnom	0.03750 LITROS/HORA
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cc/Tc	0.01750 LITROS/HORA

CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(25.850.00-2.585.00)/2.400.00	\$ 9.69	\$ 7.75	\$ 7.75
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(25.850.00+2.585.00)/ (2*800.00)	\$ 1.08	\$ 1.08	\$ 1.08
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(25.850.00+2.585.00)/ (2*800.00)	\$ 0.89	\$ 0.89	\$ 0.89
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.75*9.69	\$ 7.27	\$ 7.27	\$ 5.82
	Cargos Fijos	\$ 18.93	\$ 16.99	\$ 15.54

CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	1.0050*6.30	\$ 6.33	\$ 1.90	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.0550*15.00	\$ 0.83	\$ 0.25	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 7.16	\$ 2.15	\$ 0.00

CARGOS POR OPERACION				
AYUDANTE GENERAL PARA	Po = Sa/Ht = 203.23/8.00	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	SUMA	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	Costo Directo por Hora	\$ 51.49	\$ 44.54	\$ 40.94
CINCUENTA Y UN PESOS 49/100 M.N.				

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	5

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave EXCAVADORA
Descripción EXCAVADORA

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 2,200,527.90	TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	310.00 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000	
Vm = VALOR NETO	\$ 2,200,527.90	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.1340	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 440,105.58	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 5.80 /LITRO	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	24.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.6500	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0095	
Ve = VIDA ECONÓMICA	9,600.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONÓM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	1,200.00 HORAS			
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	41.54000 LITROS/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FxFoxPnom	2.94500 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cc/Tc	0.12000 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(2,200,527.90-440,105.58)/9,600.00	\$ 183.38	\$ 146.70	\$ 146.70
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(2,200,527.90+440,105.58)/ (2*1,200.00)	\$ 66.90	\$ 66.90	\$ 66.90
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(2,200,527.90+440,105.58)/ (2*1,200.00)	\$ 55.01	\$ 55.01	\$ 55.01
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.65* 183.38	\$ 119.20	\$ 119.20	\$ 95.36
	Cargos Fijos	\$ 424.49	\$ 387.81	\$ 363.97
CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	41.5400*5.80	\$ 240.93	\$ 72.28	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	3.0650*15.00	\$ 45.98	\$ 13.79	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 286.91	\$ 86.07	\$ 0.00
CARGOS POR OPERACION				
OPERADOR DE MAQUINARIA	Po = S _o /Ht = 428.46/8.00	\$ 53.56	\$ 53.56	\$ 53.56
AYUDANTE GENERAL PARA	Po = S _o /Ht = 203.23/8.00	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	SUMA	\$ 78.96	\$ 78.96	\$ 78.96
	Costo Directo por Hora	\$ 790.36	\$ 552.84	\$ 442.93
SETECIENTOS NOVENTA PESOS 36/100 M.N.				

Concurstante:	Firma Representante Legal
---------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	6

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave NIVEL
Descripción NIVEL PARA

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 12,500.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Sin Motor	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	0.00 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	0.0000	
Vm = VALOR NETO	\$ 12,500.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.0000	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 2,500.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 0.00 /LITRO	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	0.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.4000	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0000	
Ve = VIDA ECONÓMICA	5,000.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONÓM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	1,000.00 HORAS			
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoxPnom	0.00000 LITROS/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FlxFoxPnom	0.00000 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cc/Tc	0.00000 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(12,500.00-2,500.00)/5,000.00	\$ 2.00	\$ 1.60	\$ 1.60
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(12,500.00+2,500.00)/(2*1,000.00)	\$ 0.46	\$ 0.46	\$ 0.46
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(12,500.00+2,500.00)/(2*1,000.00)	\$ 0.38	\$ 0.38	\$ 0.38
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.40*2.00	\$ 0.80	\$ 0.80	\$ 0.64
	Cargos Fijos	\$ 3.64	\$ 3.24	\$ 3.08
CARGOS POR CONSUMOS				
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	0.0000*0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.0000*0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 3.64	\$ 3.24	\$ 3.08
	TRES PESOS 64/100 M.N.			

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	7

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave SOLDADORA
Descripción PLANTA DE

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 12,500.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Electrico	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	35.00 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000	
Vm = VALOR NETO	\$ 12,500.00	FHPKW = FACTOR DE CONVERSION HP->KW	0.7460	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 1,250.00	Pc = PRECIO DE LA ENERGIA	\$ 1.41 /KW	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	0.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	0.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.8500	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0000	
Ve = VIDA ECONOMICA	6,400.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 0.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	1,600.00 HORAS	Ma = MESES POR AÑO	0.00	
		Gh=CANTIDAD DE ENERGIA = FomPnomx FHPKW	26.11000 KW/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FmxFomPnom	0.00000 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cc/Tc	0.00000 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(12,500.00-1,250.00)/6,400.00	\$ 1.76	\$ 1.41	\$ 1.41
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(12,500.00+1,250.00)/(2*1,600.00)	\$ 0.26	\$ 0.26	\$ 0.26
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(12,500.00+1,250.00)/(2*1,600.00)	\$ 0.21	\$ 0.21	\$ 0.21
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.85*1.76	\$ 1.50	\$ 1.50	\$ 1.20
	Cargos Fijos	\$ 3.73	\$ 3.38	\$ 3.08
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
ENERGIA (Co) = Gh*Pc	17.0000*1.41	\$ 23.97	\$ 7.19	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.0000*0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
CAPACIDAD INSTALADA (Ci) = (Fo*Pnom*FHPKW)/(Ha/Ma)*Pci	(1.0000*35.0000*0.7460)/(1600.00/0.00)*0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 23.97	\$ 7.19	\$ 0.00
	Costo Directo por Hora	\$ 27.70	\$ 10.57	\$ 3.08
	VEINTISIETE PESOS 70/100 M.N.			

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso No.	
	Fecha:	
	Hoja:	9

OBRA:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DIRECTO DE MAQUINARIA

Clave VIBRADOR P/CONCRETO
Descripción VIBRADOR
GASOLINA DE

DATOS GENERALES				
Vad = VALOR DE ADQUISICIÓN	\$ 6,750.00	TIPO DE COMBUSTIBLE	Gasolina	
Pn = VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 0.00	Pnom = POTENCIA NOMINAL	5.50 H.P.	
Pa = VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ 0.00	Fo = FACTOR DE OPERACION	1.0000	
Vm = VALOR NETO	\$ 6,750.00	Cco = COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0.1340	
Vr = VALOR DE RESCATE	\$ 675.00	Pc = PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 6.30 /LITRO	
i = TASA DE INTERES	6.08 /AÑO	Cc = CAPACIDAD DEL CARTER	2.00 LITROS	
s = PRIMA DE SEGUROS	5.00 /AÑO	Tc = TIEMPO DE CAMBIO DE ACEITE	200.00 HORAS	
Ko = FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.6000	Fl = FACTOR DE LUBRICANTE	0.0075	
Ve = VIDA ECONÓMICA	3,600.00 HORAS	Pa = PRECIO DEL ACEITE	\$ 15.00 /LITRO	
Va = VIDA ECONOM. PIEZAS ESPECIALES	0.00 HORAS	Vn = VIDA ECONÓM. DE LAS LLANTAS	0.00 HORAS	
Hea = TIEMPO TRABAJADO POR AÑO	1,200.00 HORAS			
		Gh=CANTIDAD DE COMBUSTIBLE = CcoxFoXPnom	0.73700 LITROS/HORA	
		Ah=CANTIDAD DE LUBRICANTE = FlxFoxPnom	0.04125 LITROS/HORA	
		Ga=CONSUMO ENTRE CAMBIOS DE LUBRICANTE = Cc/Tc	0.01000 LITROS/HORA	
CONCEPTO	OPERACIONES	ACTIVO	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTOS FIJOS				
DEPRECIACIÓN (D) = (Vm-Vr)/Ve	(6,750.00-675.00)/3,600.00	\$ 1.69	\$ 1.35	\$ 1.35
INVERSIÓN (Im) = i(Vm+Vr)/2Hea	0.06(6,750.00+675.00)/ (2*1,200.00)	\$ 0.19	\$ 0.19	\$ 0.19
SEGUROS (Sm) = s(Va+Vr)/2Hea	0.05(6,750.00+675.00)/ (2*1,200.00)	\$ 0.15	\$ 0.15	\$ 0.15
MANTENIMIENTO (Mn) = Ko * D	0.60*1.69	\$ 1.01	\$ 1.01	\$ 0.81
	Cargos Fijos	\$ 3.04	\$ 2.70	\$ 2.50
PIEZAS ESPECIALES (Ae) = Pa/Va	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
COMBUSTIBLE (Co) = Gh*Pc	0.7370*6.30	\$ 4.64	\$ 1.39	\$ 0.00
LUBRICANTES (Lb) = (Ah+Ga)Pa	0.0513*15.00	\$ 0.77	\$ 0.23	\$ 0.00
LLANTAS (N) = Pn/Vn	0.00/0.0000	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
	SUMA	\$ 5.41	\$ 1.62	\$ 0.00
CARGOS POR OPERACION				
AYUDANTE GENERAL PARA	PO = So/Ht = 203.23/8.00	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	SUMA	\$ 25.40	\$ 25.40	\$ 25.40
	Costo Directo por Hora	\$ 33.85	\$ 29.72	\$ 27.90
	TREINTA Y TRES PESOS 85/100 M.N.			

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

5.6.5. Análisis de Precios Unitarios

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	01

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A01	Trazo y nivelación para desplante de estructuras, estableciendo referencias definitivas con tránsito y nivel. Incluye personal técnico calificado, estacas, pintura, clavos, mojoneras, localización entre ejes, bancos de nivel, material para señalamiento, equipo, herramienta y mano de obra.	M2
-----	---	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales					
CAL	CAL	kg	0.10000	\$ 1.00	\$ 0.10
ESMALTE	ESMALTE	litro	0.00527	\$ 100.00	\$ 0.53
CLAVO	CLAVO	kg	0.00240	\$ 12.00	\$ 0.03
MADERA PINO 2DA.	MADERA DE PINO DE SEGUNDA	pt	0.01200	\$ 10.00	\$ 0.12
Suma de Materiales					\$ 0.78

Mano de Obra					
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.00133	\$ 203.23	\$ 0.27
AUXILIAR TOPOGRAFO	AUXILIAR TOPOGRAFO TRAZO Y NIVELACIÓN	jor	0.00133	\$ 300.89	\$ 0.40
TOPOGRAFO "A"	TOPOGRAFO PARA TRAZO Y NIVELACIÓN	jor	0.00133	\$ 359.70	\$ 0.48
CADENERO "A"	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACIÓN	jor	0.00133	\$ 203.23	\$ 0.27
ESTADALERO "A"	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACIÓN	jor	0.00133	\$ 203.23	\$ 0.27
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	jor	0.00133	\$ 448.10	\$ 0.60
Suma de Mano de Obra					\$ 2.29

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 2.29	\$ 0.07
Suma de Herramienta					\$ 0.07

Equipo					
NIVEL	NIVEL PARA MEDICION, MCA: SETL, MOD. DS2010	hora	0.01600	\$ 3.64	\$ 0.06
TRANSITO	TRANSITO PARA MEDICION, MCA. ROSSBACH, MOD: 490-R, SER: 22498	hora	0.01600	\$ 4.13	\$ 0.07
Suma de Equipo					\$ 0.13

	Costo Directo		\$ 3.27
	Indirectos	% 16.00	\$ 0.52
	Subtotal		\$ 3.79
	Financiamiento	% 0.01	\$ 0.00
	Subtotal		\$ 3.79
	Utilidad	% 9.00	\$ 0.34
PRECIO UNITARIO			\$ 4.13

CUATRO PESOS 13/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	02

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A02	Excavación en terrenos tipo I y II de cualquier textura y configuración por medios manuales o mecánicos, en desmonte ,zanjas ,pozos, etc. del terreno incluye: carga, acarreo, retiro y descarga del material al tiradero autorizado mas próximo ,afine de taludes y fondo materiales ,herramienta, equipo, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3
-----	---	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Mano de Obra					
AYUDANTE ORAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.02778	\$ 203.23	\$ 5.65
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	jor	0.00278	\$ 448.10	\$ 1.25
Suma de Mano de Obra					\$ 6.90

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 6.90	\$ 0.21
Suma de Herramienta					\$ 0.21

EQUIPO					
EXCAVADORA	EXCAVADORA MARCA: CATERPILLAR, MOD: 235, SER: 32K04124	hora	0.08333	\$ 790.36	\$ 65.86
CAMION VOLTEO	CON CAPACIDAD 7M ³ , PARA ACARREOS.	hora	0.02778	\$ 261.06	\$ 7.25
BOMBA 3"	PARA ACHIQUE DE COMBUSTION A GASOLINA, MARCA: WACKER.	hora	0.07143	\$ 42.79	\$ 3.06
Suma de Equipo					\$ 76.17

Costo Directo			\$ 83.28
Indirectos			\$ 13.32
Subtotal			\$ 96.60
Financiamiento			\$ 0.01
Subtotal			\$ 96.61
Utilidad			\$ 8.69
PRECIO UNITARIO			\$ 105.30

CIENTO CINCO PESOS 30/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	03

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A03	Relleno y compactación con material producto de excavación banco en capas de 20 cms. esp. hasta obtener un proctor de 85% incluye: material, mano de obra, herramienta, equipo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3
-----	--	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales					
A03	AGUA PARA COMPACTACIONES MEZCLAS Y TRABAJOS DIVERSOS	m3	0.20000	\$ 55.00	\$ 11.00
Suma de Materiales					\$ 11.00

Mano de Obra					
A03	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.06667	\$ 203.23	\$ 13.55
A03	CABO DE OFICIOS	jor	0.06667	\$ 448.10	\$ 29.87
Suma de Mano de Obra					\$ 43.42

HERRAMIENTA					
A03	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 43.42	\$ 1.30
Suma de Herramienta					\$ 1.30

EQUIPO					
A03	COMPACTADOR MANUAL DE COMBUSTION TIPO PATA DE ELEFANTE MOD BS600, MARCA: WCKER, MORTOR, GASOLINA.	hora	0.07143	\$ 51.49	\$ 3.68
A03	RETROEXCAVADORA CON CARGADOR, MARCA: CATERPILLAR, SER: BFP06407, MODELO: 416D, MOTOR: DIESEL.	hora	0.02500	\$ 266.78	\$ 6.67
Suma de Equipo					\$ 10.35

Costo Directo					\$ 66.07
Indirectos				% 16.00	\$ 10.57
Subtotal					\$ 76.64
Financiamiento				% 0.01	\$ 0.01
Subtotal					\$ 76.65
Utilidad				% 9.00	\$ 6.90
PRECIO UNITARIO					\$ 83.55

OCHENTA Y TRES PESOS 55/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	04

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A04	Suministro y colocación de plantilla de concreto pobre de f'c=100 kg/cm ² de 5cm de espesor para recibir la parrilla del lecho bajo de armado de cimentación.	M3
-----	--	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales

CONCRETO FC 100 RNB	CONCRETO PREMEZCLADO DE FC=100 RESISTENCIA NORMAL, BOMBEABLE. (INCLUYE BOMBA)	m3	1.05000	\$ 1,488.30	\$ 1,562.71
AGUA	AGUA PARA COMPACTACIONES MEZCLAS Y TRABAJOS DIVERSOS	m3	0.01050	\$ 55.00	\$ 0.58
Suma de Materiales					\$ 1,563.29

Mano de Obra

OF. ALBAÑIL	OFICIAL ALBAÑIL	jor	0.10000	\$ 448.10	\$ 44.81
AYUDANTE GRAL.	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.10000	\$ 203.23	\$ 20.32
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	jor	0.01000	\$ 448.10	\$ 4.48
Suma de Mano de Obra					\$ 69.61

HERRAMIENTA

HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)/mo	0.03000	\$ 69.61	\$ 2.09
Suma de Herramienta					\$ 2.09

EQUIPO

VIBRADOR P.CONCRETO	VIBRADOR PARA CONCRETO, MARCA: HONDA, MOD: GXL60, SERIE: 0618-800-055, MOTOR A GASOLINA DE 5.5 HP.	hora	0.20000	\$ 33.85	\$ 6.77
Suma de Equipo					\$ 6.77

Costo Directo		\$ 1,641.77
Indirectos	% 16.00	\$ 262.68
Subtotal		\$ 1,904.45
Financiamiento	% 0.01	\$ 0.19
Subtotal		\$ 1,904.64
Utilidad	% 9.00	\$ 171.42
PRECIO UNITARIO		\$ 2,076.06

DOS MIL SETENTA Y SEIS PESOS 6/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	05

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A05	Suministro y habilitado de cimbra y descimbra aparente de triplay de madera de 1a calidad o cimbra metálica, completamente terminado. Incluye madera, chaflán, auxiliares, materiales, herramientas, equipo, acarreo, recortes, desperdicio, limpieza, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M2
-----	--	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Materiales					
TRIPLAY DE 5/8"	MADERA TERCIA DA DE 5/8". SE CONSIDERAN 2 USOS.	pieza	0.05940	\$ 238.00	\$ 14.14
MOÑOS	SEPARADORES PARA MUROS DE CONCRETO DE ENTRE 20 Y 40 cm DE ESPESOR.	pieza	1 33000	\$ 9.00	\$ 11.97
CURAS PARA MOÑOS	PARA SUJETAR LA CIMBRA MEDIANTE EL USO DE MOÑOS, SE CONSIDERA SU UTILITARIEDAD DE 20 USOS.	pieza	0.13330	\$ 15.60	\$ 2.08
CLAVO	CLAVO	kg	0.20000	\$ 12.00	\$ 2.40
MADERA P/CIMBRA (G)	MADERA P/CIMBRA (G)	P.T.	6.00000	\$ 10.30	\$ 61.80
MA000217A	ANDAMIOS Y OBRA FALSA	día	28.00000	\$ 3.53	\$ 98.84
Suma de Materiales					\$ 191.23

Mano de Obra					
OF. CARPINTERO	OFICIAL CARPINTERO	jor	0.16000	\$ 448.10	\$ 71.70
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.16000	\$ 203.23	\$ 32.52
Suma de Mano de Obra					\$ 104.22

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 104.22	\$ 3.13
Suma de Herramienta					\$ 3.13

			Costo Directo		\$ 298.58
			Indirectos	% 16.00	\$ 47.77
			Subtotal		\$ 346.35
			Financiamiento	% 0.01	\$ 0.03
			Subtotal		\$ 346.38
			Utilidad	% 9.00	\$ 31.17
PRECIO UNITARIO					\$ 377.55

TRESCIENTOS SETENTA Y SIETE PESOS 55/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	06

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A06	Suministro y colocación de concreto f'c= 250 kg/cm ² premezclado, en cimentaciones, trabes, columnas y muros de contención. Tamaño máximo de agregados 20 mm., vaciado manual o con bomba, colado según Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones. Incluye aditivos, acelerantes, colado, vibrado, curado, ensayos de campo, ensayos de laboratorio, materiales, equipo, herramientas, acarreo, limpieza, desperdicios, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M3
-----	--	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales					
CONCRETO FC 250 ED	CONCRETO PREMEZCLADO DE FC=250 KG/CM ² BOMBEABLE, TIPO ESTRUCTURAL, T.M.A. 3/4",	m3	1.05000	\$ 2,201.10	\$ 2,311.16
IMPERMEABILIZANTE	IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	litro	0.87966	\$ 224.07	\$ 197.11
Suma de Materiales					\$ 2,508.27

Mano de Obra					
OF. ALBAÑIL	OFICIAL ALBAÑIL	jor	0.38000	\$ 448.10	\$ 170.28
AYUDANTE ORAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.38000	\$ 203.23	\$ 77.23
Suma de Mano de Obra					\$ 247.51

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 247.51	\$ 7.43
Suma de Herramienta					\$ 7.43

EQUIPO					
VIBRADOR PICONCRETO	VIBRADOR PARA CONCRETO. MARCA: HONDA, MOD: GXL60, SERIE: 0618-800-055. MOTOR A GASOLINA DE 5.5 HP.	hora	0.27500	\$ 33.85	\$ 9.31
Suma de Equipo					\$ 9.31

Costo Directo		\$ 2,772.52
Indirectos	% 16.00	\$ 443.60
Subtotal		\$ 3,216.12
Financiamiento	% 0.01	\$ 0.32
Subtotal		\$ 3,216.44
Unidad	% 9.00	\$ 289.48
PRECIO UNITARIO		\$ 3,505.92

TRES MIL QUINIENTOS CINCO PESOS 92/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	07

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A07	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.4 en cimentación fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución	KG
-----	--	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales

ALAMBRE RECOCIDO	ALAMBRE RECOCIDO PARA AMARRES	kg	0.04000	\$ 15.00	\$ 0.60
ACERO DE REFUERZO	ACERO DE REFUERZO PARA DIÁMETROS	kg	1.07000	\$ 12.00	\$ 12.84
Suma de Materiales					\$ 13.44

Mano de Obra

AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.00750	\$ 203.23	\$ 1.52
OF. FERRERO	OFICIAL FERRERO	jor	0.00750	\$ 448.10	\$ 3.36
AY. FERRERO	AYUDANTE FIERREERO	jor	0.00075	\$ 203.23	\$ 0.15
Suma de Mano de Obra					\$ 5.03

HERRAMIENTA

HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 5.03	\$ 0.15
Suma de Herramienta					\$ 0.15

Costo Directo		\$ 18.62
Indirectos	% 16.00	\$ 2.98
Subtotal		\$ 21.60
Financiamiento	% 0.01	\$ 0.00
Subtotal		\$ 21.60
Utilidad	% 9.00	\$ 1.94
PRECIO UNITARIO		\$ 23.54

VEINTITRES PESOS 54/100 M.N.

Concursante:	Firma Representante Legal
--------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	08

Obra:

CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A08	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.6 en cimentación $f_y=4200$ kg/cm ² , incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG
-----	---	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales					
ALAMBRE RECOCIDO	ALAMBRE RECOCIDO PARA AMARRES	kg	0.03500	\$ 15.00	\$ 0.53
ACERO DE REFUERZO	ACERO DE REFUERZO PARA DIÁMETROS	kg	1.07000	\$ 12.00	\$ 12.84
Suma de Materiales					\$ 13.37

Mano de Obra					
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.00750	\$ 203.23	\$ 1.52
OF. FIERREIRO	OFICIAL FIERREIRO	jor	0.00750	\$ 448.10	\$ 3.36
AY. FIERREIRO	AYUDANTE FIERREIRO	jor	0.00075	\$ 203.23	\$ 0.15
Suma de Mano de Obra					\$ 5.03

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 5.03	\$ 0.15
Suma de Herramienta					\$ 0.15

	Costo Directo		\$ 18.55
	Indirectos	% 16.00	\$ 2.97
	Subtotal		\$ 21.52
	Financiamiento	% 0.01	\$ 0.00
	Subtotal		\$ 21.52
	Utilidad	% 9.00	\$ 1.94
	PRECIO UNITARIO		\$ 23.46

VEINTITRES PESOS 46/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	09

Obra:
CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

A09	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.8 en cimentación fy=4200 kg/cm2. incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG
-----	---	----

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
-------	-------------	--------	----------	-------	---------

Materiales					
ALAMBRE RECOCIDO	ALAMBRE RECOCIDO PARA AMARRES	kg	0.03000	\$ 15.00	\$ 0.45
ACERO DE REFUERZO	ACERO DE REFUERZO PARA DIÁMETROS	kg	1.07000	\$ 12.00	\$ 12.84
Suma de Materiales					\$ 13.29

Mano de Obra					
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	0.00750	\$ 203.23	\$ 1.52
OF. FIERRERO	OFICIAL FIERRERO	jor	0.00750	\$ 448.10	\$ 3.36
AY. FIERRERO	AYUDANTE FIERREERO	jor	0.00075	\$ 203.23	\$ 0.15
Suma de Mano de Obra					\$ 5.03

HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.03000	\$ 5.03	\$ 0.15
Suma de Herramienta					\$ 0.15

EQUIPO					
SOLDADORA	PLANTA DE SOLDAR ELECTRICA	hora	0.00100	\$ 27.70	\$ 0.03
Suma de Equipo					\$ 0.03

Costo Directo					\$ 18.50
Indirectos				% 16.00	\$ 2.96
Subtotal					\$ 21.46
Financiamiento				% 0.01	\$ 0.00
Subtotal					\$ 21.46
Utilidad				% 9.00	\$ 1.93
PRECIO UNITARIO					\$ 23.39

VEINTITRES PESOS 39/100 M.N.

Concurante:	Firma Representante Legal
-------------	---------------------------

5.6.6. Presupuesto

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	2

Obra: CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		\$ 16,270.40
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN PESOS
				CON LETRA	CON NÚMERO	
Total de EXCAVACIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRA						\$ 16,270.40

CIMENTACIÓN

A04	Suministro y colocación de plantilla de concreto pobre de f'c=100 kg/cm2 de 5cm de espesor para recibir la parrilla del lecho bajo de armado de cimentación.	M3	1.92	DOS MIL SETENTA Y SEIS PESOS 6/100 M.N.	\$ 2,076.06	\$ 3,986.04
A05	Suministro y habilitado de cimbra y descimbra aparente de triplay de madera de 1a calidad o cimbra metálica, completamente terminado. Incluye madera, chafán, auxiliares, materiales, herramientas, equipo, acarreo, recortes, desperdicio, limpieza, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M2	26.22	TRESCIENTOS SETENTA Y SIETE PESOS 55/100 M.N.	\$ 377.55	\$ 9,899.36
A06	Suministro y colocación de concreto f'c=250 kg/cm ² premezclado, en cimentaciones, trabes, columnas y muros de contención. Tamaño máximo de agregados 20 mm., vaciado manual o con bomba, colado según Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones. Incluye aditivos, acelerantes, colado, vibrado, curado, ensayos de campo, ensayos de laboratorio, materiales, equipo, herramientas, acarreo, limpieza, desperdicios, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M3	38.14	TRES MIL QUINIENTOS CINCO PESOS 92/100 M.N.	\$ 3,505.92	\$ 133,715.79

Concurante:	Firma Representante Legal	Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 147,601.19
		Importe Acumulado :	\$ 163,871.59

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	3

Obra: CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		IMPORTE EN PESOS
				PRECIO UNITARIO		
				CON LETRA	CON NÚMERO	

A07	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.4 en cimentación fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución	KG	171.31	VEINTITRES PESOS 54/100 M.N.	\$ 23.54	\$ 4,032.64
-----	--	----	--------	------------------------------	----------	-------------

A08	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.6 en cimentación fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	1,920.00	VEINTITRES PESOS 46/100 M.N.	\$ 23.46	\$ 45,183.96
-----	---	----	----------	------------------------------	----------	--------------

Concursante:	Firma Representante Legal	Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 49,216.60
		Importe Acumulado :	\$ 213,088.19

TESIS	Documento:	
	Concurso N°:	
	Fecha:	
	Hoja:	4

Obra: CIMENTACIÓN DE TORRE DE TELECOMUNICACIÓN

CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICIÓN

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja Anterior :		IMPORTE EN PESOS
				PRECIO UNITARIO		
				CON LETRA	CON NÚMERO	

A09	Suministro y colocación de acero de refuerzo del No.8 en cimentación fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, mano de obra, habilitado, armado, ganchos, traslapes y desperdicios y todo lo necesario para su correcta ejecución.	KG	318.00	VEINTITRES PESOS 38/100 M.N.	\$ 23.39	\$ 7,438.02
-----	---	----	--------	------------------------------	----------	-------------

Total de CIMENTACIÓN	\$ 204,255.81
Total del Presupuesto	\$ 220,526.21

Concursante:	Firma Representante Legal	Importe Parcial de esta Hoja :	\$ 7,438.02
		Importe Acumulado :	\$ 220,526.21

EXPLOSION DE INSUMOS

Torre de Telecomunicación

Materiales						
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	%
ACERO DE REFUERZO	ACERO DE REFUERZO PARA DIAMETROS	kg	2,584.382	\$ 12.00	\$ 31,012.58	17.78
AGUA	AGUA PARA COMPACTACIONES MEZCLAS Y TRABAJOS DIVERSOS	m3	13.280	\$ 55.00	\$ 730.41	0.42
ALAMBRE RECOCIDO	ALAMBRE RECOCIDO PARA AMARRES	kg	83.802	\$ 15.00	\$ 1,257.04	0.72
CAL	CAL	kg	0.100	\$ 1.00	\$ 0.10	0.00
CLAVO	CLAVO	kg	5.246	\$ 12.00	\$ 62.96	0.04
CONCRETO F'C 100 RNB	CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=100 RESISTENCIA NORMAL, BOMBEABLE. (INCLUYE BOMBA)	m3	2.016	\$ 1,488.30	\$ 3,000.41	1.72
CONCRETO F'C 250 EB	CONCRETO PREMEZCLADO DE F'C=250 KG/CM ³ BOMBEABLE, TIPO ESTRUCTURAL, T.M.A. 3/4", ACELERANTE A 3 DÍAS. (INCLUYE BOMBA)	m3	40.047	\$ 2,201.10	\$ 88,147.45	50.54
CUÑAS PARA MOÑOS	PARA SUJETAR LA CIMBRA MEDIANTE EL USO DE MOÑOS, SE CONSIDERA SU UTILITARIEDAD DE 20 USOS.	pieza	3.495	\$ 15.60	\$ 54.52	0.03
ESMALTE	ESMALTE	litro	0.005	\$ 100.00	\$ 0.53	0.00
IMPERMEABILIZANTE	IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL	litro	33.550	\$ 224.07	\$ 7,517.60	4.31
MA000217A	ANDAMIOS Y OBRA FALSA	día	734.160	\$ 3.53	\$ 2,591.58	1.49
MADERA P/CIMBRA (G)	MADERA P/CIMBRA (G)	P. T.	157.320	\$ 10.30	\$ 1,620.40	0.93
MADERA PINO 2DA.	MADERA DE PINO DE SEGUNDA	pt	0.012	\$ 10.00	\$ 0.12	0.00
MOÑOS	SEPARADORES PARA MUROS DE CONCRETO DE ENTRE 20 Y 40 cm DE ESPESOR.	pieza	34.873	\$ 9.00	\$ 313.85	0.18
TRIPLAY DE 5/8"	MADERA TERCIADE DE 5/8". SE CONSIDERAN 2 USOS.	pieza	1.557	\$ 238.00	\$ 370.68	0.21
Total de Materiales					\$ 136,680.23	78.37

Mano de Obra						
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	%
AUXILIAR TOPOGRAFO	AUXILIAR TOPOGRAFO TRAZO Y NIVELACIÓN DE DRENAJES	jor	0.001	\$ 300.89	\$ 0.40	0.00
AY. FIERREIRO	AYUDANTE FIERREIRO	jor	1.811	\$ 203.23	\$ 368.15	0.21
AYUDANTE GRAL	AYUDANTE GENERAL PARA TRABAJOS DIVERSOS	jor	44.247	\$ 203.23	\$ 8,992.26	5.18
CABO DE OFICIOS	CABO DE OFICIOS	jor	4.724	\$ 448.10	\$ 2,116.80	1.21
CADENERO *A*	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACION	jor	0.001	\$ 203.23	\$ 0.27	0.00
ESTADALERO *A*	AUXILIAR DE TOPOGRAFIA PARA TRAZO Y NIVELACION	jor	0.001	\$ 203.23	\$ 0.27	0.00
OF. ALBAÑIL	OFICIAL ALBAÑIL	jor	14.685	\$ 448.10	\$ 6,580.44	3.77
OF. CARPINTERO	OFICIAL CARPINTERO	jor	4.195	\$ 448.10	\$ 1,879.87	1.08
OF. FIERREIRO	OFICIAL FIERREIRO	jor	18.115	\$ 448.10	\$ 8,117.26	4.65
TOPOGRAFO *A*	TOPOGRAFO PARA TRAZO Y NIVELACIÓN DE DRENAJES	jor	0.001	\$ 359.70	\$ 0.48	0.00
Total de Mano de Obra					\$ 28,056.20	16.09

Herramienta						
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	%
HERRAMIENTA DE MANO	HERRAMIENTA DE MANO	(%)mo	0.030	\$ 28,039.28	\$ 841.18	0.48
Total de Herramienta					\$ 841.18	0.48

Equipo						
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	%
BOMBA 3"	PARA ACHIQUE DE COMBUSTION A GASOLINA, MARCA: WACKER.	hora	7.277	\$ 42.79	\$ 311.36	0.18
CAMION VOLTEO	CON CAPACIDAD 7M ³ , PARA ACARREOS.	hora	2.830	\$ 261.06	\$ 738.79	0.42
CARGADOR C/RETRO	RETROEXCAVADORA CON CARGADOR, MARCA: CATERPILLAR, SER: BFP06407, MODELO: 416D, MOTOR: DIESEL.	hora	1.658	\$ 266.78	\$ 442.19	0.25
COMPACTADOR MANUAL	COMPACTADOR MANUAL DE COMBUSTION TIPO PATA DE ELEFANTE MOD. BS600, MARCA: WCKER, MORTOR: GASOLINA.	hora	4.736	\$ 51.49	\$ 243.85	0.14
EXCAVADORA	EXCAVADORA MARCA: CATERPILLAR, MOD: 235, SER: 32K04124	hora	8.469	\$ 790.36	\$ 6,709.23	3.85
NIVEL	NIVEL PARA MEDICION, MCA: SETL, MOD: DS2010	hora	0.016	\$ 3.64	\$ 0.06	0.00
SOLDADORA	PLANTA DE SOLDAR ELECTRICA	hora	0.318	\$ 27.70	\$ 8.81	0.01
TRANSITO	TRANSITO PARA MEDICION, MCA:ROSSBACH, MOD: 490-R, SER: 22498	hora	0.016	\$ 4.13	\$ 0.07	0.00
VIBRADOR P/CONCRETO	VIBRADOR PARA CONCRETO, MARCA: HONDA, MOD: GXL60, SERIE: 0618-800-055, MOTOR A GASOLINA DE 5.5 HP.	hora	10.673	\$ 33.85	\$ 368.03	0.21
Total de Equipo					\$ 8,822.39	5.06
TOTAL					\$ 174,400.00	100.00

CONCLUSIÓN

Es claro que el despliegue de infraestructura de telecomunicación requiere del trabajo interdisciplinario de profesionistas, quienes se coordinan para emitir opiniones y lograr decisiones que tengan como fin el buen desempeño y costo óptimo, según los objetivos del proyecto. El desarrollo e implementación de redes de telefonía es un área con muchas áreas de oportunidad para el ingeniero civil, ya que puede involucrarse en la planeación, organización, dirección, control y administración de este tipo de proyectos.

Por otro lado, el costo total y el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones, obliga al ingeniero a conocer no solamente los procesos constructivos sino además tener una visión administrativa para manejar de manera óptima todos los elementos que conjuntan la construcción y equipamiento de las estructuras de telecomunicación. A lo largo de este trabajo se describió el proceso para calcular y construir una torre de telefonía celular.

El primer capítulo resume que una vez definido el concepto de red de telefonía celular, la opinión de un ingeniero especializado en estructuras concreta la factibilidad de colocar algún tipo de estructura o torre de telecomunicación de acuerdo a las necesidades del diseño de red, pero además se encarga de la evaluación, revisión y cálculo de los elementos a construir para la seguridad y buen funcionamiento de la estructura a colocar.

Las estructuras van desde pequeños soportes adosados a fachadas de edificios, mástiles tipo asta y torres de diferentes alturas.

En el segundo capítulo se mencionan los escenarios más comunes y los tipos de torres, estos se ajustan a las necesidades de altura de transmisión y espacios disponibles para colocar torres.

Cabe mencionar que el espacio más adecuado para construir una torre es el que cumple con las especificaciones del diseño de red, pero además en que tome el menor tiempo posible para la construcción y puesta en marcha. Por último, también es importante que las estructuras en donde se colocan las torres y equipos ya sea en suelo o inmuebles, definan la complejidad del proceso de construcción.

El tercer capítulo detalla como realizar el diseño, análisis y revisión de las estructuras, con base a los reglamentos y normas vigentes, como lo es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, así como sus normas técnicas complementarias.

En el caso de revisión, análisis y diseño de torres y soportes, el Manual de diseño de obras civiles de diseño por viento es el único que permitido para calcular y obtener las fuerzas de viento que se aplican sobre la estructura. Este manual define claramente el método para obtener las fuerzas del diseño. Actualmente, la

tecnología nos brinda la ventaja de programar el cálculo y la obtención de estas fuerzas en una hoja de Excel, la cual permite variar las velocidades de diseño y operación lo que ahorra tiempo e incrementa la precisión del análisis.

Por otro lado, el uso de programas de cómputo elaborados para el análisis, diseño y revisión de estructuras (*Staad Pro, Sap 2000*)³¹ permiten al ingeniero simular el comportamiento de las estructuras. Realizar este tipo de simulaciones y analizar el proceso detallado del Manual de la Comisión Federal de Electricidad permite establecer un comportamiento muy cercano al real, lo que permite garantizar la seguridad de la estructura.

En el capítulo cuarto se muestra el proceso de análisis y diseño de cimentaciones y se destaca la trascendencia de que el ingeniero refleje sus conocimientos sobre el origen y las propiedades de los suelos, ya que sin duda el comportamiento del suelo y su capacidad para absorber las acciones que genera la estructura condiciona la seguridad de la misma. En suelos como los de la Ciudad de México, es posible que las torres de telecomunicación requieran desde cimentaciones someras hasta cimentaciones profundas construidas con pilas o pilotes.

Para un mejor diseño de cimentación es necesario que tanto el ingeniero de campo como el ingeniero experto en estructuras, visiten el lugar donde se desplanta la cimentación antes de comenzar su diseño, ya que las recomendaciones que resulten de la visita facilitan la construcción y diseño de acero de refuerzo, además de tomar en cuenta las estructuras que se encuentran alrededor de este punto.

El último capítulo describe el proceso de montaje de torres considerando las medidas de seguridad marcadas por los reglamentos correspondientes, las cuales nunca se siguieron en el caso referido en esta tesis, es decir, en la construcción de la radio base del sitio aeropuerto en la ciudad de San Luis Potosí. La omisión de la aplicación de medidas de seguridad puede provocar accidentes, prolonga el proceso constructivo e incrementa sus costos, por lo que se este trabajo busca promover el uso de medidas de seguridad en la construcción de torres de telecomunicación.

En México no existen publicaciones especializadas para el diseño, fabricación y montaje de torres de telecomunicación, ni siquiera reglamentación que defina los lugares en que pueden colocarse. La falta de esta normativa tiene un impacto urbano, ecológico y de seguridad que no debe pasar inadvertido.

En nuestro país, la industria de las telecomunicaciones ha avanzado a pasos agigantados en las últimas décadas provocando el rezago de los organismos colegiados, instituciones de educación superior e instituciones gubernamentales en cuanto a la emisión de normas y reglamentos en este segmento de la industria. Es urgente que los organismos reguladores consideren las implicaciones de la falta de lineamientos que establezcan y delimiten la ubicación y construcción de las

³¹ Programa

Anexo A

Elaboración de Modelo empleado el programa STAAD Pro

Anexo A

Elaboración de Modelo empleado el programa STAAD Pro

STAAD SPACE TORRE AUTOSOPORTADA
DE 40.0 MTS
INPUT WIDTH 72

*** TORRE AUTOSOPORTADA DE 40.0
MTS DE ALTURA M4 EXPUESTA ***
*** PROTOTIPO VALMONT

*** VR = 160.0 KM/HR

*** C.T= 2.0 ***
*** F.T= 1.1 ***
*** SITIO: AEROPUERTO, SAN LUIS
POTOSI. ***

UNIT METER MTON
JOINT COORDINATES

6	0.000	0.998	0.000
7	1.800	0.000	0.000
8	1.800	1.996	0.000
9	0.000	2.994	0.000
10	1.800	3.992	0.000
11	0.000	4.990	0.000
12	1.800	5.988	0.000
13	1.800	4.990	0.000
14	0.000	6.986	0.000
15	1.800	7.984	0.000
16	0.000	8.982	0.000
17	1.800	8.982	0.000
18	1.800	9.980	0.000
19	0.000	10.978	0.000
20	1.800	11.976	0.000
21	0.000	12.974	0.000
22	1.800	13.972	0.000
23	0.000	13.972	0.000
24	0.000	14.970	0.000
25	1.800	15.968	0.000
26	0.000	16.966	0.000
27	1.800	17.964	0.000
28	0.000	17.964	0.000
29	0.000	18.962	0.000
30	1.800	19.960	0.000
31	0.000	20.958	0.000
32	1.800	21.956	0.000
33	0.000	22.954	0.000
34	1.800	22.954	0.000
35	1.800	23.952	0.000
36	0.000	24.950	0.000
37	1.800	25.948	0.000
38	0.000	26.946	0.000
39	1.800	26.946	0.000
40	1.800	27.944	0.000
41	0.000	28.942	0.000
42	1.800	29.940	0.000
43	0.000	29.940	0.000
44	0.900	30.439	0.000
45	0.000	30.938	0.000
46	1.800	30.938	0.000
47	0.200	33.442	0.200
48	1.600	34.442	0.200
49	0.200	35.442	0.200
50	1.600	36.442	0.200
51	0.200	37.442	0.200
52	1.600	38.442	0.200
53	0.200	39.442	0.200
54	1.600	40.419	0.200
55	0.000	0.000	0.000
56	1.800	0.000	1.800
57	0.000	6.986	1.800
58	0.000	5.988	1.800
59	0.000	4.990	1.800
60	0.000	3.992	0.000
61	0.000	2.994	1.800

62	0.000	1.996	0.000	156	0.000	20.459	0.000
63	0.000	0.998	1.800	157	0.000	25.449	0.000
64	0.000	8.982	0.900	158	0.000	30.439	0.000
65	0.000	8.982	1.800	159	1.800	30.439	0.000
66	0.000	7.984	0.000	160	1.800	25.449	0.000
67	0.000	9.980	0.000	161	1.800	20.459	0.000
68	0.000	22.954	1.800	162	1.800	15.469	0.000
69	0.000	21.956	0.000	163	1.800	10.479	0.000
70	0.000	20.958	1.800	164	1.800	5.489	0.000
71	0.000	19.960	0.000	165	1.800	0.499	0.000
72	0.000	18.962	1.800	166	1.800	30.439	1.800
73	0.000	17.964	0.900	167	1.800	25.449	1.800
74	0.000	16.966	1.800	168	1.800	20.459	1.800
75	0.000	15.968	0.000	169	1.800	15.469	1.800
76	0.000	14.970	1.800	170	1.800	10.479	1.800
77	0.000	13.972	0.900	171	1.800	5.489	1.800
78	0.000	12.974	1.800	172	1.800	0.499	1.800
79	0.000	11.976	0.000	173	0.000	30.439	1.800
80	0.000	10.978	1.800	174	0.000	25.449	1.800
81	0.000	29.940	1.800	175	0.000	20.459	1.800
82	0.000	30.439	0.900	176	0.000	15.469	1.800
83	0.000	30.938	1.800	177	0.000	10.479	1.800
84	0.000	29.940	0.900	178	0.000	5.489	1.800
85	0.000	28.942	1.800	179	0.000	0.499	1.800
86	0.000	27.944	0.000	180	0.900	31.784	0.112
87	0.000	26.946	1.800	181	1.600	32.442	0.200
88	0.000	26.946	0.900	182	0.200	32.442	0.200
89	0.000	25.948	0.000	183	0.112	31.784	0.112
90	0.000	24.950	1.800	184	1.688	31.784	0.112
91	0.000	23.952	0.000	185	0.900	32.942	0.200
92	0.000	22.954	0.900	186	1.600	33.442	0.200
93	1.800	6.986	1.800	187	0.112	31.784	0.900
94	0.000	5.988	1.800	188	0.112	31.784	1.688
95	1.800	4.990	1.800	189	0.200	32.442	1.600
96	0.000	3.992	1.800	190	0.200	32.942	0.900
97	1.800	2.994	1.800	191	0.200	33.442	1.600
98	0.000	1.996	1.800	192	0.900	31.784	1.688
99	1.800	0.998	1.800	193	1.688	31.784	1.688
100	0.000	0.000	1.800	194	1.600	32.442	1.600
101	1.800	8.982	1.800	195	0.900	32.942	1.600
102	0.000	7.984	1.800	196	1.600	33.442	1.600
103	0.000	9.980	1.800	197	1.688	31.784	0.900
104	1.800	22.954	1.800	198	1.600	32.942	0.900
105	0.000	21.956	1.800	199	0.200	34.442	0.200
106	1.800	20.958	1.800	200	0.900	34.442	0.200
107	0.000	19.960	1.800	201	0.900	35.442	0.200
108	1.800	18.962	1.800	202	1.600	35.442	0.200
109	0.000	17.964	1.800	203	0.200	36.442	0.200
110	1.800	17.964	1.800	204	0.900	36.442	0.200
111	1.800	16.966	1.800	205	0.900	37.442	0.200
112	0.000	15.968	1.800	206	1.600	37.442	0.200
113	1.800	14.970	1.800	207	0.200	38.442	0.200
114	0.000	13.972	1.800	208	0.900	38.442	0.200
115	1.800	13.972	1.800	209	0.900	39.442	0.200
116	1.800	12.974	1.800	210	1.600	39.442	0.200
117	0.000	11.976	1.800	211	0.900	40.419	0.200
118	1.800	10.978	1.800	212	0.200	40.419	0.200
119	1.800	29.940	1.800	213	0.200	39.442	1.600
120	0.900	30.439	1.800	214	0.200	40.419	1.600
121	1.800	30.938	1.800	215	0.200	40.419	0.900
122	1.800	28.942	1.800	216	0.200	39.442	0.900
123	0.000	27.944	1.800	217	0.200	38.442	1.600
124	1.800	26.946	1.800	218	0.200	38.442	0.900
125	0.000	25.948	1.800	219	0.200	37.442	1.600
126	1.800	24.950	1.800	220	0.200	37.442	0.900
127	0.000	23.952	1.800	221	0.200	36.442	1.600
128	1.800	6.986	0.000	222	0.200	36.442	0.900
129	1.800	5.988	1.800	223	0.200	35.442	0.900
130	1.800	3.992	1.800	224	0.200	35.442	1.600
131	1.800	2.994	0.000	225	0.200	34.442	0.900
132	1.800	1.996	1.800	226	0.200	34.442	1.600
133	1.800	0.998	0.000	227	1.600	39.442	1.600
134	1.800	7.984	1.800	228	1.600	40.419	1.600
135	1.800	9.980	1.800	229	0.900	40.419	1.600
136	1.800	21.956	1.800	230	0.900	39.442	1.600
137	1.800	20.958	0.000	231	1.600	38.442	1.600
138	1.800	19.960	1.800	232	0.900	38.442	1.600
139	1.800	18.962	0.000	233	1.600	37.442	1.600
140	1.800	16.966	0.000	234	0.900	37.442	1.600
141	1.800	15.968	1.800	235	1.600	36.442	1.600
142	1.800	14.970	0.000	236	0.900	36.442	1.600
143	1.800	12.974	0.000	237	0.900	35.442	1.600
144	1.800	11.976	1.800	238	1.600	35.442	1.600
145	1.800	10.978	0.000	239	0.900	34.442	1.600
146	1.800	30.439	0.900	240	1.600	34.442	1.600
147	1.800	28.942	0.000	241	1.600	40.419	0.900
148	1.800	27.944	1.800	242	1.600	39.442	0.900
149	1.800	25.948	1.800	243	1.600	38.442	0.900
150	1.800	24.950	0.000	244	1.600	37.442	0.900
151	1.800	23.952	1.800	245	1.600	36.442	0.900
152	0.000	0.499	0.000	246	1.600	35.442	0.900
153	0.000	5.489	0.000	247	1.600	34.442	0.900
154	0.000	10.479	0.000	248	0.000	4.990	0.900
155	0.000	15.469	0.000	249	0.200	32.942	0.200

250	0.200	32.942	1.600
251	1.600	32.942	1.600
252	1.600	32.942	0.200
253	0.900	33.442	0.200
254	0.200	33.442	0.900
255	0.900	33.442	1.600
256	1.600	33.442	0.900

MEMBER INCIDENCES

6	6	7
7	6	8
8	9	10
9	9	8
10	11	10
11	11	12
12	11	13
13	14	12
14	14	15
15	16	15
16	16	17
17	16	18
18	19	18
19	19	20
20	21	20
21	21	22
22	22	23
23	24	22
24	24	25
25	26	25
26	26	27
27	27	28
28	29	27
29	29	30
30	31	30
31	31	32
32	33	32
33	33	34
34	33	35
35	36	35
36	36	37
37	38	37
38	38	39
39	38	40
40	41	40
41	41	42
42	42	43
43	42	44
44	44	45
45	43	44
46	44	46
47	47	48
48	48	49
49	49	50
50	50	51
51	51	52
52	52	53
53	53	54
54	57	58
55	59	58
56	59	60
57	61	62
58	61	60
59	63	62
60	63	55
61	64	16
62	65	66
63	57	66
64	65	67
65	68	69
66	70	69
67	70	71
68	72	71
69	72	28
70	28	73
71	74	28
72	74	75
73	76	75
74	76	23
75	23	77
76	78	23
77	78	79
78	80	79
79	80	67
80	81	82
81	82	83
82	43	84
83	85	86
84	87	86
85	88	38
86	87	89
87	90	89
88	90	91
89	68	91
90	92	33
91	95	43

92	43	82
93	82	45
94	93	94
95	95	59
96	95	94
97	95	96
98	97	98
99	97	96
100	99	98
101	99	100
102	101	65
103	101	102
104	93	102
105	101	103
106	104	105
107	106	105
108	106	107
109	108	107
110	108	109
111	109	110
112	111	109
113	111	112
114	113	112
115	113	114
116	114	115
117	116	114
118	116	117
119	118	117
120	118	103
121	119	120
122	120	121
123	81	119
124	122	123
125	124	123
126	124	87
127	124	125
128	126	125
129	126	127
130	104	127
131	104	68
132	122	81
133	81	120
134	120	83
135	128	129
136	13	95
137	13	129
138	13	130
139	131	132
140	131	130
141	133	132
142	133	56
143	17	101
144	17	134
145	128	134
146	17	135
147	34	136
148	137	136
149	137	138
150	139	138
151	139	110
152	110	27
153	140	110
154	140	141
155	142	141
156	142	115
157	115	22
158	143	115
159	143	144
160	145	144
161	145	135
162	42	146
163	146	46
164	119	42
165	147	148
166	39	148
167	39	124
168	39	149
169	150	149
170	150	151
171	34	151
172	34	104
173	147	119
174	119	146
175	146	121
176	55	152
177	152	6
178	6	62
179	62	9
180	9	60
181	60	11
182	11	153
183	153	58
184	58	14
185	14	66

186	66	16
187	16	67
188	67	154
189	154	19
190	19	79
191	79	21
192	21	23
193	23	24
194	24	155
195	155	75
196	75	26
197	26	28
198	28	29
199	29	71
200	71	156
201	156	31
202	31	69
203	69	33
204	33	91
205	91	36
206	36	157
207	157	89
208	89	38
209	38	86
210	86	41
211	41	43
212	43	158
213	158	45
214	159	46
215	42	159
216	147	42
217	40	147
218	39	40
219	37	39
220	160	37
221	150	160
222	35	150
223	34	35
224	32	34
225	137	32
226	161	137
227	30	161
228	139	30
229	27	139
230	140	27
231	25	140
232	162	25
233	142	162
234	22	142
235	143	22
236	20	143
237	145	20
238	163	145
239	18	163
240	17	18
241	15	17
242	128	15
243	12	128
244	13	164
245	10	13
246	164	12
247	131	10
248	8	131
249	133	8
250	165	133
251	7	165
252	166	121
253	119	166
254	122	119
255	148	122
256	124	148
257	149	124
258	167	149
259	126	167
260	151	126
261	104	151
262	136	104
263	106	136
264	168	106
265	138	168
266	108	138
267	110	108
268	111	110
269	141	111
270	169	141
271	113	169
272	115	113
273	116	115
274	144	116
275	118	144
276	170	118
277	135	170
278	101	135
279	134	101

280 93 134
 281 129 93
 282 95 171
 283 130 95
 284 171 129
 285 97 130
 286 132 97
 287 99 132
 288 172 99
 289 56 172
 290 173 83
 291 81 173
 292 85 81
 293 123 85
 294 87 123
 295 125 87
 296 174 125
 297 90 174
 298 127 90
 299 68 127
 300 105 68
 301 70 105
 302 175 70
 303 107 175
 304 72 107
 305 109 72
 306 74 109
 307 112 74
 308 176 112
 309 76 176
 310 114 76
 311 78 114
 312 117 78
 313 80 117
 314 177 80
 315 103 177
 316 65 103
 317 102 65
 318 57 102
 319 94 57
 320 59 178
 321 96 59
 322 178 94
 323 61 96
 324 96 61
 325 63 98
 326 179 63
 327 100 179
 328 46 45
 329 45 180
 330 180 181
 331 46 180
 332 180 182
 333 183 180
 334 180 184
 335 182 185
 336 185 186
 337 181 185
 338 185 47
 339 47 253
 340 182 181
 341 83 187
 342 45 187
 343 45 83
 344 188 187
 345 187 183
 346 187 189
 347 187 182
 348 189 182
 349 189 190
 350 182 190
 351 190 191
 352 190 47
 353 191 254
 354 121 192
 355 83 192
 356 83 121
 357 193 192
 358 192 188
 359 192 194
 360 192 189
 361 194 189
 362 194 195
 363 189 195
 364 195 196
 365 195 191
 366 196 255
 367 46 197
 368 121 197
 369 121 46
 370 164 197
 371 197 193
 372 197 181
 373 197 194

374 181 194
 375 181 198
 376 194 198
 377 198 186
 378 198 196
 379 186 256
 380 45 183
 381 183 182
 382 182 249
 383 189 250
 384 188 189
 385 83 198
 386 194 251
 387 193 194
 388 121 193
 389 181 252
 390 184 181
 391 46 184
 392 199 200
 393 200 48
 394 49 201
 395 201 202
 396 203 204
 397 204 50
 398 51 205
 399 205 206
 400 207 208
 401 208 52
 402 53 209
 403 209 210
 404 211 54
 405 212 211
 406 213 212
 407 214 215
 408 213 216
 409 217 218
 410 219 220
 411 221 222
 412 207 213
 413 219 207
 414 203 219
 415 223 49
 416 218 207
 417 220 51
 418 222 203
 419 215 212
 420 216 53
 421 224 223
 422 199 224
 423 224 203
 424 225 199
 425 226 225
 426 191 199
 427 227 214
 428 228 229
 429 227 230
 430 231 232
 431 233 234
 432 235 236
 433 217 227
 434 233 217
 435 221 233
 436 237 224
 437 232 217
 438 234 219
 439 236 221
 440 229 214
 441 230 213
 442 238 237
 443 226 238
 444 238 221
 445 239 226
 446 240 239
 447 196 226
 448 210 228
 449 54 241
 450 210 242
 451 52 243
 452 206 244
 453 50 245
 454 231 210
 455 206 231
 456 235 206
 457 246 238
 458 243 231
 459 244 233
 460 245 235
 461 241 228
 462 242 227
 463 202 246
 464 240 202
 465 202 235
 466 247 240
 467 46 247

468 186 240
 469 200 225
 470 225 239
 471 239 247
 472 247 200
 473 201 223
 474 246 201
 475 223 237
 476 237 246
 477 245 204
 478 204 222
 479 222 236
 480 236 245
 481 244 205
 482 205 220
 483 220 234
 484 234 244
 485 243 208
 486 208 218
 487 218 232
 488 232 243
 489 242 209
 490 209 216
 491 216 230
 492 230 242
 493 241 211
 494 211 215
 495 215 229
 496 229 241
 497 47 199
 498 199 49
 499 49 203
 500 203 51
 501 51 207
 502 207 53
 503 53 212
 504 210 54
 505 52 210
 506 206 52
 507 50 206
 508 202 50
 509 48 202
 510 188 48
 511 227 228
 512 231 227
 513 233 231
 514 235 233
 515 238 235
 516 240 238
 517 196 240
 518 213 214
 519 217 213
 520 219 217
 521 221 219
 522 224 221
 523 226 224
 524 191 226
 525 11 248
 526 248 59
 527 13 248
 528 248 95
 529 64 65
 530 17 64
 531 101 64
 532 77 114
 533 22 77
 534 77 115
 535 73 109
 536 27 73
 537 73 110
 538 92 68
 539 34 92
 540 92 104
 541 86 87
 542 39 88
 543 88 124
 544 84 81
 545 42 84
 546 84 119
 547 249 47
 548 250 191
 549 251 196
 550 252 186
 551 253 186
 552 254 47
 553 255 191
 554 256 196
 555 253 254
 556 254 255
 557 255 256
 558 256 253

MEMBER PROPERTY AMERICAN

*** TRAMO 1 ***

*** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 6"X7/8"
 176 TO 182 244 245 247 TO 251 282 283 285
 TO 289 320 321 323 TO 326 -
 327 TABLE ST L606014
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 12 95 136 525 TO 528 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE
 3"X3/8"
 6 TO 10 56 TO 60 97 TO 101 138 TO 142
 TABLE ST L30306

 *** TRAMO 2 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 6"X3/4"
 183 TO 188 239 TO 243 246 277 TO 281 284
 315 TO 319 322 TABLE ST L606012
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 16 81 102 143 529 TO 531 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE
 3"X3/8"
 11 13 TO 15 17 54 55 62 TO 64 94 96 103 TO
 105 135 137 144 TO 145 -
 146 TABLE ST L30306

 *** TRAMO 3 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 6"X5/8"
 189 TO 194 233 TO 238 271 TO 276 309 TO 314
 TABLE ST L606010
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 22 75 116 157 532 TO 534 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 18 TO 21 23 74 76 TO 79 115 117 TO 120
 156 158 TO 161 TABLE ST L30305

 *** TRAMO 4 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 6"X9/16"
 195 TO 200 227 TO 232 265 TO 270 303 TO
 308 TABLE ST L60609
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 27 70 111 152 535 TO 537 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 24 TO 26 28 29 68 69 71 TO 73 109 110 112
 TO 114 150 151 153 TO 154 -
 155 TABLE ST L30305

 *** TRAMO 5 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 6"X9/16"
 201 TO 206 221 TO 226 259 TO 264 297 TO
 302 TABLE ST L60609
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 33 90 131 172 538 TO 540 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 30 TO 32 34 35 65 TO 67 88 89 106 TO 108
 129 130 147 TO 149 170 -
 171 TABLE ST L30305

 *** TRAMO 6 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 5"X3/8"
 207 TO 212 215 TO 220 253 TO 258 291 TO
 296 TABLE ST L50506
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE
 3"X5/16"
 38 42 82 85 123 126 164 167 541 TO 546
 TABLE ST L30305
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE 2
 1/2"X1/4"
 36 37 39 TO 41 83 84 86 87 91 124 125 127
 128 132 165 166 168 169 -
 173 TABLE ST L25254

 *** TRAMO 7 ***
 *** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 4"X3/8"
 213 214 252 290 380 TO 391 TABLE ST
 L40406
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE 2
 1/2"X1/4"
 328 333 334 340 343 TO 345 348 356 TO 358
 361 369 TO 371 -
 374 TABLE ST L25254
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE 2
 1/2"X1/4"
 43 TO 46 80 81 92 93 121 122 133 134 162
 163 174 175 329 TO 332 341 -
 342 346 347 354 355 359 360 367 368 372
 373 TABLE ST L25254

 *** TRAMO 8 ***

*** PIERNAS ANGULO DE L.I DE 3"X5/16"
 497 TO 524 547 TO 550 TABLE ST L30305
 *** DIAFRAGMA ANGULO DE L.I DE 2
 1/2"X1/4"
 339 353 366 379 392 TO 405 407 TO 411 415
 TO 421 424 425 428 TO 432 -
 436 TO 442 445 446 449 TO 453 457 TO 463
 465 467 469 TO 496 -
 551 TO 558 TABLE ST L25254
 *** DIAGONALES ANGULO DE L.I DE 2
 1/2"X1/4"
 47 TO 53 335 TO 338 349 TO 352 362 TO
 365 375 TO 378 406 412 TO 414 -
 422 423 426 427 433 TO 435 443 444 447
 448 454 TO 456 464 465 -
 468 TABLE ST L25254

 MEMBER RELEASE
 43 45 70 75 80 82 92 121 133 162 174 329
 331 335 337 339 341 342 349 -
 350 353 TO 355 362 363 366 TO 368 375 376
 379 392 394 396 398 400 402 -
 405 407 TO 411 421 425 428 TO 432 442 446
 449 TO 453 463 467 -
 525 START MX MZ
 44 46 51 81 85 90 93 122 134 163 175 330
 332 336 338 346 347 351 352 -
 359 360 364 365 372 373 377 378 393 395
 397 399 401 403 404 -
 415 TO 420 424 436 TO 441 445 457 TO 462
 466 526 529 532 535 538 541 -
 544 551 TO 554 END MX MZ
 MEMBER TRUSS
 6 TO 42 47 TO 60 62 TO 69 71 TO 74 76 TO
 79 83 84 86 TO 89 91 -
 94 TO 120 123 TO 132 135 TO 161 164 TO
 173 328 333 334 340 343 TO 345 -
 348 356 TO 358 361 369 TO 371 374 406 412
 TO 414 422 423 426 427 -
 433 TO 435 443 444 447 448 454 TO 456 464
 465 468 TO 496 527 528 530 -
 531 533 534 536 537 539 540 542 543 545
 546 555 TO 558

 CONSTANT
 E STEEL ALL
 DENSITY STEEL ALL
 POISSON STEEL ALL
 BETA 45. MEMB 290 TO 327 383 518 TO
 524 548
 BETA 135. MEMB 252 TO 289 386 511 TO
 517 549
 BETA 225. MEMB 214 TO 251 389 504 TO
 510 550
 BETA 315. MEMB 176 TO 213 382 497 TO
 503 547

 SUPPORT
 7 55 56 100 FIXED

 LOAD 1 FRECUENCIA

 *** PESO PROPIO ***
 SELFWEIGHT X 1.
 JOINT LOAD
 *** PARARRAYOS
 54 212 214 228 FX 0.0075
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.60M H=40M
 54 212 214 228 FX 0.0375
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.90M H=30M
 45 46 83 121 FX 0.0525
 *** 9 ANTENAS RF H=39M
 53 210 227 213 FX 0.090
 *** PLATAFORMA DESCANSO
 16 17 65 101 FX 0.0125
 27 28 109 110 FX 0.0125
 38 39 87 124 FX 0.0125
 *** PLATAFORMA TRABAJO
 47 186 191 196 FX 0.0125
 52 207 217 231 FX 0.0125
 *** C.G.O.+CABLES+ESCALERA
 11 16 23 28 33 38 59 65 68 87 109 114 FX
 0.075
 45 47 49 51 53 83 182 189 191 199 203 207
 212 TO 214 217 219 221 224 -
 226 FX 0.015
 CALCULATE NATURAL FREQUENCY

 LOAD 2 CM

 SELFWEIGHT Y -1.
 JOINT LOAD
 *** PARARRAYOS
 54 212 214 228 FY -0.0075

*** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.60M H=40M
 54 212 214 228 FY -0.0375
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.90M H=30M
 45 46 83 121 FY -0.0525
 *** 9 ANTENAS RF H=39M
 53 210 227 213 FY -0.090
 *** PLATAFORMA DESCANSO
 16 17 65 101 FY -0.0125
 27 28 109 110 FY -0.0125
 38 39 87 124 FY -0.0125
 *** PLATAFORMA TRABAJO
 47 186 191 196 FY -0.0125
 52 207 217 231 FY -0.0125
 *** C.G.O.+CABLES+ESCALERA
 11 16 23 28 33 38 59 65 68 87 109 114 FY -
 0.075
 45 47 49 51 53 83 182 189 191 199 203 207
 212 TO 214 217 219 221 224 -
 226 FY -0.015

 LOAD 3 CV

 JOINT LOAD
 *** PLATAFORMA TRABAJO
 47 186 191 196 FY -0.075
 *** PLATAFORMA TRABAJO
 52 207 217 231 FY -0.075

 LOAD 4 VIENTO VR=160 KMHR

 JOINT LOAD
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.60M H=40M
 *** 2 ANTENAS MW A 90 GRADOS
 54 212 214 228 FX 0.058
 *** 1 ANTENAS MW A 45 GRADOS
 54 212 214 228 FZ 0.058
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.90M H=30M
 *** 2 ANTENAS MW A 90 GRADOS
 45 46 83 121 FX 0.108
 *** 1 ANTENAS MW A 45 GRADOS
 45 46 83 121 FZ 0.108
 *** 3 ANTENAS RF H=39M A 90 GRADOS
 53 210 227 213 FX 0.132
 53 210 227 213 FZ 0.132

 **
 *** VIENTO EN TORRE, CGO, CABLE
 SALVAVIDAS Y ESCALERA

 **
 6 9 11 59 TO 63 96 98 FX 0.072
 14 16 57 58 65 TO 67 94 102 103 FX 0.072
 19 21 23 24 76 78 TO 80 114 117 FX 0.078
 26 28 29 71 72 74 75 107 109 112 FX 0.088
 31 33 36 68 TO 70 90 91 105 127 FX 0.097
 38 41 43 81 85 TO 87 89 123 125 FX 0.097
 45 83 182 183 189 189 FX 0.088
 47 49 51 53 191 199 203 207 212 TO 214 217
 219 221 224 226 FX 0.082

 **
 *** VIENTO EN TORRE, CGO, CABLE
 SALVAVIDAS Y ESCALERA

 **
 6 8 TO 11 13 60 62 131 133 FZ 0.072
 14 TO 18 58 66 67 128 FZ 0.079
 19 TO 24 79 142 143 145 FZ 0.078
 25 TO 30 71 75 139 140 FZ 0.088
 31 TO 36 69 91 137 150 FZ 0.097
 37 TO 43 86 89 147 FZ 0.097
 45 46 181 TO 184 FZ 0.088
 47 TO 54 186 199 202 203 206 207 210 212
 FZ 0.082

 LOAD 5 VIENTO Vap= 140KM/HR

 JOINT LOAD
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.60M H=40M
 *** 2 ANTENAS MW A 90 GRADOS
 54 212 214 228 FX 0.045
 *** 1 ANTENAS MW A 45 GRADOS
 54 212 214 228 FZ 0.045
 *** 3 ANTENAS MW DIAM. 0.90M H=30M
 *** 2 ANTENAS MW A 90 GRADOS
 45 46 83 121 FX 0.083
 *** 1 ANTENAS MW A 45 GRADOS
 45 46 83 121 FZ 0.083
 *** 3 ANTENAS RF H=39M A 90 GRADOS
 53 210 227 213 FX 0.101
 53 210 227 213 FZ 0.101

 **

*** VIENTO EN TORRE, CGO, CABLE
SALVAVIDAS Y ESCALERA

6 9 11 59 TO 63 96 98 FX 0.053
14 16 57 58 65 TO 67 94 102 103 FX 0.053
19 21 23 24 76 78 TO 80 114 117 FX 0.057
26 28 29 71 72 74 75 107 109 112 FX 0.065
31 33 36 68 TO 70 90 91 105 127 FX 0.071
38 41 43 81 85 TO 87 89 123 125 FX 0.072
45 83 182 183 188 189 FX 0.065
47 49 51 53 191 199 203 207 212 TO 214 217
219 221 224 226 FX 0.060

*** VIENTO EN TORRE, CGO, CABLE
SALVAVIDAS Y ESCALERA

6 8 TO 11 13 60 62 131 133 FZ 0.053
14 TO 18 58 66 67 128 FZ 0.058
19 TO 24 79 142 143 145 FZ 0.057
25 TO 30 71 75 139 140 FZ 0.065
31 TO 36 69 91 137 150 FZ 0.071
37 TO 43 88 89 147 FZ 0.072
45 46 181 TO 184 FZ 0.065
47 TO 54 186 199 202 203 206 207 210 212
FZ 0.060

LOAD 6 SISMO

*** SISMO XX 100%

*** SISMO ZZ 30%

JOINT LOAD

6 8 TO 43 45 TO 54 57 TO 63 65 TO 72 74
TO 76 78 TO 81 83 85 TO 87 -
89 TO 91 93 TO 99 101 TO 119 121 TO 145
147 TO 151 181 TO 184 186 188 -
189 191 193 194 196 199 202 203 206 207
210 212 TO 214 217 219 221 -
224 226 TO 228 231 233 235 238 240 FX
0.012 FZ 0.004
6 8 TO 43 45 TO 54 57 TO 63 65 TO 72 74
TO 76 78 TO 81 83 85 TO 87 -
89 TO 91 93 TO 99 101 TO 119 121 TO 145
147 TO 151 181 TO 184 186 188 -
189 191 193 194 196 199 202 203 206 207
210 212 TO 214 217 219 221 -
224 226 TO 228 231 233 235 238 240 FX
0.009 FZ 0.003

*** REACCIONES

LOAD COMB 7 1.5 (CM+CV)

2 1.5 3 1.5

LOAD COMB 8 1.1 (CM+VR=160KM/HR)

2 1.1 4 1.1

LOAD COMB 9 1.1 (CM+SISMO)

2 1.1 6 1.1

*** DISEÑO

LOAD COMB 10 1.0 (CM+CV)

2 1.0 3 1.0

LOAD COMB 11 0.75 (CM+VR=160KM/HR)

2 0.75 4 0.75

LOAD COMB 12 0.75 (CM+SISMO)

2 0.75 6 0.75

*** DESPLAZAMIENTO

LOAD COMB 13 1.0 (CM+VOP=140KM/HR)

2 1. 5 1.

LOAD COMB 14 1.0 (CM+SISMO)

2 1. 6 1.

PERFORM ANALYSIS

LOAD LIST 10 11 12

PARAMETER

CODE AISC

FYLD 3.515E4 ALL

BEAM 1. ALL

CHECK CODE ALL

LOAD LIST 7 8 9

PRINT SUPPORT REACTIONS

LOAD LIST 13 14

PRINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 207 52 231 217

53 210 227 213 54 212 214 228

STEEL TAKE OFF

FINISH

Anexo B

Mecánica de Suelos

Anexo B

Mecánica de Suelos

G2

GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

Querétaro, Qro. 12 de Noviembre de 2003.

WFI DE MÉXICO, S. DE R. L. DE C. V.
Av. Ejército Nacional No. 579, 2º piso
Colonia Granada
C. P. 11520, México, D. F.
Presente

Atención: Arq. David Oropeza
Departamento de Ingeniería.

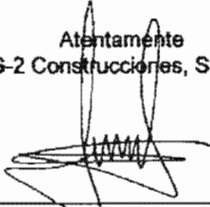
Señor arquitecto:

Con la presente hacemos entrega del Informe Técnico, en original, denominado, "ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA EL PROYECTO DE RADIO BASE DE TELEFONÍA CELULAR", en San Luis Potosí, S. L. P. para el sitio:

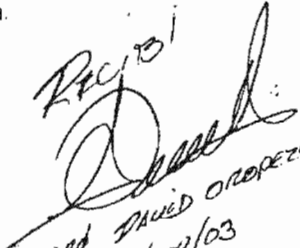
1. "Aeropuerto" SP 3017 A1.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente, quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración que se considere pertinente.

Atentamente
Grupo G-2 Construcciones, S.A. de C. V.


Ing. Juan Goddard Ensástiga
Director General

C.c.p. Arq. José Alberto López.


RECIBI
ARQ. DAVID OROPEZA U.
12/10/03
W.F.I

Cerro del Agua 114, Colinas del Cimataro,
Querétaro, Qro. CP.76090

Tel / Fax: (442) 248.19.27
grupog2@prodigy.net.mx



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RADIO BASE DE TELEFONÍA CELULAR

**SITIO "AEROPUERTO" SP 3017
SAN LUIS POTOSI, S. L. P.**

NOVIEMBRE DE 2003

Cerro del Agua 114, Colinas del Cimatlano,
Querétaro, Qro. CP.76090

Tel / Fax: (442) 248.19.27
grupog2@prodigy.net.mx



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA RADIO BASE DE TELEFONÍA CELULAR
SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1, SAN LUIS POTOSI, S.L.P.

RELACION DE FIGURAS

- | | |
|----------|--|
| Figura 1 | Localización del sitio. |
| Figura 2 | Geología regional. |
| Figura 3 | Columna estratigráfica sondeo SE-1. |
| Figura 4 | Análisis granulométrico SE-1, muestras 2,4 Y 6. |
| Figura 5 | Análisis granulométrico SE-1, muestras 8 Y 10. |
| Figura 6 | Capacidad de carga admisible de zapatas cuadradas. |
| Figura 7 | Asentamientos elásticos de zapatas. |
| Figura 8 | Módulo de reacción. |

RELACION DE ANEXOS

- | | |
|---------|---------------------------------------|
| Anexo 1 | Registro de exploración. |
| Anexo 2 | Resultados de ensayos de laboratorio. |
| Anexo 3 | Memoria de cálculo. |



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

1. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes.

El presente informe contiene el estudio de mecánica de suelos realizado por la empresa Grupo G-2 Construcciones, S. A. de C. V. para el proyecto y construcción de una Radio Base de Telefonía Celular, que se pretende construir en la Parcela No. 142 2-3 P1/1 del Ejido milpillas, en San Luis Potosí, S. L. P.(Fig. 1). Dicho proyecto se denomina: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1.

1.2 Descripción del proyecto.

La cimentación de este tipo de estructuras usualmente se resuelve con una zapata de concreto reforzado de dimensiones hasta de 5 por 5 m, desplantada entre 2 y 2.5 m de profundidad. El peso total del sistema es de aproximadamente 90 toneladas

1.3 Objetivos y alcance.

El objetivo principal de este estudio consiste en definir las características estratigráficas y propiedades del subsuelo, con el fin de determinar el tipo de cimentación más adecuado para la estructura proyectada. Una vez seleccionada la cimentación más adecuada, se determinará su procedimiento constructivo.

El alcance del estudio incluye una descripción de los trabajos de campo, resultados de laboratorio y características estratigráficas del sitio. También se presentan los resultados de los análisis geotécnicos como: tipo de cimentación más adecuado, profundidad de desplante, capacidad de carga admisible, cálculo de asentamientos y determinación del módulo de reacción del subsuelo. Después se define el



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

procedimiento constructivo de la cimentación. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

2. ESTUDIO DEL SUBSUELO.

2.1 Geología Regional.

Con base en la Carta Geológica de la ciudad de San Luis Potosí (Ref. 1), el sitio en estudio se encuentra asentado en una zona plana de suelos aluviales, constituidos superficialmente por depósitos aluviales finos, en ocasiones con caliche, compuestos por limos y arcillas de baja a mediana plasticidad, y por gravas y arenas limpias o mezcladas con limo o arcilla. En la figura 2 se muestra la ubicación del sitio, en referencia a las diferentes formaciones geológicas del sitio y sus alrededores.

2.2 Exploración y muestreo en campo.

Con objeto de determinar las características estratigráficas del subsuelo en el sitio, se efectuó un sondeo profundo con máquina rotatoria denominado SE-1 (foto 1). El sondeo realizado fue del tipo exploratorio y se llevó hasta 5.78 m de profundidad.

El muestreo alterado se efectuó con la herramienta de penetración estándar, lo que permitió obtener muestras alteradas representativas además de medir el índice estándar de resistencia a la penetración (N) mediante el número de golpes en la prueba SPT (Standard Penetration Test). Para estabilizar las paredes de la perforación se utilizó lodo bentonítico en toda la longitud muestreada. Durante los trabajos de exploración no se detectó el nivel de agua freática (NAF). En el anexo 1 se muestra el registro de exploración del sondeo realizado.



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

Los trabajos de exploración y muestreo, fueron realizados por una brigada de exploración de suelos, integrada por un perforista, dos ayudantes de perforación, un chofer y un ingeniero geotécnico supervisor. El equipo empleado para la exploración y muestreo fue una máquina perforadora marca Long Year modelo 34 y una bomba de lodos marca Moyno 3L6.

Todas las muestras obtenidas del sondeo se enviaron al laboratorio de mecánica de suelos para su posterior análisis. Los resultados obtenidos durante la exploración, en cuanto a la resistencia a la penetración estándar, al tipo y ubicación de las muestras y a la estratigrafía de los materiales muestreados, se presentan gráficamente en la figura 3.

2.3 Ensayes de laboratorio.

Las muestras obtenidas del sondeo se ensayaron en el laboratorio para conocer sus características y propiedades. Se efectuaron los ensayos que se enuncian enseguida:

En todas las muestras de suelo:

- Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Determinación del contenido natural de agua.

En algunas muestras representativas:

- Granulometría por mallas.
- Límites de plasticidad, líquido y plástico.
- Contracción lineal.



EL perfil estratigráfico del sondeo, definido mediante los trabajos de campo laboratorio, se muestra gráficamente en la figura 3; ahí se incluye la descripción clasificación de los materiales encontrados, la variación con la profundidad del número de golpes en la prueba de penetración estándar, la variación con la profundidad de contenido de humedad natural, los resultados gráficos de los límites de plasticidad y de los ensayos granulométricos de porcentaje de grava, arena y finos.

En las figuras 4 y 5 se presentan los análisis granulométricos efectuados y en el anexo 2 se presentan los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados.

2.4 Características estratigráficas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración de campo y en los ensayos de laboratorio realizados, la estratigrafía encontrada, a partir del nivel del terreno natural actual y hasta la máxima profundidad explorada, consiste básicamente de tres estratos de suelo, los cuales se describen a continuación:

Material de relleno. Superficialmente y hasta una profundidad de 0.6 m, se encuentra un material de relleno, constituido por un limo arenoso café claro, contaminado con materia orgánica, de consistencia blanda, clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como ML. Para fines de clasificación preliminar, este estrato de suelo se clasifica como 100-00-00, para material tipo A, y C, respectivamente. De ensayos de laboratorio se obtuvo un contenido natural de agua de 6%.

Limo arenoso café claro. Debajo del estrato superficial y hasta una profundidad de 4 m, se encuentra un estrato de limo arenoso, café claro, de consistencia media hasta 1.2 m de profundidad, dura hasta 1.8 m de profundidad y muy dura hasta 4.8 m de



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

profundidad, clasificado de acuerdo al SUCS como ML y ocasionalmente como SM. Para fines de clasificación para presupuesto, la parte superior de este estrato de suelo se clasifica como 40-60-00, para material tipo A, B y C, respectivamente.

De ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 14%, grava 1%, arena 34%, finos 65%, límite líquido 32%, límite plástico 23%, índice plástico 9% y contracción lineal 4.3%.

Limo arenoso café rojizo. De 4.8 m y al menos hasta la máxima profundidad de exploración de 5.78 m, se encuentra un estrato de limo arenoso, café rojizo, de consistencia muy dura, clasificado de acuerdo al SUCS como ML

De ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 17%, grava 0%, arena 49%, finos 51%, límite líquido 36%, límite plástico 30%, índice plástico 6% y contracción lineal 3.0%.

3. ANALISIS GEOTECNICOS.

3.1 Tipo de cimentación.

De acuerdo con las características y propiedades del subsuelo, y considerando el tipo de estructura por construir, se considera adecuada una cimentación de tipo superficial, mediante la utilización de una zapata de concreto reforzado.



3.2 Profundidad de desplante.

La zapata se deberá desplantar a una profundidad mínima de 2.0 m por debajo del terreno natural actual, de manera de garantizar que ésta se apoye dentro del estrato de limo arenoso, café claro, de consistencia media a muy dura, detectado a partir de 0.6 m de profundidad.

3.3 Capacidad de carga admisible.

Para determinar la capacidad de carga del estrato de apoyo de la zapata, se considerará que el estrato de limo arenoso se comporta como un suelo cohesivo. Para ello se utilizará el método del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Ref. 2), utilizando la siguiente expresión:

$$q_{ad} = C_u * N_c * F_r + \gamma * D_f$$

Siendo

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 * D_f / B + 0.25 * B / L)$$

Para $D_f / B < 2$ y $B / L < 1$

En caso de que D_f / B y B / L no cumplan con las desigualdades anteriores, dichas relaciones se considerarán iguales a 2 y 1, respectivamente.

Donde:

q_{ad} = capacidad de carga admisible, en ton/m^2 .

C_u = cohesión del suelo de apoyo, determinada en 16.66 ton/m^2

N_c = factor de capacidad de carga que depende de las relaciones D_f/B y B/L .



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

D_r = profundidad de desplante, en m.

B = ancho del cimiento, en m.

L = largo del cimiento, en m.

γ = peso volumétrico del suelo por encima del nivel de desplante, igual a 1.60 ton/m^3 .

F_r = factor de resistencia, igual a 0.35.

En la siguiente tabla se muestran las capacidades de carga obtenidas, en función de diferentes anchos de cimiento y diversas profundidades de desplante:

Tabla 1. Capacidad de carga admisible del terreno de cimentación

Ancho de Zapata (m)	Capacidad de carga admisible (ton/m^2)		
	$D_r = 2.0 \text{ m}$	$D_r = 2.25 \text{ m}$	$D_r = 2.5 \text{ m}$
2.0	48.14	49.48	50.82
3.0	45.65	46.67	47.70
4.0	44.40	45.27	46.13
5.0	43.65	44.42	45.20

Como puede observarse, la capacidad de carga varía con el ancho del cimiento y con la profundidad de desplante. En la figura 6 se presentan estos resultados en forma gráfica y en el anexo 3 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

Para cumplir con la revisión de los estados límite de falla de la cimentación, de acuerdo con el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. El ingeniero estructurista deberá verificar que la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectadas por sus respectivos



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

D_r = profundidad de desplante, en m.

B = ancho del cimiento, en m.

L = largo del cimiento, en m.

γ = peso volumétrico del suelo por encima del nivel de desplante, igual a 1.60 ton/m^3 .

F_r = factor de resistencia, igual a 0.35.

En la siguiente tabla se muestran las capacidades de carga obtenidas, en función de diferentes anchos de cimiento y diversas profundidades de desplante:

Tabla 1. Capacidad de carga admisible del terreno de cimentación

Ancho de Zapata (m)	Capacidad de carga admisible (ton/m^2)		
	$D_r = 2.0 \text{ m}$	$D_r = 2.25 \text{ m}$	$D_r = 2.5 \text{ m}$
2.0	48.14	49.48	50.82
3.0	45.65	46.67	47.70
4.0	44.40	45.27	46.13
5.0	43.65	44.42	45.20

Como puede observarse, la capacidad de carga varía con el ancho del cimiento y con la profundidad de desplante. En la figura 6 se presentan estos resultados en forma gráfica y en el anexo 3 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

Para cumplir con la revisión de los estados límite de falla de la cimentación, de acuerdo con el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. El ingeniero estructuralista deberá verificar que la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectadas por sus respectivos



Tabla 2. Asentamientos de zapatas

Ancho de Zapata (m)	Asentamiento elástico (cm)		
	$D_f = 2.0$ m	$D_f = 2.25$ m	$D_f = 2.5$ m
2.0	1.82	1.87	1.92
3.0	2.59	2.65	2.71
4.0	3.36	3.43	3.49
5.0	4.13	4.20	4.28

El asentamiento máximo calculado bajo una zapata aislada de hasta 5 m de lado, es de 4.28 cm. En la figura 7 se presentan graficados los asentamientos esperados para diferentes dimensiones y profundidades de desplante de zapatas. En el anexo 3 se presenta la memoria de cálculo respectiva.

3.5 Módulo de reacción del subsuelo.

Para el cálculo del Módulo de reacción del subsuelo se utilizó la siguiente expresión para suelos de comportamiento cohesivo (Ref. 4):

$$k_s = k_{s1} (n + 0.5) / 1.5 n$$

Donde:

- k_s = Módulo de reacción del subsuelo, en kg/cm^3
- k_{s1} = Módulo de reacción unitario promedio, de una placa de acero rígida de 30.48 x 30.48 cm de lado, en Kg/cm^3
- n = Relación largo/ancho del cimiento, adimensional.

Asignando un valor a k_{s1} de $9.82 \text{ kg}/\text{cm}^3$ para el estrato de apoyo, se obtiene un módulo de reacción del subsuelo variable entre 9.82 y $7.09 \text{ kg}/\text{cm}^3$ para relaciones largo/ancho de zapata variable entre 1 y 6, respectivamente. En la figura 8 se presenta



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

graficada la variación del módulo de reacción, en función de la relación largo/ancho de zapata, y en el anexo 3 se presenta la memoria de cálculo respectiva.

4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Excavación de cepa para zapata. Para construir la zapata de la estructura, se excavará con taludes verticales, una cepa hasta una profundidad mínima de 2.0 m con respecto al nivel del terreno natural actual. Para fines de clasificación para presupuesto los 0.6 m superiores del suelo se clasifican como 100-00-00 de material tipo A-B-C, y el suelo subyacente como 40-60-00. El material producto de la excavación deberá acamellonarse para el relleno posterior de la cepa, a excepción de los 0.6 m superiores ya que es material de relleno.

Compactación del fondo de la excavación. Después de efectuada la excavación, la superficie descubierta se compactará en sus 30 cm superiores hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM), con respecto a la prueba Prócto estándar. Inmediatamente después se colocará una plantilla de concreto pobre ($f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$), de 5 cm de espesor promedio.

Construcción de cimentación. En la cepa para la zapata se colocará el acero de refuerzo y se procederá al colado de ésta, procurando que la cimentación sea monolítica, para lo cual las interrupciones de colado no deben exceder de treinta minutos.

Relleno de cepa. Después de construida la zapata, se rellenará la cepa de cimentación con el material producto de la misma excavación, compactándola con un rodillo



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

vibratorio, en capas de 20 cm de espesor, hasta alcanzar el 95% del PVSM del material, de acuerdo con la prueba Próctor estándar.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se realizó un estudio de mecánica de suelos para determinar el tipo de cimentación más adecuado y su procedimiento constructivo más conveniente, para la construcción de una Radio base de telefonía celular, en el sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, en San Luis Potosí, S. L. P.
- Se estableció que la cimentación más adecuada es del tipo superficial, utilizando una zapata de concreto reforzado, desplantada a una profundidad mínima de 2.0 m con respecto al nivel del terreno natural actual, de tal manera que ésta se apoye dentro del estrato de limo arenoso, café claro, de consistencia media a muy dura, detectado a partir de 0.6 m de profundidad.
- La capacidad de carga admisible de zapatas aisladas se muestra en la figura 6, la cual varía de 43.65 hasta 50.82 ton/m², dependiendo de la profundidad de desplante y del ancho de la zapata que se utilice.
- Los hundimientos elásticos calculados para zapatas aisladas se muestran en la figura 7, los cuales varían de 1.82 a 4.28 cm, dependiendo de la profundidad de desplante y del ancho de la zapata que se utilice.
- El módulo de reacción calculado se muestra en la figura 8, el cual varía de 9.82 a 7.09 kg/cm³, para relación largo/ancho de zapata de 1 a 6.



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

- Una vez que el proyecto estructural de la cimentación esté terminado, se deberá turnar a Grupo G-2 Construcciones, S. A. de C. V. para ratificar o rectificar los análisis y las conclusiones de este estudio.

Ing. Juan Goddard Ensástiga.



GRUPO G-2 CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

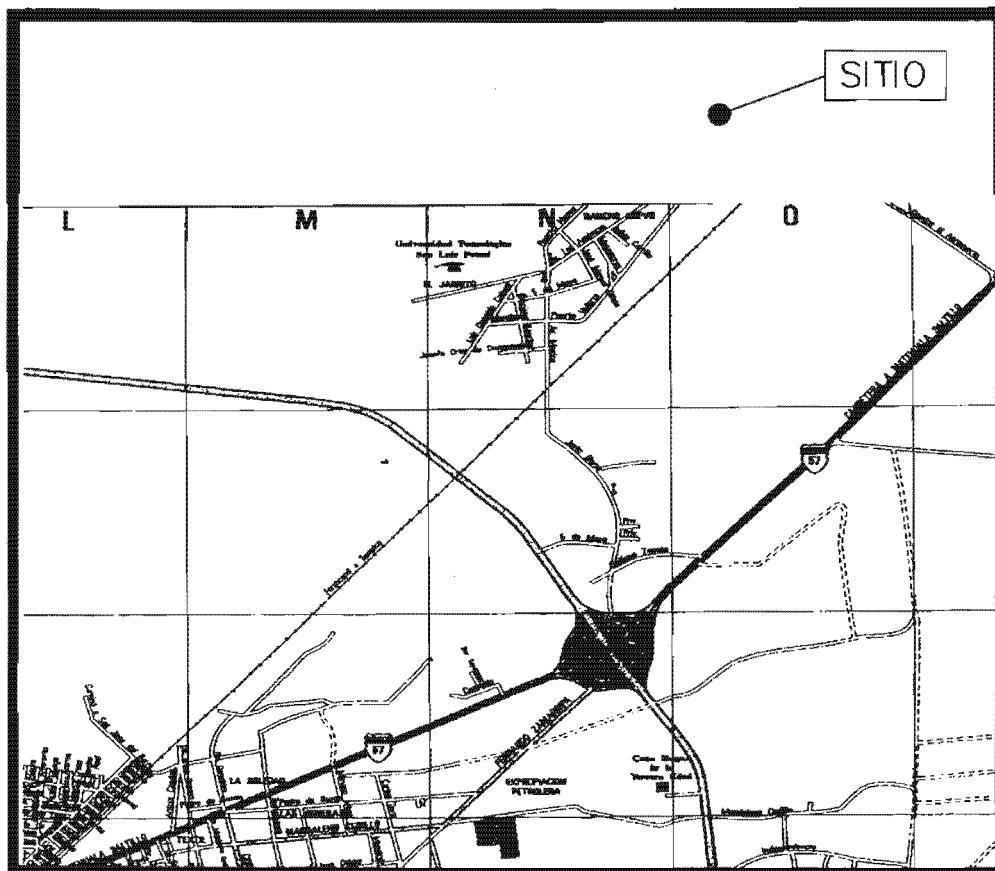
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Carta Geológica de la ciudad de San Luis Potosí F-14-A-84, publicada en 1977 (primera reimpresión) por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
2. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. Colegio de Ingenieros Civiles de México. Centro de Actualización Profesional. México, D. F. 1995.
3. Joseph E. Bowles. Foundation Analysis and Design. International Student Edition, McGraw-Hill Book Company. 1968.
4. Zeevaert, Leonardo. Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions. Segunda Edición. Van Nostrand Reinhold Company. 1983.

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017, San Luis Potosí, S.L.P.

92



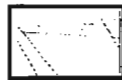
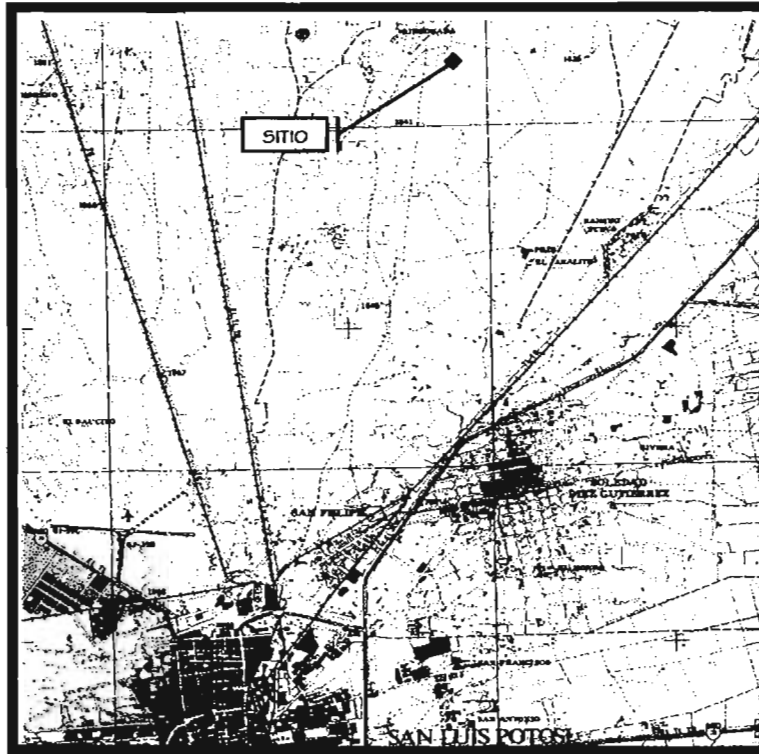
Localización del Sitio.

Figura 1

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 AI, San Luis Potosí, S. L. P.

G2



Aluvial
(AI)

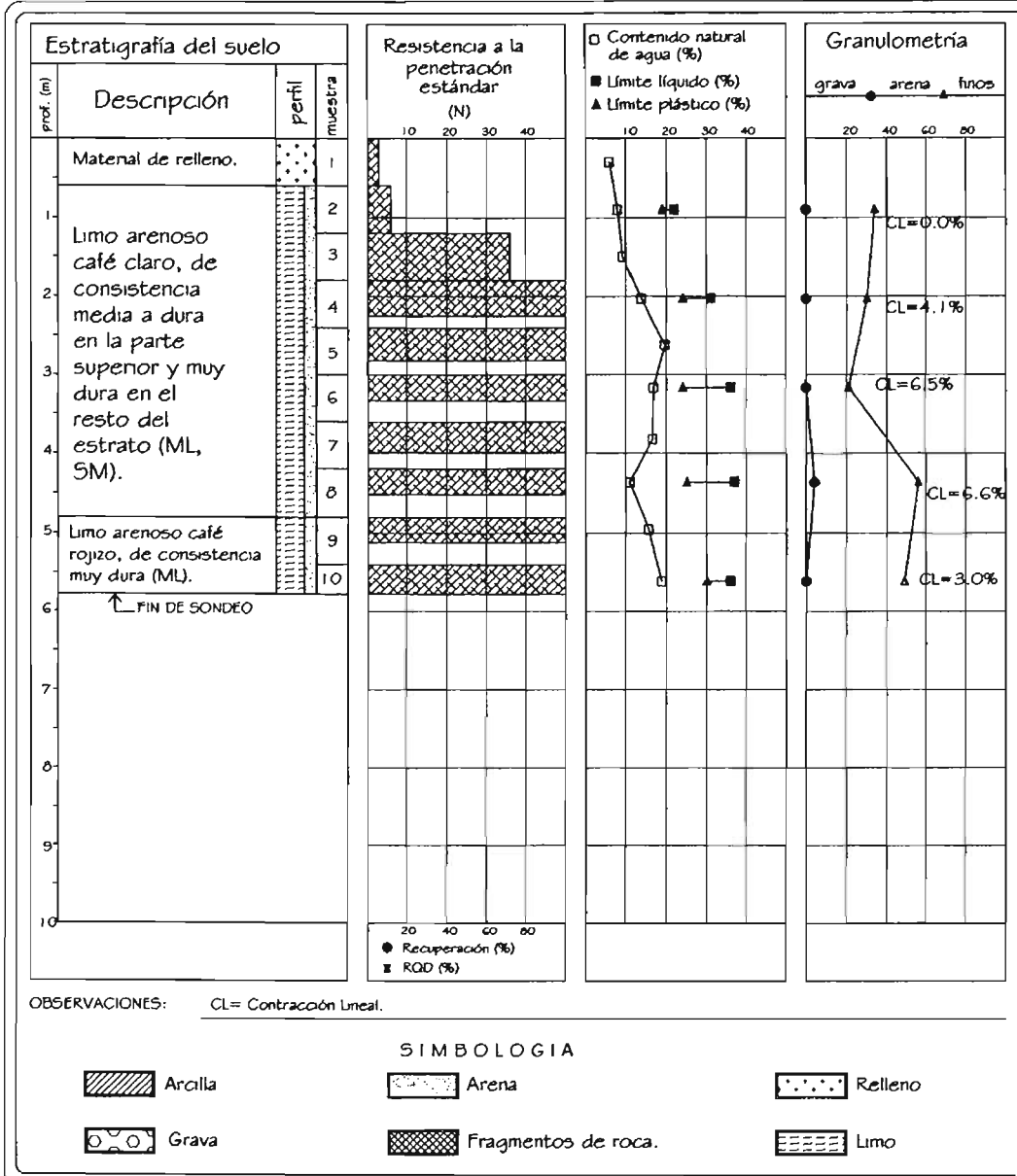
Geología regional.

Figura 2

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S.L.P

G2



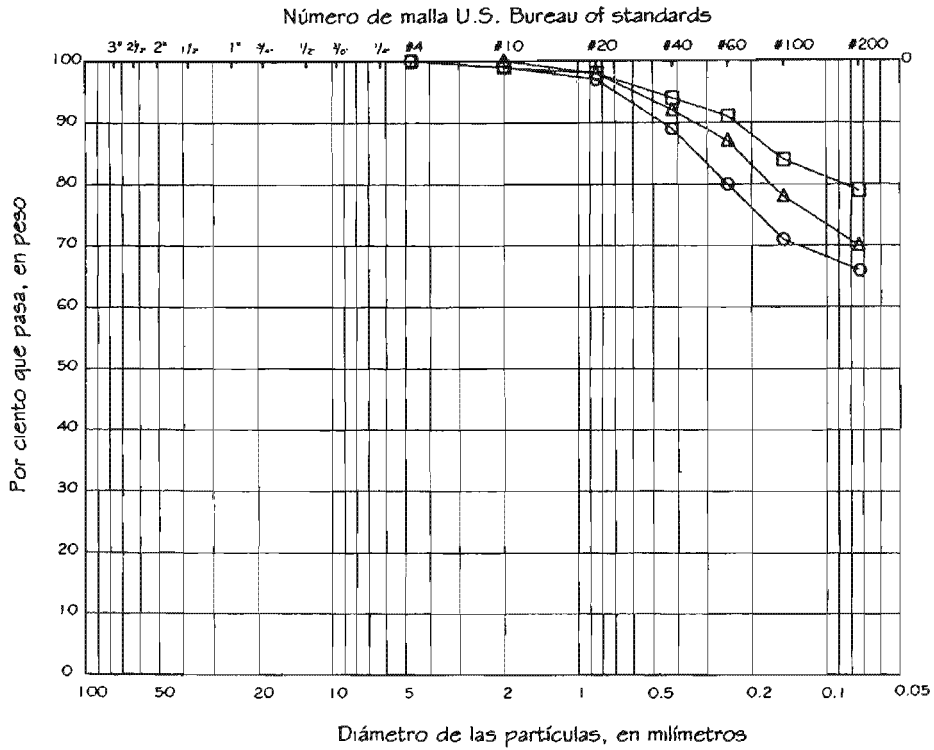
Columna Estratigráfica Sondeo SE-1

Figura 3

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S.L.P.

92



Sondeo	Muestra Nº	Profundidad m	Símbolo	Grava			Arena			C _u	C _c	grava %	arena %	finos %	Clasif. SUCS
				D10 mm	D30 mm	D60 mm	Gruesa	Meda	Fina						
SE-1	2	0.60-1.20	○—○								0	34	66	ML	
SE-1	4	1.80-2.25	△—△								0	30	70	ML	
SE-1	6	3.00-3.33	□—□								0	21	79	ML	

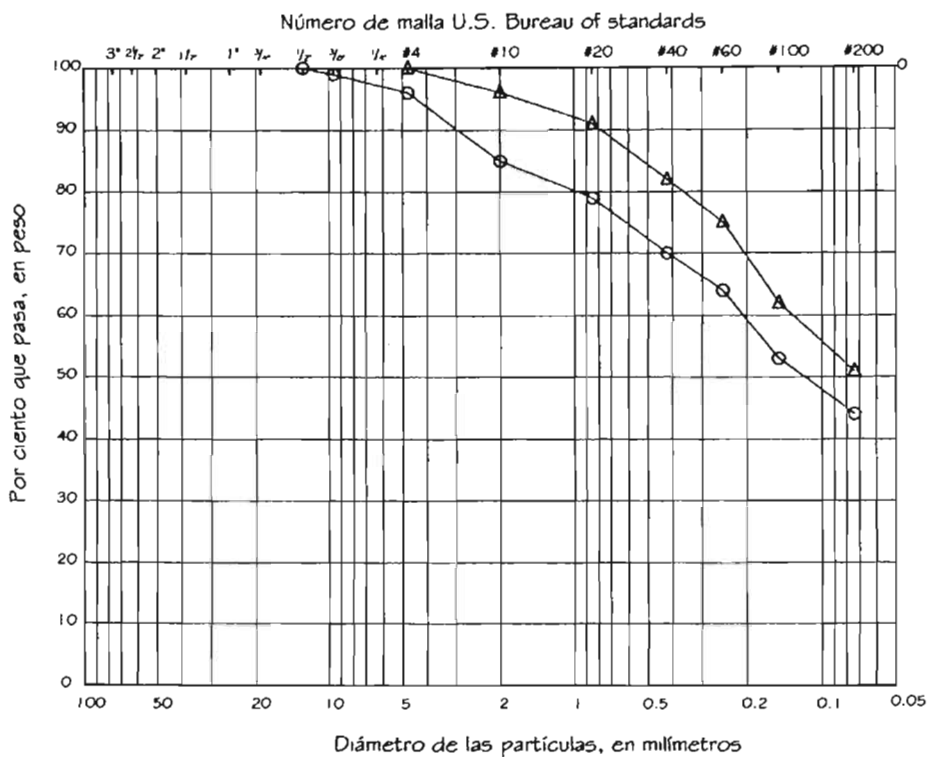
Análisis Granulométricos.

Figura 4

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 AI, San Luis Potosí, S.L.P.

92



Sondeo	Muestra	Profundidad m	Símbolo	Grava			Arena			Limo o Arcilla		
				Gruesa	Fina		Gruesa	Media	Fina			
	NP			D10 mm	D30 mm	D60 mm	C _u	C _c	grava %	arena %	finos %	Clasif. BUCS
SE-1	8	4.20-4.52	○—○						4	52	44	SM
SE-1	10	5.40-5.78	△—△						0	49	51	ML

Análisis Granulométricos.

Figura 5

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.

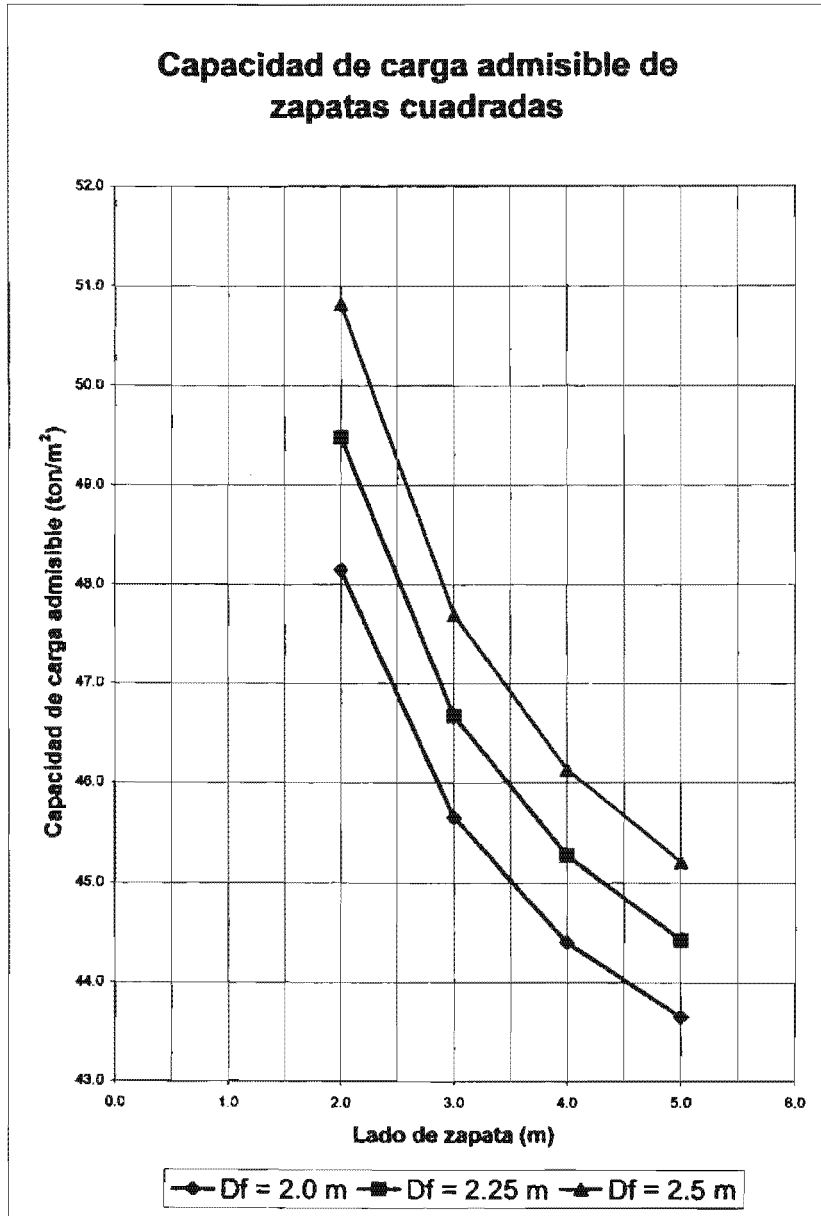
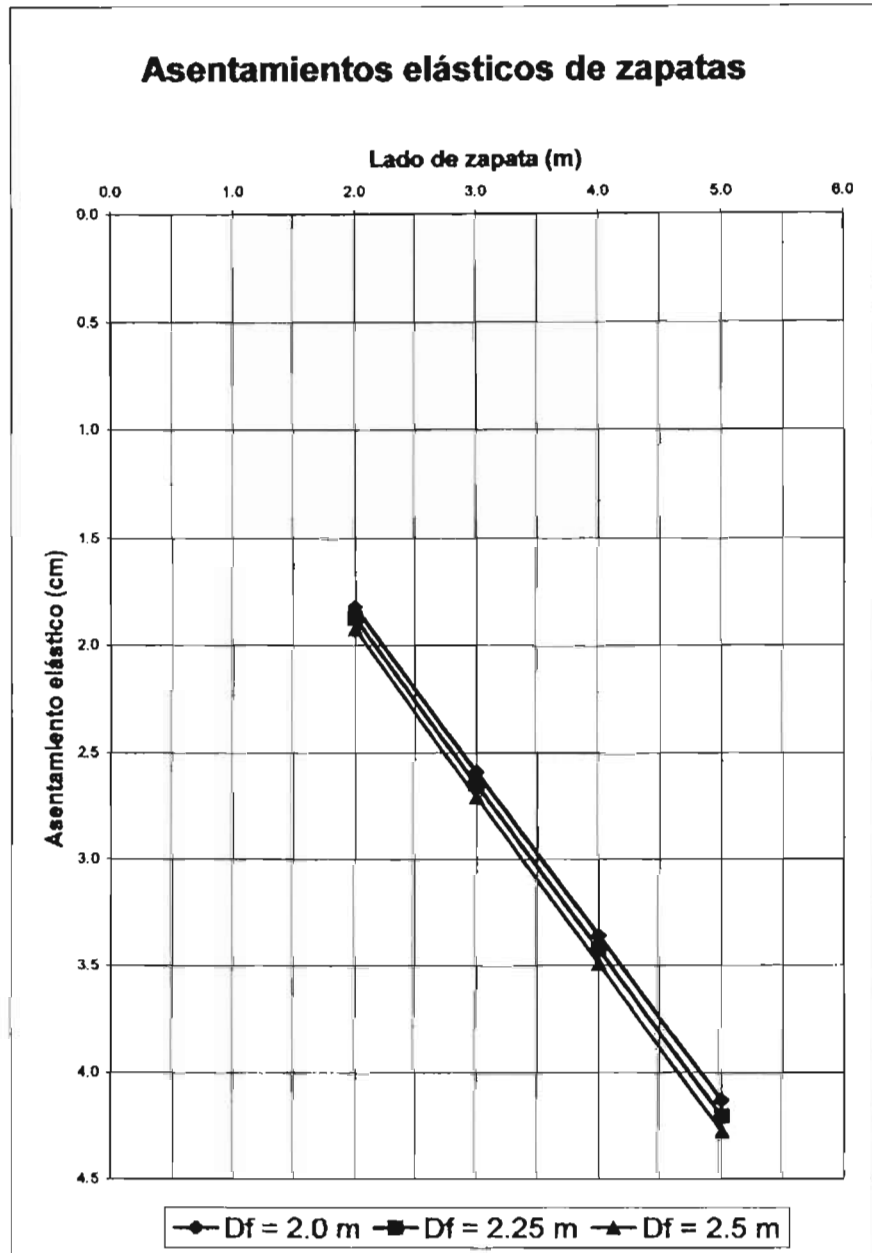


Figura 6

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.



Figura

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.

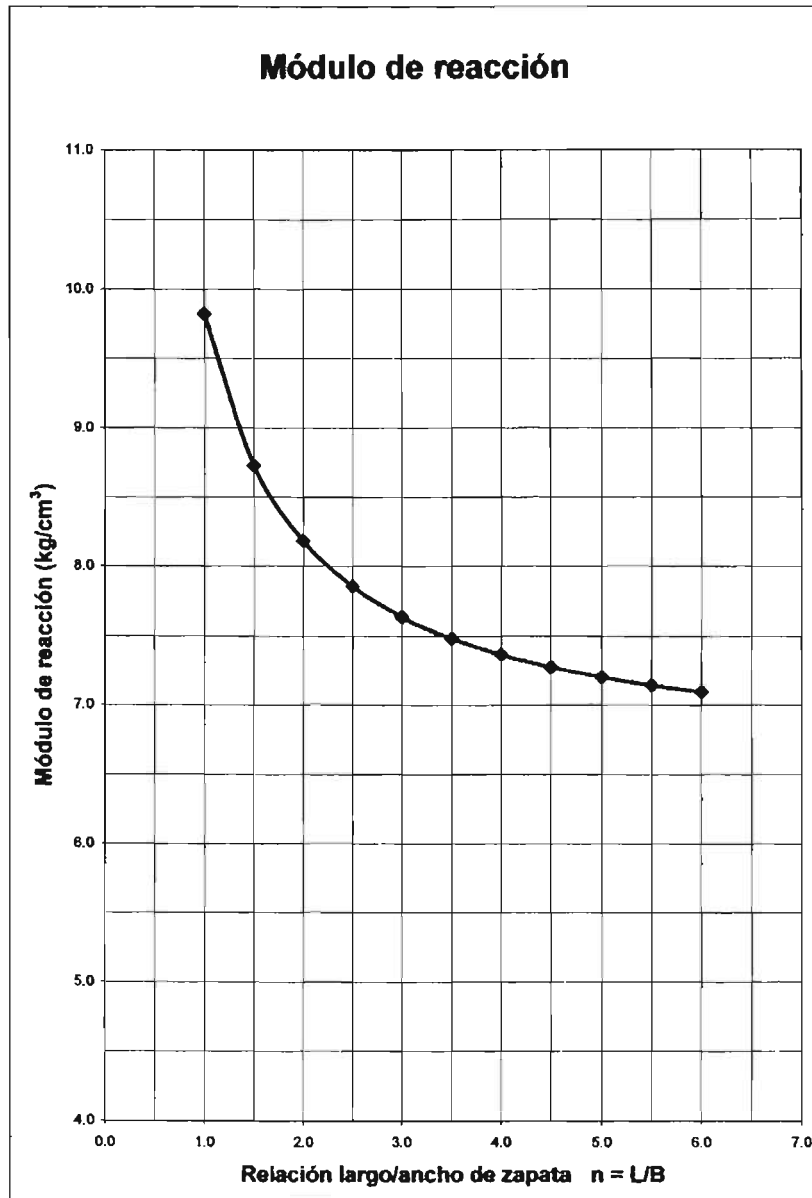


Figura 8

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.

Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S.L.P.

G2



Equipo de perforación y brigada de exploración realizando el sondeo profundo SE-1, que llegó a 5.78 m de profundidad.

Foto 1

REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

92

Proyecto: <u>Radio Base de Telefonía Celular.</u> Sondeo <u>SE - 1</u> Sitio <u>"Aeropuerto" SP 3017 A1</u> Nivel freático: <u>No se detectó.</u>	Ubicación: <u>Parcela No. 142 2-3 PVI del Ejido Milpillas, S.L.P.</u> Perforadora: <u>Long Year 34</u> Bomba: <u>Moyno 3L6</u> Fecha: <u>Octubre de 2003</u>
--	---

Muestra No	Profundidad (m)		Longitud de avance (m)	Recuperación		RQD (%)	Nº de Golpes.			Muestreo o avance	Descripción y clasificación SUCS.
	De	A		(m)	(%)		15cm	30cm	15cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.36	60		2	3	2	T.P.	Limo arenoso con material organico café claro
2	0.60	1.20	0.60	0.37	62		2	6	11	T.P.	Limo arenoso café claro
3	1.20	1.80	0.60	0.26	43		16	36	23	T.P.	Limo arenoso café claro
4	1.80	2.25	0.45	0.21	47		16	50		T.P.	Limo arenoso café claro
	2.25	2.40	0.15				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
5	2.40	2.82	0.42	0.39	93		36	50/27		T.P.	Limo arenoso café claro
	2.82	3.00	0.18				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
6	3.00	3.33	0.33	0.15	45		26	50/18		T.P.	Limo arenoso café claro
	3.33	3.60	0.27				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
7	3.60	3.99	0.39	0.39	100		30	50/24		T.P.	Limo arenoso café claro
	3.99	4.20	0.21				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
8	4.20	4.52	0.32	0.20	63		20	50/17		T.P.	Limo arenoso café claro
	4.52	4.80	0.28				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
9	4.80	5.12	0.32	0.20	62		40	50/17		T.P.	Limo arenoso café rojizo
	5.12	5.40	0.28				Avance			B.T.	Avance con broca triconica 2 1/5/16" de diámetro.
10	5.40	5.78	0.38	0.20	53		45	50/23		T.P.	Limo arenoso café rojizo

Observaciones: _____

Distancia: _____
Perforista: Abel García

Prof. Sondeo: 5.78 m
Supervisor: Noel Méndez

Anexo "B"

"Análisis, Diseño y Construcción de Torres de Telefonía Celular"

G2

PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR

UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1, SAN LUIS POTOSI, S.L.P.

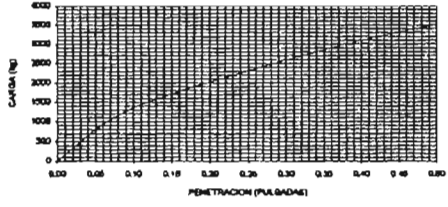
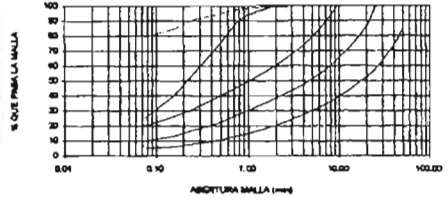
DETERMINACION DE LA HUMEDAD NATURAL Y CLASIFICACION VISUAL Y MANUAL

MUESTRA	N.º	PROFUNDIDAD	CAPSULA N.º	PESO HUMEDO	PESO SECO	HUMEDAD (%)	CLASIFICACION VISUAL Y MANUAL	
1	5	0.00-0.60	2103	100.0	94.4	5.9	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD.	
2	5	0.60-1.20	PP-37	100.0	92.7	7.9	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD.	
3	5	1.20-1.80	2107	100.0	91.6	9.2	LIMO CAFÉ OSCURO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
4	5	1.80-2.25	435	100.0	87.9	13.8	LIMO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
5	5	2.40-2.80	PP-20	100.0	83.8	19.6	LIMO CAFÉ CLARO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD.	
6	5	3.00-3.33	2128	100.0	86.6	16.8	ARCILLA CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
7	5	3.60-3.99	15	100.0	85.8	16.6	LIMO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
8	5	4.20-4.52	PP-32	100.0	90.2	10.9	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
9	5	4.80-5.12	CO	100.0	86.5	15.6	LIMO ARENOSO CAFÉ ROJIZO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD.	
10	5	5.40-5.78	701	100.0	84.2	18.8	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.	
FORMULO RAUL M. PEREZ PALOMARES			APROBO			FECHA OCTUBRE DE 2003		HOJA N.º 1

HOJA DE ENSAYE DE MATERIALES												
92					PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1SAN LUIS POTOSI, S.L.P.							
DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD.					PROCEDENCIA: SPT 1 MUESTRA 2 DE 0.60 A 1.20 m DE PROFUNDIDAD							
PESO MUESTRA	0	RET 2"	0	%DESP		PESO MUESTRA	0	VOLUMEN	0	PESO VOL.		
GRANULOMETRIA					LIMITES		 					
MALLA	RET. PAR	%RET. P.	%RET. AC.	%PASA		LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO
2"	0				No RECIPIENTE							
1 1/2"	0				N° TARA	69						
1"	0				P ₂₀₀ +T	120.55						
3/4"	0				P ₁₀₀ +T	101.47						
1/2"					AGUA	19.08						
3/8"	0				P ₂₀₀ +T	101.47						
1/4"					T	14.07						
No 4	0			100	P ₂₀₀	87.40						
P No 4	92.7	100	100		% w	21.8						
SUMA	92.7	100			INDICE PLASTICO							
	REC GR		REC HU		MOLDE No	10	PORTER					
No 10	0.6	1	1	99	LONGITUD INICIAL	99.60	DIFER.					
No 20	2.2	2	3	97	LONGITUD FINAL	99.60	PESO DEL MATERIAL HUMEDO		CONST.			
No 40	7.7	8	11	89	CONTRACCION LINEAL	0.0	ALTURA DEL MOLDE		PENETR.	LECT.	KGS	
No 60	7.7	8	20	80	EQUIVALENTE DE ARENA		ALTURA DEL MATERIAL		0.05"	0		
No 100	8.4	9	29	71	N° RECIPIENTE		DIAMETRO DEL MOLDE		0.10"	0		
No 200	4.6	5	34	66	LECTURA ARCILLA		AREA DEL MOLDE		0.15"	0		
P No200	61.5	66	100		LECTURA ARENA		VOLUMEN DE LA MUESTRA		0.20"	0		
SUMA	92.7	100			EQUIVALENTE DE ARENA		PESO VOLUMETRICO HUMEDO		0.30"	0		
DENSIDAD Y ABSORCION				VALOR CEMENTANTE			N° RECIPIENTE		0.40"	0		
N° RECIPIENTE				CARGA (kg)			PESO HUMEDO		0.50"	0		
PESO HUMEDO (g)				LADO 1 (cm)			PESO SECO		V.R. SOPORTE			
PESO SECO (g)				LADO 2 (cm)			AGUA		V.R. SOP. CORR.			
VOLUMEN (cm3)				AREA (cm2)			LECTURA INICIAL		PESO VOL SECO			
DENSIDAD				VALOR CEMENTANTE (kg/cm2)			LECTURA FINAL		HUMEDAD OPTIMA			
ABSORCION (%)				VALOR CEM. PROMEDIO (kg/cm2)			DIFERENCIA		% EXPANSION			
LABORATORISTA RAUL MARTIN PEREZ PALOMARES				REVISO ARQ. JOEL T. PEREZ PALOMARES			FECHA OCTUBRE DE 2003			HOJA N° 1		

G2					HOJA DE ENSAYE DE MATERIALES							
					PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1SAN LUIS POTOSI, S.L.P							
DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.					PROCEDENCIA: SPT 1 MUESTRA 4 DE 1.80 A 2.25 m DE PROFUNDIDAD							
PESO MUESTRA	0	RET 2"	0	%DESP		PESO MUESTRA	0	VOLUMEN	0	PESO VOL		
GRANULOMETRIA					LIMITES							
MALLA	RET. PAR	%RET. P.	%RET. AC.	%PASA		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO					
2"	0				No RECIPIENTE							
1 1/2"	0				N° TARA	26	25					
1"	0				Pw+T	99.82	21.06					
3/4"	0				Ps+T	79.50	19.71					
1/2"					AGUA	20.32	1.35					
3/8"	0				Pw+T	79.50	19.71					
1/4"					T	14.00	14.00					
No 4	0			100	P _s	65.50	5.71					
P No 4	87.9	100	100		% w	31.0	23.6					
SUMA	87.9	100			INDICE PLASTICO		7.4					
	REC GR		REC HU		MOLDE No	45	PORTER					
No 10	0.3	0	0	100	LONGITUD INICIAL	99.70	DIFER.					
No 20	1.3	1	2	98	LONGITUD FINAL	95.65	PESO DEL MATERIAL HUMEDO		CONST.			
No 40	5.8	6	8	92	CONTRACCION LINEAL	4.1	ALTURA DEL MOLDE		PENETR	LECT.	KGS	
No 60	4.3	5	13	87	EQUIVALENTE DE ARENA		ALTURA DEL MATERIAL		0.05"	0		
No 100	8.1	9	22	78	N° RECIPIENTE		DIAMETRO DEL MOLDE		0.10"	0		
No 200	6.5	7	30	70	LECTURA ARCILLA		AREA DEL MOLDE		0.15"	0		
P No 200	61.8	70	100		LECTURA ARENA		VOLUMEN DE LA MUESTRA		0.20"	0		
SUMA	87.9	100			EQUIVALENTE DE ARENA		PESO VOLUMETRICO HUMEDO		0.30"	0		
DENSIDAD Y ABSORCION					VALOR CEMENTANTE							
N° RECIPIENTE					CARGA (kg)		N° RECIPIENTE		0.40"	0		
PESO HUMEDO (g)					LADO 1 (cm)		PESO HUMEDO		0.50"	0		
PESO SECO (g)					LADO 2 (cm)		PESO SECO		V.R.SOPORTE			
VOLUMEN (cm ³)					AREA (cm ²)		AGUA		V.R.SOP CORR.			
DENSIDAD					VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)		LECTURA INICIAL		PESO VOL SECO			
ABSORCION (%)					VALOR CEM PROMEDIO (kg/cm ²)		LECTURA FINAL		HUMEDAD OPTIMA			
							DIFERENCIA		% EXPANSION			
LABORATORISTA RAUL MARTIN PEREZ PALOMARES					REVISO ARQ. JOEL T. PEREZ PALOMARES			FECHA OCTUBRE DE 2003			HOJA N° 2	

HOJA DE ENSAYE DE MATERIALES									
<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">G2</h1>					PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1SAN LUIS POTOSI, S.L.P.				
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.					PROCEDENCIA: SPT 1 MUESTRA 6 DE 3.00 A 3.33 m DE PROFUNDIDAD				
PESO MUESTRA		0		RET 2"		0		%DESP	
PESO MUESTRA		0		VOLUMEN		0		PESO VOL.	
GRANULOMETRIA					LIMITES				
MALLA	RET.PAR	%RET.P.	%RET.AC.	%PASA		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO		
2"	0				No RECIPIENTE				
1 1/2"	0				N° TARA	22	33		
1"	0				P ₂₀₀ T	65.46	21.23		
3/4"	0				P ₄₀ T	51.92	19.84		
1/2"					AGUA	13.54	1.39		
3/8"	0				P ₂₀₀ T	51.92	19.84		
1/4"					T	14.10	14.11		
No 4	0			100	P _s	37.82	5.73		
P No 4	85.6	100	100		% w	35.8	24.3		
SUMA	85.6	100			INDICE PLASTICO		11.5		
	REC GR		REC HU		MOLDE No		114		
					PORTER				
No 10	0.6	1	1	99	LONGITUD INICIAL	99.40	DIFER		
No 20	1.1	1	2	98	LONGITUD FINAL	92.90	PESO DEL MATERIAL HUMEDO	CONST.	
No 40	3.6	4	6	94	CONTRACCION LINEAL	6.5	ALTURA DEL MOLDE	PENETR	LECT. KGS
No 60	2.8	3	9	91	EQUIVALENTE DE ARENA		ALTURA DEL MATERIAL	0.05"	0
No 100	5.2	6	16	84	N° RECIPIENTE		DIAMETRO DEL MOLDE	0.10"	0
No 200	4.7	5	21	79	LECTURA ARCILLA		AREA DEL MOLDE	0.15"	0
P No200	67.8	79	100		LECTURA ARENA		VOLUMEN DE LA MUESTRA	0.20"	0
SUMA	85.6	100			EQUIVALENTE DE ARENA		PESO VOLUMETRICO HUMEDO	0.30"	0
DENSIDAD Y ABSORCION					VALOR CEMENTANTE				
N° RECIPIENTE					CARGA (kg)		N° RECIPIENTE	0.40"	0
PESO HUMEDO (g)					LADO 1 (cm)		PESO HUMEDO	0.50"	0
PESO SECO (g)					LADO 2 (cm)		PESO SECO	V.R.SOPORTE	
VOLUMEN (cm ³)					AREA (cm ²)		AGUA	V.R.SOP.CORR.	
DENSIDAD					VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)		LECTURA INICIAL	PESO VOL SECO	
ABSORCION (%)					VALOR CEM. PROMEDIO (kg/cm ²)		LECTURA FINAL	HUMEDAD OPTIMA	
LABORATORISTA RAUL MARTIN PEREZ PALOMARES					REVISO ARQ. JOEL T. PEREZ PALOMARES				
					FECHA OCTUBRE DE 2003				
					HOJA N° 3				



HOJA DE ENSAYE DE MATERIALES											
92					PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1SAN LUIS POTOSI, S.L.P.						
DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.					PROCEDENCIA: SPT 1 MUESTRA 8 DE 4.20 A 4.52 m DE PROFUNDIDAD						
PESO MUESTRA	0	RET Z'	0	%DESP		PESO MUESTRA	0	VOLUMEN	0	PESO VOL	
GRANULOMETRIA					LIMITES			 			
MALLA	RET.PAR	%RET.P.	%RET.AC.	%PASA		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO				
Z'	0	0	0	100	No RECIPIENTE						
1 1/2"	0	0	0	100	N° TARA	72	27				
1"	0	0	0	100	Pw+T	112.87	21.10				
3/4"	0	0	0	100	Ps+T	86.44	19.68				
1/2"		0	0	100	AGUA	26.43	1.42				
3/8"	1.1	1	1	99	Pw+T	86.44	19.68				
1/4"		0	1	99	T	13.97	13.96				
No 4	2.2	2	4	96	Pc	72.47	5.72				
P No 4	86.9	96	100		% w	36.5	24.8				
SUMA	90.2	100			INDICE PLASTICO		11.6				
	REC GR		REC HU		MOLDE No	37	PORTER				
No 10	10	11	15	85	LONGITUD INICIAL	99.60	DIFER.				
No 20	5.9	7	21	79	LONGITUD FINAL	93.00	PESO DEL MATERIAL HUMEDO		CONST.		
No 40	8.3	9	30	70	CONTRACCION LINEAL	6.6	ALTURA DEL MOLDE		PENETR.	LECT.	KGS
No 60	5.4	6	36	64	EQUIVALENTE DE ARENA		ALTURA DEL MATERIAL		0.05"	0	
No 100	9.7	11	47	53	N° RECIPIENTE		DIAMETRO DEL MOLDE		0.10"	0	
No 200	7.6	8	56	44	LECTURA ARCILLA		AREA DEL MOLDE		0.15"	0	
P No200	40.0	44	100		LECTURA ARENA		VOLUMEN DE LA MUESTRA		0.20"	0	
SUMA	86.9	96			EQUIVALENTE DE ARENA		PESO VOLUMETRICO HUMEDO		0.30"	0	
DENSIDAD Y ABSORCION				VALOR CEMENTANTE				N° RECIPIENTE	0.40"	0	
N° RECIPIENTE				CARGA (kg)				PESO HUMEDO		0.50"	0
PESO HUMEDO (g)				LADO 1 (cm)				PESO SECO		V.R.SOPORTE	
PESO SECO (g)				LADO 2 (cm)				AGUA		V.R.SOP.CORR.	
VOLUMEN (cm3)				AREA (cm2)				LECTURA INICIAL		PESO VOL SECO	
DENSIDAD				VALOR CEMENTANTE (kg/cm2)				LECTURA FINAL		HUMEDAD OPTIMA	
ABSORCION (%)				VALOR CEM. PROMEDIO (kg/cm2)				DIFERENCIA		% EXPANSION	
LABORATORISTA RAUL MARTIN PEREZ PALOMARES				REVISO ARQ. JOEL T. PEREZ PALOMARES				FECHA OCTUBRE DE 2003			HOJA N° 4

G2					HOJA DE ENSAYE DE MATERIALES																	
					PROYECTO: RADIO BASE DE TELEFONIA CELULAR					UBICACIÓN: SITIO "AEROPUERTO" SP 3017 A1SAN LUIS POTOSI, S.L.P.												
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.					PROCEDENCIA: SPT 1 MUESTRA 10 DE 5.40 A 5.78 m DE PROFUNDIDAD																	
PESO MUESTRA		0		RET 2"		0		%DESP		PEBO MUESTRA		0		VOLUMEN		0		PESO VOL.				
GRANULOMETRIA					LIMITES																	
MALLA	RET. PAR	%RET. P.	%RET. AC.	%PASA		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO															
2"	0				No RECIPIENTE																	
1 1/2"	0				N° TARA	55	61															
1"	0				P _w +T	115.91	21.13															
3/4"	0				P _s +T	89.22	19.48															
1/2"					AQUA	26.89	1.65															
3/8"	0				P _s +T	89.22	19.48															
1/4"					T	14.08	14.03															
No 4	0			100	P _s	75.16	5.45															
P No 4	84.2	100	100		% w	35.5	30.3															
SUMA	84.2	100			INDICE PLASTICO		5.2															
	REC GR		REC HU		MOLDE No		55	PORTER														
No 10	3.7	4	4	96	LONGITUD INICIAL	99.00		DIFER														
No 20	3.8	5	9	91	LONGITUD FINAL	96.05		PESO DEL MATERIAL HUMEDO		CONST.												
No 40	7.6	9	18	82	CONTRACCION LINEAL	3.0		ALTURA DEL MOLDE		PENETR	LECT.	KGS										
No 60	5.9	7	25	75	EQUIVALENTE DE ARENA			ALTURA DEL MATERIAL		0.05"	0											
No 100	11.2	13	38	62	N° RECIPIENTE			DIAMETRO DEL MOLDE		0.10"	0											
No 200	8.8	10	49	51	LECTURA ARCILLA			AREA DEL MOLDE		0.15"	0											
P No 200	43.2	51	100		LECTURA ARENA			VOLUMEN DE LA MUESTRA		0.20"	0											
SUMA	84.2	100			EQUIVALENTE DE ARENA			PESO VOLUMETRICO HUMEDO		0.30"	0											
DENSIDAD Y ABSORCION					VALOR CEMENTANTE					N° RECIPIENTE												
N° RECIPIENTE					CARGA (kg)					PESO HUMEDO												
PESO HUMEDO (g)					LADO 1 (cm)					PESO SECO												
PESO SECO (g)					LADO 2 (cm)					AGUA												
VOLUMEN (cm3)					AREA (cm2)					LECTURA INICIAL												
DENSIDAD					VALOR CEMENTANTE (kg/cm2)					LECTURA FINAL												
ABSORCION (%)					VALOR CEM. PROMEDIO (kg/cm2)					DIFERENCIA												
LABORATORISTA					REVISO					FECHA					HOJA N°							
RAUL MARTIN PEREZ PALOMARES					ARQ. JOEL T. PEREZ PALOMARES					OCTUBRE DE 2003					5							

**Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.**

**CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SOMERAS DESPLANTADAS SOBRE SUELOS COHESIVOS
METODO DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION PARA EL DISTRITO FEDERAL**

$$q_{ad} = C_u * N_c * Fr + P_v * D_f$$

Siendo $N_c = 5,14 (1 + 0,25 D_f/B + 0,25 B/L)$

para: $D_f / B < 2$ y $B / L < 1$

En caso de que D_f / B y B / L no cumplan con las desigualdades anteriores, dichas relaciones se considerarán iguales a 2 y 1, respectivamente.

Donde:

q_{ad}		Capacidad de carga admisible, en ton/m^2 .
C_u		Cohesión aparente del suelo de apoyo, en ton/m^2 , determinada en ensaye triaxial UU.
N_c		Coefficiente de capacidad de carga.
Fr		Factor de resistencia.
P_v	1.6	Peso volumétrico del material hasta la profundidad de desplante, en ton/m^3 .
D_f		Profundidad de desplante, en m.
B		Ancho del cimiento, en m.
L		Largo del cimiento, en m.
N	50	Número de golpes en prueba SPT

$C = 16.66$

Zapatas Aisladas

D_f m	C_u ton/m^2	Fr	P_v ton/m^3	B m	L m	D_f / B	N_c	q_{ad} ton/m^2
2.00	16.66	0.35	1.60	2.00	2.00	1.00	7.71	48.14
2.00	16.66	0.35	1.60	3.00	3.00	0.67	7.28	45.64
2.00	16.66	0.35	1.60	4.00	4.00	0.50	7.07	44.44
2.00	16.66	0.35	1.60	5.00	5.00	0.40	6.94	43.64
2.25	16.66	0.35	1.60	2.00	2.00	1.13	7.87	49.44
2.25	16.66	0.35	1.60	3.00	3.00	0.75	7.39	46.64
2.25	16.66	0.35	1.60	4.00	4.00	0.56	7.15	45.24
2.25	16.66	0.35	1.60	5.00	5.00	0.45	7.00	44.44
2.50	16.66	0.35	1.60	2.00	2.00	1.25	8.03	50.84
2.50	16.66	0.35	1.60	3.00	3.00	0.83	7.50	47.74
2.50	16.66	0.35	1.60	4.00	4.00	0.63	7.23	46.14
2.50	16.66	0.35	1.60	5.00	5.00	0.50	7.07	45.24

**Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.**

ASENTAMIENTOS ELASTICOS DE CIMENTACIONES SOMERAS

$$S = q \cdot B (1 - u^2) \cdot lw / E$$

Donde:

S		Asentamiento, en m.	lw1 =	0.55135 Ln (L/B) + 0.82348
q		Presión de contacto, en ton/m ² .		
B		Ancho del cimiento, en m.	lw2 =	0.01444 (L/B) + 1.95556
u	0.40	Relación de Poisson.		
lw		Factor de forma.		
E	2600	Módulo de elasticidad, en ton/m ² .		

Zapatas Aisladas

Df = 2.0 m

B	q ad	q	u	lw	E	S
m	ton/m ²	ton/m ²			ton/m ²	cm
2.0	48.14	34.39	0.40	0.82	2600.00	1.82
3.0	45.65	32.60	0.40	0.82	2600.00	2.59
4.0	44.40	31.71	0.40	0.82	2600.00	3.36
5.0	43.65	31.18	0.40	0.82	2600.00	4.13

Zapatas Aisladas

Df = 2.25 m

B	q ad	q	u	lw	E	S
m	ton/m ²	ton/m ²			ton/m ²	cm
2.0	49.48	35.34	0.40	0.82	2600.00	1.87
3.0	46.67	33.34	0.40	0.82	2600.00	2.65
4.0	45.27	32.33	0.40	0.82	2600.00	3.43
5.0	44.42	31.73	0.40	0.82	2600.00	4.20

Zapatas Aisladas

Df = 2.5 m

B	q ad	q	u	lw	E	S
m	ton/m ²	ton/m ²			ton/m ²	cm
2.0	50.82	36.30	0.40	0.82	2600.00	1.92
3.0	47.70	34.07	0.40	0.82	2600.00	2.71
4.0	46.13	32.95	0.40	0.82	2600.00	3.49
5.0	45.20	32.28	0.40	0.82	2600.00	4.28

Proyecto: Radio Base de Telefonía Celular.
Ubicación: Sitio "Aeropuerto" SP 3017 A1, San Luis Potosí, S. L. P.

MODULO DE REACCION EN SUELOS DE COMPORTAMIENTO COHESIVO

$$k_s = k_{s1}(L/B+0.5)/(1.5 \cdot L/B)$$

Consistencia	N	k_{s1} (kg/cm ³)
Firme	8 a 15	1.6 a 3.21
Muy firme	15 a 30	3.21 a 6.42
Dura	30 a 50	6.42 a 9.80

Para	Ecuación	N	k_{s1}
0 < N < 50	$k_{s1} = 0.19019 \cdot N + 0.31016$	50	9.82

L/B (m)	$(L/B+0.5)/(1.5 \cdot L/B)$ (—)	k_s (kg/cm ³)
1.0	1.00	9.82
1.5	0.89	8.73
2.0	0.83	8.18
2.5	0.80	7.88
3.0	0.78	7.64
3.5	0.76	7.48
4.0	0.75	7.36
4.5	0.74	7.27
5.0	0.73	7.20
5.5	0.73	7.14
6.0	0.72	7.09

BIBLIOGRAFÍA

Autor: CFE, Comisión Federal de Electricidad.
Título: *"Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Viento"*
Lugar: México, DF.
Editorial: Instituto de Investigaciones Eléctricas - Departamento. De Ingeniería Civil
Año: 1993.

Autor: CFE, Comisión Federal de Electricidad.
Título: *"Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Sismo"*
Lugar: México, DF.
Editorial: Instituto de Investigaciones Eléctricas - Departamento. De Ingeniería Civil
Año: 1993.

Autor: L. Arnal Simón, M. Betancourt Suárez
Título: *"Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal"*
Edición: Cuarta
Lugar: México, DF.
Editorial: Trillas
Año: 2000

Autor: M. Piralla
Título: *"Diseño Estructural"*
Edición: Sexta
Lugar: México, DF.
Editorial: Limusa
Año: 1994

Autor: O. M. González Cuevas, F. Robles Fernández-Villegas
Título: *"Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado"*
Edición: Tercera
Lugar: México, DF.
Editorial: Limusa
Año: 1998

Autor: T. William Lambe y Robert V. Whitman
Título: *"Mecánica de Suelos"*
Edición: Undécima Reimpresión de la Segunda Edición
Lugar: México, DF.
Editorial: Limusa
Año: 1999

Autor: CFE, Comisión Federal de Electricidad.
Título: *"Manual de Mantenimiento de Obras Civiles de Concreto"*
Edición: Primera
Lugar: México.
Editorial: Instituto de Investigaciones Eléctricas - Departamento. De Ingeniería Civil
Año: 1991

BIBLIOGRAFÍA

- Autor: M. Piralla
Título: "Diseño Sísmico de Edificios"
Edición: Primera
Lugar: México, DF.
Editorial. Limusa
Año: 1998
- Autor: Suárez Salazar
Título: "Costo y Tiempo en edificación"
Edición: Tercera
Lugar: México, DF.
Editorial. Limusa
Año: 1980
- Autor: Instituto Mexicano de la Construcción en Acero A.C.
Título: "Manual de Construcción en Acero -DEP, Diseño por Esfuerzos Permisibles"
Volumen 1
Edición: Tercera
Lugar: México, DF.
Editorial. Limusa
Año: 1997
- Autor: Suárez Salazar
Título: "Costo y Tiempo en edificación"
Edición: Tercera
Lugar: México, DF.
Editorial. Limusa
Año: 1980
- Autor: Telecommunications Industry Association
Título: "TIA/EIA 222F, Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures"
Edición: Tercera
Lugar: USA
Editorial. Telecommunications Industry Association
Año: 1996.