



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA
EN RADIOBASES
DE TELEFONÍA CELULAR***

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Modalidad:

INFORME DEL EJERCICIO PROFESIONAL

Presenta:

José Isabel Parra Alvarado

Asesor de tesis: Ing. Ramón Patiño Rodríguez

ESTADO DE MEXICO, FEBRERO 2010



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.

“Lo que cuesta, cuesta el doble
antes de que resolvamos hacerlo.

Pero sólo cuesta la mitad
después de haberlo empezado”

Agradecimiento

A mis padres:

Rodolfo Parra y Micaela Alvarado quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

Con mucha admiración y cariño

A mi esposa:

Elvira quien ha sido un bastión tan importante y necesario para el desarrollo de este trabajo.

A mi adoración y pauta de lucha,

Mis hijos:

Braulio, Samanta y Ariadna

A mis hermanos:

Feli, Rodo, Claudia, Guadalupe, Paula y Cosme que con su consejo y apoyo, he aprendido a no declinar mis metas.

A mi suegros:

Pablo y Elvira por su apoyo Incondicional a mi familia.

A mis asesores y amigos:

Que sin ayuda no hubiese sido posible concluir y dar este gran paso en mi vida.

Sin olvidar el Alma Mater que me dio oportunidad de desarrollarme para aplicar mi ingenio, conocimiento, y habilidad en la empresa que me permite realizarme profesionalmente.

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Aragón**

Gracias.

ÍNDICE

	Pags.
OBJETIVOS	2
JUSTIFICACIÓN	3
ANTECEDENTES	4
CAPITULO I CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA DE RADIOBASES	8
1.1 GENERALIDADES DE LAS TORRES	8
1.1.1 Torres Auto soportadas	9
1.1.2 Torres tipo monopolo	9
1.1.3 Torres arriostradas	9
1.1.4 Mástiles	10
1.1.5 Soportes	10
1.1.6 Mástiles Autosustentables	10
1.2 MATERIALES	11
1.3 FABRICACIÓN	11
1.4 GALVANIZADO	13
1.5 PINTURA	14
1.6 ACCESORIOS ESTRUCTURALES DE LA TORRE	15
1.6.1 Plataforma Celular Triangular en torres autosoportadas	15
1.6.2 Plataforma Celular Triangular en monopolo	16
1.6.3 Plataforma Celular Circular en monopolo	16
1.6.4 Cama Guía de Onda (C.G.O.)	16
1.6.5 Escalera y Acceso a Plataforma	16
1.6.6 Anclas	17
1.6.7 Retenidas	17
1.6.8 Sector Andador Circular en monopolo	17
1.6.9 Sector Andador Circular en mástil	17
1.6.10 Sector Andador Celular en torres autosoportadas	17
1.6.11 Plataforma de Descanso	18
1.6.12 Características que debe tener la plataforma	18
1.6.13 Triángulo estabilizador en torres arriostradas	18
1.6.14 Tramo T-45	18
1.6.15 Herrajes	18
CAPUTULO II CONSIDERACIONES BASICAS PARA UN SITIO CELULAR	19
2.1 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE TORRES	19
2.1.1 Mástiles	20
2.1.2 Monopolos	20
2.1.3 Torres menores o iguales a 30m	21
2.1.4 Torres mayores a 30m y menores o iguales a 51m	21
2.1.5 Torres mayores a 51m	21
2.1.6 Mástiles autosustentables	21
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	23
2.2.1 ANÁLISIS DE CARGAS	23
2.3 ANÁLISIS DE FUERZAS DE VIENTO	23
2.4 CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	24
2.5 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE	25
2.6 DISEÑO DE CIMENTACIÓN	26

2.7 MATERIALES	27
CAPITULO III SISTEMAS PARA IMPLANTACIÓN DE SITIOS CELULARES	32
3.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	33
3.1.1 Alumbrado rojo	34
3.1.2 Estroboscopio	35
3.1.3 Luces de obstrucción rojas	35
3.1.4 Sistema Dual	35
3.1.5 Foto celda automática	36
3.1.6 La línea de alimentación	36
3.2 SISTEMA DE PARARRAYOS	37
3.3 SISTEMA DE ATERRIZAMIENTO DE FEEDERS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS	38
3.4 SISTEMA DE SEGURIDAD PARA ASCENSO EN TORRES	41
CAPITULO IV CÁLCULO Y PROYECTO DE CARGAS ELECTRICAS EN SITIOS CELULARES	42
4.1 CORRIDA ELECTRONICA DE CALCULO ELECTRICO	43
4.2 MEMORIA DE CALCULO ELECTRICO	46
CAPITULO V CÁLCULO Y CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA DE TIERRAS PARA SITIOS CELULARES	53
5.1 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA DE TIERRAS	54
5.1.1 Efectos por Rayo	54
5.2 PROPOSITO Y TIPOS DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA	55
5.2.1 Puesta a tierra de los sistemas eléctricos	55
5.2.2 Puesta a tierra de los equipos eléctricos	55
5.2.3 Puesta a tierra en señales electrónicas	56
5.2.4 Puesta a tierra de protección electrónica	56
5.2.5 Puesta a tierra de protección atmosférica	56
5.2.6 Puesta a tierra de protección electrostática	56
5.3 PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS Y EDIFICIOS	56
5.3.1 PROTECCIÓN DE TORRES DE COMUNICACIÓN	56
5.4 LA TIERRA Y LA RESISTIVIDAD	59
5.4.1 SALES SOLUBLES	59
5.4.2 COMPOSICIÓN DEL TERRENO	60
5.4.3 ESTRATIGRAFÍA	60
5.4.4 GRANULOMETRÍA	60
5.4.5 ESTADO HIGROMÉTRICO	60
5.4.6 TEMPERATURA	60
5.4.7 COMPACTACIÓN	61
5.4.8 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO	61
5.5 MÉTODO: TOMA DE LECTURAS DE WENNER	62
5.6 MÉTODO DE SCHLUMBERGER	64
5.7 Ejemplo: PRUEBA DE RESISTIVIDAD	65
5.8 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED	67
5.8.1 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE UN ELECTRODO QUIMICO	67
5.9 CALCULO PARA TERRENOS DE UNA SOLA CAPA DE MATERIAL	69
5.10 REPORTE FOTOGRAFICO	70

***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA
EN RADIOBASES DE TELEFONÍA
CELULAR***

OBJETIVOS

Describir los avances de desarrollo tecnológico, en materia de construcción civil y eléctrica en sitios para transmisión celular (radiobases) y que se han derramado en el personal, que a su vez se vierten como experiencia de la empresa CARSO INFRAESTRUCTURA Y CONTRUCCION S.A.B DE C.V. y como esta experiencia ha permitido crecer y mantenerse como una empresa líder en la construcción civil y eléctrica de radiobases en un mercado cada vez mas competido y demandante de tecnología dentro de las aéreas:

- Localización y ubicación
- Diseño de estructuras y cimentaciones de torres
- Diseño de sistemas de fuerza y protección a tierra

Proponer sobre las opciones tecnológicas existentes y que pueden servir de base para la implantación de soluciones a pequeñas y medianas empresas con necesidades de comunicación a través de enlaces de transmisión direccionales que tengan como necesidad una obra mayor.

JUSTIFICACIÓN

Obtener que CARSO INFRAESTRUCTURA Y CONTRUCCION S.A.B. DE C.V. este a un nivel tecnológico que exige el mercado respecto a sus principales competidores, previéndole de recurso humano altamente capacitado para desarrollar cálculos estructurales y eléctricos que permitan la generación de sistemas y proyectos de sitios celulares.

Establecer los requisitos de calidad de los materiales de construcción para estructuras de concreto, metálicas y eléctricas.

Señalar los procedimientos a seguir al fabricar, transportar y colocar los materiales de construcción y obtener sitio celular de óptima calidad.

Señalar los requisitos de muestreo y pruebas de calidad que deben cumplir los sistemas eléctricos y antes, durante y después de su ejecución.

Proveer de la infraestructura de comunicación CLIENTE - CICSA que asegure el contacto continuo y directo con las oficinas y clientes de CICSA SA DE CV consolidando una fortaleza de la empresa que es la aplicación de tecnologías y vanguardia en construcción.

ANTECEDENTES

Desde el principio de las telecomunicaciones dos han sido las principales opciones para llevar a cabo una comunicación: con o sin hilos, o lo que es lo mismo, por cable o por el aire. En realidad ambas pueden participar en un mismo proceso comunicativo.

En las comunicaciones móviles, en las que emisor o receptor están en movimiento, la movilidad de los extremos de la comunicación excluye casi por completo la utilización de cables para alcanzar dichos extremos. Por tanto utiliza básicamente la comunicación vía radio. Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación vía radio: la movilidad de los extremos de la conexión. Otras bondades de las redes inalámbricas son el ancho de banda que proporcionan, el rápido despliegue que conllevan al no tener que llevar a cabo obra civil tal compleja sobre caminos y ciudades.

Sin embargo el cable es más inmune a amenazas externas, como el ruido o las escuchas no autorizadas, y no tiene que competir con otras fuentes por el espacio radioeléctrico, bien común más bien escaso.

Históricamente la comunicación vía radio se reservaba a transmisiones punto multipunto, con grandes distancias a cubrir. También era útil en situaciones en las que la geografía dificultase en exceso el despliegue de cables. Fundamentalmente se utilizaba para transmitir radio y TV. Por el contrario, las comunicaciones telefónicas utilizaban cables. Todo esto nos lleva a la actual situación, en la que ya no está tan claro cuando es mejor una u otra opción. En cuanto a las comunicaciones móviles, no aparecen comercialmente hasta finales del siglo XX. Los países nórdicos, por su especial orografía y demografía, fueron los primeros en disponer de sistemas de telefonía móvil, eso sí, con un tamaño y unos precios no muy populares. Radiobúsquedas, redes móviles privadas o Trunking, y sistemas de telefonía móvil mejorados fueron el siguiente paso. Después llegó la telefonía móvil digital, las agendas personales, miniordenadores, laptops y un sinnúmero de dispositivos dispuestos a conectarse vía radio con otros dispositivos o redes. Y finalmente la unión entre comunicaciones móviles e Internet, el verdadero punto de inflexión tanto para uno como para otro.

Los servicios de comunicaciones móviles más extendidos son la telefonía móvil terrestre, la comunicación móvil por satélite, las redes móviles privadas, la radiomensajería, la radiolocalización GPS, las comunicaciones inalámbricas y el acceso a Internet móvil.

La creciente importancia de la tecnología en el desarrollo de las economías ha comenzado a ser vista con mayor atención alrededor del mundo. Recientes investigaciones han encontrado una relación positiva entre el uso de nuevas tecnologías y el crecimiento económico. Un caso especial es el del teléfono celular. En este sentido, el tratamiento de los gobiernos al uso de la telefonía celular debiera considerar un enfoque distinto. Promover su uso y eliminar las barreras de acceso a este servicio podría convertirse en la clave para generar condiciones que permitan la integración de mercados y el desarrollo de las zonas en las que la infraestructura física tradicional aún no está suficientemente desarrollada.

Lo que nos separa a los países pobres de los países ricos, en el aspecto tecnológico, es el uso del teléfono celular, no el de la computadora. Si bien hoy en día un teléfono celular resulta indispensable en los países desarrollados, este tiene mayor y mejor uso en los países en desarrollo, ya que en la medida de lo posible suple las limitaciones de estos en otro tipo de formas de comunicación, como el servicio postal, la infraestructura de transporte (vías férreas, aeropuertos y carreteras), la telefonía fija, etc. Los teléfonos celulares permiten hoy, por ejemplo, que los pescadores y los agricultores monitoreen los precios de sus productos en otros mercados, facilitan la búsqueda de trabajo y mercados, reducen los costos de transacción y ahorran viajes innecesarios.

Un reciente estudio de Leonard Waverman, del London Business School (Inglaterra), sugiere que en los países en desarrollo, el incremento de 10 líneas móviles por cada 100 personas permitiría un incremento del PBI en 0.6 puntos porcentuales. Y tiene sentido. En algunos países del África, por ejemplo, las pequeñas empresas usan la telefonía móvil para negociar los precios de sus productos con diferentes distribuidores y comprar algunos de los productos que necesitan, ahorrando así tiempo y dinero en sus transacciones. Con ello pueden tener un mejor ingreso, reducen gastos en transporte, mejoran sus ventas y los negocios crecen.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) busca promover la inversión en un mayor acceso de los países pobres a la era digital, especialmente la Internet, como una forma de ayudar al crecimiento más acelerado de sus economías. Pero esto parecería no ser tan eficiente, pues, aunque se diera, los pobres sufren de problemas más graves y dedican sus días a encontrar la forma de sobrevivir. Y el poco dinero

que tienen lo gastan en cubrir sus necesidades básicas. Peor aún, si, por acto de magia, en cada casa apareciera una computadora, no les serviría de nada, pues probablemente no tengan electricidad, comida o no sepan leer ni escribir. Además, los costos asociados a las computadoras son mayores, pues incluyen otros gastos, como el de la electricidad, que la telefonía móvil no tiene.

Según The Economist, en 1999, ingresaban cerca de 900,000 nuevos usuarios de telefonía móvil cada tres días. Recientes estimaciones sugieren que ya hay 1,700 millones de usuarios del servicio en todo el planeta (27% de la población total). La ONU ha proyectado que el acceso a la telefonía móvil alcanzaría a un 50% de la población mundial en el año 2015 y, de acuerdo con el último reporte del Banco Mundial, el 77% de la población mundial en la actualidad vive dentro del radio de cobertura de los operadores del servicio. La penetración alcanza al 16% de la población. El gran obstáculo, en todos los casos, es el alto costo del equipo, derivado en gran parte, de erradas políticas gubernamentales para el tratamiento del tema. Mientras en países desarrollados una persona puede adquirir un equipo de US\$ 200, disponiendo para ello, en promedio, menos del 1% de su ingreso anual, en los países en desarrollo adquirir un equipo de US\$ 50 implica destinar, en promedio, 14% del ingreso anual. Y esto sin considerar que los operadores de telefonía móvil suelen subsidiar los equipos. Por ello, toda iniciativa por desarrollar esta poderosa herramienta deberá enfocarse en reducir los costos. Los operadores se han dado cuenta de ello y están haciendo acuerdos de unión entre ellos para ejercer mayor poder de negociación en la compra de equipos. Motorola, por ejemplo, acaba de ganar un contrato para abastecer de alrededor de 6 millones de equipos celulares a menos de US\$ 40 la unidad, sin subsidios. Se espera una reducción a US\$ 30 por equipo para el próximo año. Algunos estudios sugieren que reduciendo el costo del equipo se ampliaría el número de usuarios en hasta 150,000 anuales y en el caso del África, si se reduce el costo por equipo de US\$ 60 a US\$ 30, el número de usuarios se duplicaría.

Pero hace falta mucho más. Algunos gobiernos perciben a la telefonía celular como un servicio potencial para imponerle gravámenes y esto genera que, en muchos casos, los impuestos asociados a los teléfonos móviles (para usuarios y operadores), casi dupliquen el costo del equipo, generando la aparición de mercados negros. Los gobiernos, en lugar de tratar al teléfono celular como un accesorio de lujo, deberían promover el acceso de más gente al servicio, reduciendo, por ejemplo, los aranceles a la importación de los equipos.

CAPITULO I

**CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL
Y ELÉCTRICA DE RADIOBASES
PARA TELEFONÍA CELULAR**

1.1 GENERALIDADES DE LAS TORRES

Una estación repetidora de comunicación celular o Radiobase, es el mediador de comunicación entre la central celular (MTX ó MSC) y la terminal celular móvil. Esta Radiobase se compone por diferentes equipos, entre ellos antenas celulares, que para su correcto funcionamiento se deben instalar a diferentes alturas, para lo cual se construyen estructuras que son capaces de soportar las cargas de los equipos y de las fuerzas externas a las que se somete durante su vida útil, como son viento y sismo.

Dentro de las estructuras más comunes se encuentran las torres arriostradas, torres tipo monopolo, torres autosoportadas y mástiles (autosoportados, arriostrados y autosustentables). Como sus características principales se mencionan las siguientes:

1.1.1 Torres Autosoportadas.- Son las más eficientes por su geometría. Con ellas podemos manejar alturas de hasta 81m en tramos múltiplos de 6m y remate de 3m; se fabrican en planta y se instalan o arman en campo. Por lo general se usan para sitios en terreno natural o para sitios con difícil acceso en donde resulta complicado el uso de grúa. Su geometría en elevación es de forma piramidal y en planta triangular. Es posible el uso de torres autosoportadas esbeltas de sección constante para alturas de hasta 42m.

1.1.2 Torres tipo monopolo.- Su estructura consiste en tubos de sección circular o poligonal, y en elevación puede ser de sección constante o cónica. Se utilizan para sitios en terreno natural y cuando el espacio disponible para la torre no es muy grande, ya que la cimentación de estas estructuras es más pequeña que la requerida para torres autosoportadas. Se fabrican para alturas de hasta 42m (no se limita para mayores alturas). Este tipo de estructura puede ser camuflajeada de manera que no cause un gran impacto visual; el camuflaje puede ser tipo árbol, palmera, pino, reloj monumental, poste de alumbrado, asta bandera, monopolo tipo cruz, campanario, entre otros que autorice el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales. Se incluye el uso de monopolo arriostrado si así lo requiere el proyecto.

1.1.3 Torres arriostradas.- Estas estructuras se pueden utilizar cuando es necesario instalar una radiobase dentro de un inmueble existente como son casas y edificios, ya que es posible ubicarlas en las azoteas y en sitios donde no hay problemas de espacio, pues requiere grandes claros por la posición de las retenidas. Estas estructuras son de sección triangular en planta y en elevación de sección constante y para su estabilidad estructural óptima deben contar con 3 ó 4 retenidas. Estas estructuras son esbeltas y son una buena solución si el impacto visual no es

relevante. Se pueden manejar alturas de hasta 60 m para modelos T-90(900 mm entre piernas de torre, 450mm para T45, etc...) . Para alturas mayores a 60 m se deberán usar los modelos T-120 o T-150, dependiendo de los parámetros de diseño, el propio análisis y el equipo a instalar. Se permite el uso de una torre arriostrada más esbelta por razón de aspecto, como lo puede ser la T-30, T-45 o T-60, las cuales deben ser utilizadas con cargas moderadas. Se instalan en tramos ya armados de 3 y 6m.

1.1.4 Mástiles.- Por sus características de ligereza, facilidad de instalación y bajo costo, son una excelente opción para instalaciones en las que por la altura de la azotea no se requiere una torre; su altura será de acuerdo a las necesidades y al diseño, limitando el diámetro a 10". Deben ser utilizados para cargas moderadas. Los mástiles podrán ser autosoportados o arriostrados de acuerdo al proyecto de la Radiobase.

1.1.5 Soportes.- Usados cuando la altura del inmueble coincide con la solicitada por el área de Ingeniería. Sólo se emplea un tubo de 2.5m o 3.0m Ced. 40 según tecnología con diámetro de 2", que se instala directamente sobre pretil o fachada del inmueble, para ciertos casos podrá llevar un herraje que permita el plomeo frontal y lateral.

1.1.6 Mástiles Autosustentables.- Estructura del tipo ligero, fácil instalación y bajo costo, con altura de 4, 6, 8, 10 y 12m, con diámetro máximo de 10" que a diferencia del mástil de norma, su estabilidad se basa por medio de contrapesos colocados sobre la misma base del mástil (no se permite que la estabilidad o parte de ésta la aporte ningún tipo de anclaje mecánico, químico o de pegamentos). Los sobrepesos, así como la geometría y estructura autosustentable es parte del diseño propio de cada empresa que los desarrolle.

1.2 MATERIALES

Los pernos y tornillos para uso en bridas en el ensamble de las patas de la torre y base de plataforma (soportes tipo ménsula) serán de alta resistencia y se ajustarán a lo prescrito en la norma ASTM A325 del "Standard Specifications for High Strength Bolts for Structural Steel Joints, Including Suitable Nuts Plain Hardened Washers".

Para las conexiones de la celosía (montantes y diagonales) de la torre, así como de los diferentes elementos y accesorios de la estructura como lo son: escalera, cama guía de ondas, tramo T-45, plataforma triangular celular, barandales, etc., se deberán

utilizar también tornillos A-325 con las características mencionadas en el texto anterior.

Los electrodos para soldadura manual al arco eléctrico con electrodos metálicos recubiertos y/o con alambre MIG (Clasificación AWS A5.18) tipo E705-3,6, se ajustarán a la especificación AWS A5.10 "Specifications for Mild Steel Covered Arc Welding Electrodes" o a la especificación AWS A5.5 "Specifications for Low Alloy Covered Arc Welding Electrodes".

Para los perfiles que componen la estructura propia de la torre serán conforme a la norma ASTM A-36 y/o A-572 Grado 50.

Para la colocación de los cableados de los diferentes sistemas de las torres se deberán usar cinchos metálicos (no abrazaderas sin fin).

Se aceptará el uso de acero de refuerzo $F_y=4200$ kg/cm² para anclas en el desplante de estructuras como monopolos, torres y mástiles.

Se acepta para tornillería que no sea de fabricación nacional el uso de la equivalente en resistencia a la correspondiente a tornillos A-325 siempre y cuando se justifique con las correspondientes pruebas de laboratorio.

1.3 FABRICACIÓN

La fabricación de cada uno de los elementos que componen a la estructura en cuestión deberá apegarse estrictamente a los planos de fabricación que genera el torrero, incluyendo las preparaciones necesarias para la instalación de los diferentes accesorios de la torre.

Las piezas se fabricarán correctamente de los tamaños y dimensiones mostradas en los planos de taller del proveedor. Los cortes y perforaciones se harán de manera que produzcan superficies y líneas continuas, fieles a los detalles indicados. No se permitirán cortes con sopletes en piezas que vayan a quedar expuestas.

El diámetro mínimo de los tornillos será de 13mm (1/2").

Para el caso de tornillería A-325 podrá admitirse que el tornillo sobresalga de 1/4" a 1/2" del ras de la tuerca, una vez que ésta ya está apretada y se requiere de roldana de presión. Para el caso de anclas se requiere de por lo menos 1 3/4" de cuerda posterior al paño de la tuerca de apriete. En caso de que el torrero instale contratuerca

(superior), la cuerda podrá quedar al ras de ésta. No es indispensable la contratuerca pero sí la roldana de presión.

Los tornillos deberán ir colocados de arriba hacia abajo y de afuera hacia adentro (cabeza de tornillo por arriba y por fuera con respecto al centro de la torre) dependiendo la posición de la conexión.

El apriete debe cumplir con el torque requerido, de acuerdo a las especificaciones del fabricante y a lo indicado en la tabla siguiente para tornillos A-325.

PARES DE APRIETE (TORQUE) SUGERIDO PARA TORNILLOS TIPO A-325				
Diámetro nominal (In)	Area de esfuerzo (in ²)	Tension minima Libras	torque	
			En seco K=0.20 (lb-ft)	Lubricado K=0.15 (lb-ft)
½	0.1419	12000	105	79
5/8	0.226	19000	210	155
¾	0.334	28000	365	275
7/8	0.462	39000	595	448
1	0.606	51000	890	670
1 1/8	0.763	56000	110	825
1 ¼	0.969	71000	1550	1165
1 ½	1.405	103000	2700	2025

Los agujeros para los tornillos se localizarán tan cerca del gramil del diámetro como sea posible y su diámetro será de 1.6 mm (1/16") mayor que el diámetro nominal del tornillo; si es mayor de 25 mm (1"), la holgura será de 3.2 mm (1/8").

La mano de obra deberá ser de buena calidad y calificada. Las operaciones de corte, punzonado y soldadura se harán con equipo y se removerán todas las rebabas.

Todas las juntas soldadas que vayan a quedar expuestas se esmerilarán al ras de la superficie circundante. El fabricante y el montador mantendrán vigentes los programas de control que consideren necesarios para asegurar que la calidad de sus trabajos cumpla con los requisitos y con las especificaciones.

Los detalles definitivos no tomarán en cuenta tolerancias; el fabricante considerará tales tolerancias al detallar aquellos elementos que deban ensamblar en otros y proveerá algunas razonables para el ajuste de las partes.

La fabricación de la torre puede ser a base de elementos de ángulo o la combinación de tubo con ángulo, respetando la clasificación del acero.

Se deberá tener especial cuidado en que la unión entre tubo y brida se realice mediante un cordón de soldadura de filete perimetral tanto interior como exterior.

La placa de conexión que une la celosía a la pierna de la torre deberá ir soldada a ésta mediante un cordón perimetral.

1.4 GALVANIZADO

Para todas las piezas roscadas de materiales especificación A-325, el procedimiento para galvanizado será por "inmersión en caliente". El proveedor deberá tener documentado cada lote en cuanto a calidad, tipo y espesor, de así requerirlo. Se deberá seguir y respetar la norma A S T M - 1 2 3 y/o N M X - H 7 4 y cumpliendo con la especificación al calce indicada para la resistencia a la corrosión de acuerdo al espesor de recubrimiento de los elementos, que para nuestro caso será de 20 micras.

RESISTENCIA A LA CORROSION EN CAMARA SALINA (HORAS HASTA MOSTRAR OXIDACION ROJA)			
ESPEJOR DEL RECUBRIMIENTO	TRATAMIENTO ADICIONAL		
	NINGUNO	CROMATO	AMARILLO
5 MICRAS	36	72	150
13 MICRAS	96	192	300
25 MICRAS	200 – 300	264	300
50 MICRAS	500 - 800	600	1000

NOTA: 1.- Se sobredimensionara la rosca de las tuercas para recubrimientos mayores de 15 micras; 2.- Para tornillos galvanizados se sobredimensionarán las roscas de la tuerca como sigue:- Menores de 7/16" $\phi = 0.010$ ";- De 7/16" ϕ a 1" $\phi = 0.016$ " - Mayores de 1" $\phi = 0.021$ "

Todo el material estructural A-36 y/o A-572 grado 50 de la torre, después de ser fabricado será galvanizado por inmersión en caliente para proveer de protección contra la corrosión. Al sumergirse el acero en el estanque de zinc se dejará una capa con espesor de acuerdo a lo indicado a continuación.

GALVANIZADO PRO INMERSIÓN EN CALIENTE			
EN LOS RECUBRIMIENTOS A,B,C, Y D LA NORMA QUE RIGE ES ASTM-A-123	PELICULA DE ZINC g/CM2 MINIMO	ESPEJOR MINMIMO	
		MILESIMAS(mm)	Milésimas (Pul)
A - Artículos de acero de 5 o más milímetros de espesor y a piezas de fundición de hierro	610	88	3.4
B – Artículos de acero de 2 a 5 milímetros de espesor	460		2.6
C – Artículos de acero de 1 a 2 milímetros de espesor	335		1.8
D – piezas roscadas y otros artículos que por su tamaño serán centrifugados.	305	43	1.7

Todas las estructuras deberán ser doblemente galvanizadas asegurándose que todas las soldaduras queden protegidas. El cable de retenidas deberá ser galvanizado y/o certificado de fábrica.

Para dar una mejor protección al cable de retenida contra la corrosión, se recomienda engrasarlos en toda su longitud y área, esto es: utilizar grasa fluída (se recomienda en caliente) con el fin de que penetre hasta el alma y no se permita ninguna señal de humedad, debe ser adherente, para evitar escurrimientos y también ser exentas de sustancias ácidas para evitar la corrosión. Cuando se tengan que re-engrasar los cables de las retenidas se eliminarán residuos de grasa con cepillo de cerdas metálicas y usar gasolina o petróleo para su completa limpieza. Siendo esta recomendación especialmente para zonas costeras, ya que de otra manera se recomienda utilizar cable de retenidas alumoclad tipo MG stand. (7 AS) bajo especificación ASTM B416 88.

Se permite que en anclas de torres, monopolos y mástiles el galvanizado sólo se aplique en la zona que estará a intemperie (cuerda) + 10cm (dentro del colado), con el fin de garantizar que no se tenga intemperismo directamente sobre la zona no galvanizada del ancla.

1.5 PINTURA

En las estructuras que funcionan para la instalación de antenas (torres) se omite la pintura, sustituyendo ésta con sistemas de iluminación de destello debidamente certificados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (Norma Oficial Mexicana NOM-SCT3-015-1995 publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 9 de enero de 1996), que son: sistema Dual (tipo L-864 en combinación con el tipo L-865) o el sistema L-856.

Para sitios en que la DGAC indique balizamiento diurno a base de pintura (además de respetarse el balizamiento nocturno dictado), se realizará con pintura esmalte acrílico al 100%, marca Sherwin Williams, Sylpyl, Dupont, Nervion, International o Arcalsa, en dos capas que garanticen el completo recubrimiento de la capa de galvanizado Para la aplicación de este recubrimiento deberán respetarse las especificaciones del fabricante de la pintura. El pintado de la torre se hará en 7 franjas horizontales repartidas en toda la longitud de la estructura alternando los colores blanco y naranja internacional (RAL 2001), quedando este último en los extremos o según lo indique el dictamen de la DGAC.

La pintura deberá tener las siguientes características: emulsión 100% acrílica reducible con agua; secado rápido; alta resistencia al amarillamiento; adherencia sobre metales galvanizados; rápida resistencia a la humedad; que se pueda usar para interiores y exteriores; resistencia a cámara salina para cualquier ambiente de 250 hrs; pH de 9.0 a 9.5; número de componentes: uno; sólidos en volumen: 30 ± 2 %; tiempo de secado de 2h para una capa de 1.5mils a 25° C y 50% de H.R.; espesor seco terminado recomendado por capa de 3mils Su aplicación podrá hacerse con brocha, rodillo, aspersión convencional o airless.

Tanto en torres como en estructuras monopolares podrá pintarse de color gris acero (RAL 7004) en toda su longitud. Pueden pintarse de otro color, como verde señal (RAL 6002) o blanco azulado (RAL 9010), previa autorización del Departamento de Normas y Proyectos Estructurales como color especial.

A las antenas de R.F. y de microondas que por necesidades de camuflaje requieran ser pintadas, se les deberá aplicar pintura alquidálica libre de componentes ferrosos o metálicos que garantice que no afecte su funcionamiento.

La tubería conduit para la acometida podrá ser pintada con recubrimiento alquidálico previa colocación de mordente (cromato de zinc) para una buena adherencia. El color podrá ser el reglamentario para este tipo de instalaciones o, de ser necesario, podrá darse el color de la fachada del sitio en donde se instale.

Para todos los elementos galvanizados que se requieran pintar se usará pintura esmalte acrílico al 100%

1.6 ACCESORIOS ESTRUCTURALES DE LA TORRE

1.6.1 Plataforma Celular Triangular en torres autosoportadas.- Se usan para la fácil instalación y orientación de las antenas; se instalará en la torre una plataforma triangular de 5m por cara. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

1.6.2 Plataforma Celular Triangular en monopolo.- Se usan para la fácil instalación y orientación de las antenas; se instalará en la torre una plataforma triangular de 3m por cara. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

Es importante mencionar que en la compra de monopolos, la estructura de línea para la instalación de antenas son las plataformas circulares; como segunda opción es el

sector andador; y como caso especial bajo solicitud de la región se suministrará la plataforma triangular de 3m.

1.6.3 Plataforma Celular Circular en monopolio.- Es una plataforma circular de 80cm de ancho (de pasillo) con un barandal perimetral de 1.10m de altura en donde se colocarán 6 soportes para antena de radiofrecuencia (celulares) de tubo de 2.5m para tecnología GSM-1900 y 3.0m para tecnología GSM-850; de 2" de diámetro ced. 40 cada uno, instalado a cada 60°. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

1.6.4 Cama Guia de Onda (C.G.O.).- Es una estructura que sirve para alojar los feeders en su trayectoria hacia el contenedor y/o equipo outdoor. Se considera C.G.O. de doce barrenos sobre el cuerpo de la torre mas 6m horizontales, curva vertical y curva horizontal. Para el caso de la torre monopolar, los feeders se alojarán libremente por dentro de la estructura, para lo cual se requiere de registros de entrada y salida con tamaño suficiente para la cantidad de líneas que entrarán en él, la cantidad de huecos y su ubicación se definirá por las expansiones futuras del sitio. Se podrán utilizar C.G.O. de menos de 12 barrenos o de aluminio, según lo requiera el proyecto.

1.6.5 Escalera y Acceso a Plataforma.- Toda torre deberá llevar escalera y acceso a plataforma para dar mantenimiento al sistema. La escalera se instalará en el exterior del cuerpo de la torre; sin embargo, se permite el uso de escalera interior, siempre y cuando se prevea acceso, a través de algún pasillo, de la cúspide de la escalera hacia la plataforma. En el caso de torres arriostradas T-120 y T-150, si la posición de la plataforma obstruye su acceso, la escalera se podrá colocar por el interior de la estructura. Para torres esbeltas T-30 ó T-45, se permitirá que el ascenso y descenso se realice por la misma celosía de la torre.

Cuando la torre sea igual o mayor a 12m, se deberá instalar un sistema de cable de seguridad en toda la longitud de la misma. Para torres arriostradas y autosoportadas, la escalera se colocará en la cara izquierda, viendo de frente la cara de torre en que se encuentra instalada la cama guía de onda.

Para el caso de torre autosoportada y arriostrada, si lo permiten las dimensiones del lado, la escalera se colocará junto a la cama guía de onda, pudiendo ser la alfarda de la escalera y el perfil longitudinal de la C.G.O. un mismo elemento. La escalera deberá tener una separación de 10cm libre entre el paño de la estructura de la torre y el ángulo interno de la misma, esto con la finalidad de permitir el adecuado apoyo sobre sus escalones y no sobre la estructura de la torre.

Cuando la torre se encuentra en áreas públicas, se deberá iniciar el primer peldaño a 1.50 m de altura. Esta indicación aplica para cualquier sistema de ascenso en áreas públicas.

1.6.6 Anclas.- Para el caso de torres arriostradas se considera el suministro de 3 ó 4 paletas de anclaje (según corresponda) y 1 perno central. Para autosoportadas, se suministrarán 3 juegos de anclaje (uno por pata). Esto estará sujeto al tipo de torre, área disponible de instalación y al análisis y diseño estructural de la torre.

1.6.7 Retenidas.- Para las torres arriostradas es necesario colocar cables de acero según el diseño estructural de la misma y su distribución será conforme se indica en el plano.

1.6.8 Sector Andador Circular en monopolo.- Se usa en monopolos para acceso del personal al nivel de antenas. Se trata de un sector circular de 80cm (ancho de pasillo) sin barandal y con pasamanos directo al cuerpo del monopolo. En este caso las antenas se fijarán a la pared del monopolo. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

1.6.9 Sector Andador Circular en mástil.- Se usa en mástiles para acceso del personal al nivel de antenas. Se trata de un sector circular de 40cm (ancho de pasillo) y separado del cuerpo del mástil 20cm, sin barandal y con pasamanos directo al cuerpo del monopolo. En este caso las antenas se fijarán a la pared del mástil. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

1.6.10 Sector Andador Celular en torres autosoportadas.- Es un pasillo de 60cm de ancho con barandal perimetral y se requiere cuando los sectores de radiación (antenas) se deban ubicar a diferentes alturas. El sector andador celular deberá estar conectado con la escalera de ascenso por medio de un pasillo. La longitud del sector andador celular será la que se requiera por el número de antenas, pero no mayor a 5m. En caso de que la escalera coincida con la cara de la torre en donde se instalará el sector andador, podrá dejarse un vacío como paso de la escalera al centro del sector andador. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

1.6.11 Plataforma de Descanso.- Es un sector de forma trapezoidal con barandal perimetral que servirá para tener descansos alternados en torres con altura mayor a 50m. La superficie de tránsito del pasillo deberá ser plana y libre de cualquier obstáculo.

La primera plataforma de descanso se ubicará a 30m de altura; la distancia restante se dividirá en tramos iguales con las plataformas de descanso que requiera.

1.6.12 Características que debe tener la plataforma.- En los casos de torres autosoportadas estas plataformas podrán ser rectangulares con una longitud mínima de 1.30m. y un ancho de 2.50m.

Todas las plataformas de descanso deberán estar ubicadas de manera que el ascenso de la escalera sea directo y los apoyos a torre garanticen su estabilidad.

1.6.13 Triángulo estabilizador en torres arriostradas.- Estructura que servirá para contrarrestar la torsión de la torre provocada por cargas excéntricas al eje de la torre.

1.6.14 Tramo T-45.- Estructura de aproximadamente 3m de longitud de sección triangular de 45cm por cara que sirve para elevar el pararrayos y luces de obstrucción con respecto al tope de la torre. Este tramo se usará en torres autosoportadas y arriostradas. Para el caso de monopolos, se deberá sustituir por un mástil de tubo de 4" cédula 40 de la misma longitud que el tramo T-45.

1.6.15 HERRAJES.- Cuando se tienen estructuras existentes y es necesaria la instalación de equipos, se fabrican herrajes especiales como soportes para antenas de RF o soportes para enlaces; también se cuenta con soportes tipo bandera y diseños especiales.

CAPITULO II

**CONSIDERACIONES BASICAS
PARA UN SITIO CELULAR
(TORRE, CIMENTACION
Y
SUMINISTRO DE ENERGIA)**

2.1 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE TORRES

Para el diseño estructural de la torre autosoportada y arriostrada se deberá considerar la instalación de una plataforma triangular celular de 5.0 m por cara y peso de acuerdo a fabricante, soportada en el cuerpo de la torre.

En plataforma se considerará la instalación de 4 tubos de 2" de diámetro y 2.5m de longitud por lado de plataforma. Todos sus elementos deberán ser galvanizados y pintados si se requiere.

La plataforma deberá tener la capacidad de girar en un rango de 60° como mínimo y se instalará un pasillo perimetral con metal desplegado sin planchar (metal red 3/4" No.9) con marcos a base de ángulos de mínimo 2"x3/16" y ancho de 60cm, cuidando en su fabricación y diseño que los de apoyo tengan la resistencia suficiente para soportar a 3 personas de 100kg cada una distribuido en la posición más desfavorable ó 70kg/m² de carga viva.

La base de la plataforma se considerará a 3.00m por debajo de la cúspide de la torre, considerando que el nivel de centro de radiación de antenas (NCRA) de radiofrecuencia quedará 1.5 m sobre el nivel de dicha base.

Los elementos que componen el barandal de la plataforma deberán ser totalmente independientes y lo suficientemente rígidos para sujetar en él los soportes de las antenas.

En el monopolo se deberá considerar la instalación de una plataforma circular celular de 80cm de ancho. Será posible la instalación de un sector andador circular de 80cm o una plataforma triangular celular de 3m por lado según solicitud.

En el caso de mástiles se deberá considerar la instalación de un sector andador de 40cm.

El paso de la escalera a la plataforma no deberá ser obstruido por los elementos de esta última.

En los casos en que las antenas cuenten con un kit de montaje que incluya un perfil que tenga la función del tubo de 2" ced. 40 se podrá omitir, para no sobrecargar la plataforma.

Se deberán considerar en el análisis de la estructura las siguientes cargas:

2.1.1 Mástiles: Estructura con diámetro menor o igual a 10". Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando 2 de frente y 2 a 90°. Además con 6 antenas celulares adosadas al cuerpo del mástil.

2.1.2 Monopolos: Estructura con diámetro mayor a 10". Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 1 microonda de 1.20m a 90° y 1

microonda de 1.80m de frente. Además con 9 antenas celulares adosadas a la plataforma del monopolo.

2.1.3 Torres menores o iguales a 30m: Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 2 microondas de 1.8m considerando 1 de frente y 1 a 90°. Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.

2.1.4 Torres mayores a 30m y menores o iguales a 51m: Se cargarán con 4 microondas de 0.6m considerando las 4 de frente, 1 microonda de 1.8m a 90° y 1 de 2.4m de frente.

Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.

2.1.5 Torres mayores a 51m: Se cargarán con 2 microondas de 0.6m considerando las 2 de frente, 2 microondas de 1.2 m considerando 1 de frente y 1 a 90°, 2 microondas de 2.4m considerando 1 de frente y 1 a 90°. Además con 12 antenas celulares sobre plataforma celular de 5m.

2.1.6 Mástiles autosustentables: Se cargarán considerando 3 microondas de 0.6m más 3 antenas celulares adosadas al cuerpo del mástil, colocadas en la cúspide del mástil.

Todas las antenas celulares se consideran del tipo GSM y las antenas de microondas se consideran con radio sólido.

Las antenas celulares, de microondas y plataformas (circulares, triangulares o sector andador) se ubicaran a las siguientes distancias con respecto del tope de la estructura. En el caso de antenas de radiofrecuencia o celulares se establece 1.5m, para parábolas de microondas de 0.60m de diámetro la referencia será 1m, cuando se utilicen parábolas de microondas de 1.2, 1.8 y 2.4m de diámetro la referencia será 3.5m y para los casos de plataformas se manejaran 3.0m.

Para el cálculo de fuerzas de viento en antenas celulares sólo se considerarán las correspondientes a un frente de la torre, es decir, sólo un sector, que para monopolos serán de 3 antenas y para torres serán de 4 antenas. Las áreas de exposición se calcularán con las dimensiones reales proporcionadas por el fabricante.

Para el caso de monopolo tipo árbol, se deberán considerar las áreas de exposición del camuflaje, que se calcularán con las dimensiones reales proporcionadas por el fabricante, además, se deberá considerar el área expuesta total de las parábolas que correspondan, pudiéndose omitir el área de exposición de las antenas de RF.

Para el caso de monopolos destinados a soportar anuncios espectaculares, el área de exposición será la de la cara con mayor área, considerando la superficie expuesta del anuncio como 100% sólida. Se podrá manejar algún porcentaje de porosidad, el cual deberá justificarse mediante la ficha técnica del producto y previo Vo.Bo.

Las torres con sección en planta de 30cm (T-30), 45cm (T-45) y 60cm (T-60) se diseñarán para soportar 3 antenas celulares y 3 microondas de 60cm. Estas estructuras no contarán con plataforma triangular celular; las antenas se fijarán con soportes al cuerpo de la torre. El ascenso se realizará por la celosía de la misma torre y se diseñarán soportes de solera a cada 80cm para la instalación de feeders.

Para la exposición de cables se consideran 12 líneas de 7/8" y 2 líneas de 1/2" de diámetro para microondas, 1 cable de uso rudo de 3/4" de diámetro para el sistema de iluminación.

Todas estas líneas sobre el cuerpo de la estructura de la torre se consideran como área de oposición al viento (se debe incluir la escalera y cama guía de onda). Para su análisis estructural se considerarán los tipos de carga, carga muerta (Cm), carga viva (Cv) y carga accidental (Ca) como es el viento y/o sismo, con los cuales se deberán hacer combinaciones y regirá finalmente la más desfavorable.

Se deberá considerar la cama guía de ondas de 12 barrenos para el mismo número de líneas.

Para el apoyo de la cama guía de onda horizontal se tendrán postes de 2 1/2" de diámetro ced. 40 a cada 3.00m con altura promedio de 3.20m para el caso de salas de mampostería, multypanel y contenedores, y de 0.55m para cuando se trate de equipo outdoor. Tales soportes serán galvanizados y posteriormente pintados de acuerdo a su posición. La altura de los postes se consideran desde el nivel de la plancha de concreto de donde se desplanta el contenedor o el equipo outdoor.

La cama guía de ondas podrá ser de aluminio con dimensiones menores a la normatizada de 12 barrenos y podrá usarse en azoteas a nivel de piso como máximo de 0.40m de altura. En torre podrá usarse sólo como adecuación sobre estructura existente, la instalación de cama de aluminio se realizará a la derecha de la cama guía de onda de acero existente (sobre la misma cara de la torre), en caso de que no se tenga el espacio necesario para la nueva cama se podrá usar la cara de la torre que esté libre, los soportes para camas de aluminio horizontal se espaciarán como máximo 1.5m.

Para torres arriostradas, las retenidas deberán tener un desarrollo con respecto a la base de la misma no menor del 40% de la altura de la torre y para el caso de 3 retenidas los ángulos que formen las retenidas en planta deberán ser de $120^{\circ} \pm 10^{\circ}$, mientras que para el caso de 4 retenidas lo ideal serán 4 ángulos de 90° , pudiendo tener como límite 2 ángulos de 120° y 2 ángulos de 60° alternados, con una tolerancia de $\pm 10^{\circ}$.

Se utilizará un triángulo estabilizador o estrella antitorsi3n cuando la estructura de la torre tenga plataforma o parábolas de más de 1.20m de diámetro o cualquier elemento que le pueda ocasionar torsión a la estructura. Sin embargo, se puede omitir si el análisis particular de la estructura lo justifica.

El triángulo estabilizador o la estrella antitorsión deberá estar colocada inmediatamente bajo el elemento que le esté provocando torsión a la estructura.

Se recomienda que todas las retenidas estén al mismo nivel, y de ser posible, también al nivel del desplante de la torre. Para cualquier caso fuera de estas indicaciones se deberá avalar un Proyecto Estructural.

En cada sitio y cada caso de estructura, deberá ser respaldado debidamente por un análisis tridimensional y diseño estructural, así como por la entrega de planos estructurales de la torre antes de su instalación.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como primer punto se deberá presentar una breve descripción de la estructura, señalando sus características principales, así como consideraciones a tomar para su diseño.

2.2.1 ANÁLISIS DE CARGAS

Análisis de fuerzas gravitacionales

Carga Muerta.- Peso propio, antenas celulares, parábolas, feeders, cama guía de onda, escalera, plataforma triangular y/o descanso (si procede), tramo T-45.

Carga Viva.- Personal para su instalación; se considerarán 300kg (3 personas de 100kg cada una).

La carga muerta correspondiente al peso de las antenas se tomará directamente de la información proporcionada por el fabricante.

2.3 ANÁLISIS DE FUERZAS DE VIENTO

El procedimiento y criterio a seguir para la realización del diseño por viento será el estipulado en el Manual de Diseño por Viento emitido por la Comisión Federal de Electricidad edición 1993 y las referencias citadas en el mismo. La velocidad regional a utilizar será la indicada en la Tabla Especial de Velocidades.

Las cargas de viento se calcularán por medio de un análisis dinámico. Se deberán incluir en la memoria de cálculo todos los parámetros considerados, así como la totalidad del procedimiento.

Tabla 1. TABLA ESPECIAL DE VELOCIDADES TELCEL		
ESTADO	VELOCIDAD REGIONAL, [km/h]	
	ZONA POBLADA	ZONA DESPOBLADA
YUCATÁN	260	260
QUINTANA ROO	260	260
CHIAPAS, OAXACA	200	200
TAMAULIPAS	260	260
COLIMA, JALISCO, NAYARIT, SINALOA*	260	CFE SEGÚN MANUAL CFE
GUERRERO, MICHOACÁN**	260	260
BAJA CALIFORNIA SUR*** 260	260	CFE SEGÚN MANUAL CFE
LOS DEMÁS ESTADOS	SEGÚN MANUAL	CFE SEGÚN MANUAL CFE

*Para estos cuatro estados, sólo en una franja de 100km costa adentro aplicarán las velocidades mencionadas. Para la superficie restante, según el manual CFE. **Para estos tres estados, sólo en una franja de 50km costa adentro aplicarán las velocidades mencionadas. Para la superficie restante, según el manual CFE. ***Para la zona sur del estado.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

a) Clasificación de la estructura según su importancia Se refiere al grado de importancia necesario para asegurar que una estructura cumpla adecuadamente con las funciones para las que ha sido destinada. Las estructuras tipo torre destinadas a comunicaciones son consideradas dentro del grupo A debido al alto grado de seguridad que requieren para su diseño (Manual de Diseño por Viento CFE).

b) Clasificación de la estructura según su respuesta ante la acción del viento. De acuerdo con la sensibilidad de la estructura ante los efectos de ráfagas de viento de corta duración y a su correspondiente respuesta dinámica debida a su geometría, las torres se clasifican en estructuras tipo 2 (Manual de Diseño por Viento CFE).

Determinación de la velocidad de diseño VD

La velocidad de diseño VD es la velocidad a partir de la cual se calcularán los efectos del viento sobre la estructura o sobre cualquier componente de la misma. Se obtendrá en km/h a partir de la siguiente ecuación:

$$VD = FT F_{\infty} VR$$

donde:

FT Es un factor que depende de la topografía del sitio, (Manual de Diseño por Viento CFE).

F_{∞} Factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición locales, del tamaño de la construcción y de la variación de la velocidad del viento con la altura (Manual de Diseño por Viento CFE).

VR Velocidad regional que le corresponde al sitio donde se construirá la torre en km/h, correspondiente a un período de recurrencia de 200 años (Manual de Diseño por Viento CFE,).

Factor de exposición F_{∞}

El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión: $F_{\infty} = FC Frz$

Donde:

FC Es el factor de tamaño que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre la construcción de dimensiones dadas (Manual de Diseño por Viento CFE). Debido a las características de las estructuras (torres y monopolos) se deberá considerar un $F_c = 1.00$ (Análisis dinámico).

Frz Es el factor de rugosidad y altura que establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z, en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$Frz = 1.56 (10/\delta)^{\alpha} \text{ si } Z \leq 10$$

$$Frz = 1.56 (Z/\delta)^{\alpha} \text{ si } 10 < Z < \delta$$

$$Frz = 1.56 \text{ si } Z \geq \delta$$

Los coeficientes δ y α definidos en el Manual de Diseño por Viento CFE están en función de la categoría del terreno y de la clase de la estructura según su tamaño.

2.5 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TORRE

Deberá realizarse con el software **STAAD Pro**. Para la realización del análisis se deberán incluir las siguientes consideraciones:

Condiciones de Apoyo.

Autosoportadas	Articuladas en sus tres apoyos.
Arriostradas	Articuladas en apoyo central y anclajes.
Herrajes especiales	Empotrado.
Monopolos	Empotrado.

Modelación, Análisis y Diseño de la Estructura

La estructura se deberá diseñar como “estructura en el espacio”. En caso de torres autosoportadas y arriostradas podrán liberarse los miembros de la celosía para que trabajen como armaduras.

Las fuerzas de viento se aplicarán puntual y perpendicularmente sobre los nodos de las piernas y/o montantes de la estructura correspondientes a la cara frontal, en cada nivel considerado.

Para miembros de la celosía en torres deberá revisarse que las longitudes a considerar en la relación de esbeltez KL/r sea la longitud real del elemento. La longitud y el parámetro K para miembros de monopolos deberá ser la altura total de la estructura y $K=2.0$, respectivamente.

En torres arriostradas deberá de aplicarse la fuerza de viento en la dirección más crítica según la ubicación de las retenidas. Deberá tenerse especial cuidado en su modelación al especificar los miembros a tensión o cable, ya que deberán utilizarse los comandos “Perform Analysis” y “Change” para cada condición y combinación de carga. En caso de declarar las retenidas como miembros cable, la tensión inicial deberá ser calculada en función de su longitud, área de la sección y con base en la información técnica proporcionada por el fabricante. Dicha información deberá ser entregada como parte de la memoria de cálculo para justificar los valores empleados. El área de la sección del cable a considerar para el cálculo corresponderá a 7/9 del área sólida del cable.

El acero a utilizar para el diseño será tipo A-36 y/o **A-572 (G50)**.

2.6 DISEÑO DE CIMENTACIÓN

Para el diseño de la cimentación se tomará como válido el criterio utilizado por el Reglamento de Construcciones del D.F y sus Normas Técnicas Complementarias. **En los casos en que se requiera información no contemplada en el RCDF y sus NTC, podrán usarse los criterios contenidos en el código del ACI-318 edición vigente.**

Se deberán incluir todos los datos y parámetros necesarios para el diseño

Cálculo del momento actuante.- Se calculará empleando las reacciones obtenidas del análisis de la torre, condición de carga PP(peso propio)+CM(cálculo del momento resistente)+VIENTO ó PP+CM+SISMO.

Cálculo del momento resistente.- Se deberá considerar el peso propio de la estructura y el peso de la cimentación (con peso específico del concreto igual a 2.4 t/m³).

La relación del momento resistente con el momento de volteo no deberá ser menor que 2 (Manual de Diseño por viento CFE). **El volumen de relleno a considerar para el cálculo del momento resistente será el proyectado verticalmente sobre el área de la zapata.**

La revisión de la presión de contacto sobre el terreno se realizará por el método de Plastificación Total o Áreas Reducidas.

$$q_{act} = P / A$$

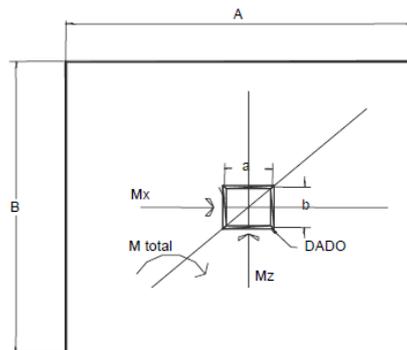
donde:

q_{act} **Presión de contacto actuante.**

A Es el área de la losa de la zapata calculada reduciendo la longitud de cada lado dos veces el valor de la excentricidad, definida como el cociente del Momento de volteo y el peso total. En el caso de torres autoportadas los elementos mecánicos a aplicar serán el 100% del valor arrojado por la corrida de STAAD.

P Peso total.

Nota: Para el caso de monopilos los elementos mecánicos se tomarán suponiendo que actúan en un ángulo 45°, calculando sus componentes, y siendo estas las que se apliquen Para la revisión únicamente de los esfuerzos sobre el terreno, como se puede apreciar en la siguiente figura:



**DESCOMPOSICIÓN DEL MOMENTO A
APLICAR PARA REVISIÓN POR
CAPACIDAD DE CARGA EN MONOPILOS**

Diseño por flexión.- Para el cálculo de las presiones de contacto se considerará la longitud total de la losa en voladizo, no obstante que las NTC disminuyan un peralte efectivo la distancia. **El volado a considerar será $(A - a) / 2$ y $(B - b) / 2$, tanto para cimentaciones de torres autoportadas como de monopilos.**

2.7 MATERIALES

Cemento

Requisitos químicos.- Todo cemento que se utilice será tipo Portland y se ajustará a las especificaciones ASTM C 150 "Especificaciones para cemento Portland" y podrá ser tipo I, II ó III (designación ASTM). La selección del tipo adecuado de cemento, en cada caso, deberá hacerla la supervisión de obra.

Requisitos físicos.- Para el cemento que se emplee en la elaboración de concreto no expuesto al ataque de sulfatos o de otra índole, deberán cumplirse los requisitos físicos de la norma oficial de calidad DGN-C-1 última edición y de acuerdo con su tipo.

Suministros.- El cemento que se utilice en la obra deberá ser de una marca de reconocida calidad. En lo posible, se utilizará sólo una marca de cemento para todo el trabajo.

El origen del cemento será tal que produzca un color uniforme en todo el concreto aparente y la temperatura del cemento no será en ningún caso mayor de 50oC, a la hora de la entrega.

Almacenamiento.- El cemento deberá estar en almacenes techados, bien ventilados, separados del suelo para evitar humedad y de tal manera que se evite el deterioro o la contaminación de cualquier naturaleza. El cemento almacenado por más de un mes, deberá verificarse que no haya sufrido deterioro alguno y no se utilizará aquel cemento que esté parcialmente humedecido, apelotonado o deteriorado en otra forma.

Agua.- El agua que se utilice en la fabricación del concreto deberá estar limpia, potable y libre de aceites, ácidos, hidróxidos, aguas negras, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser nocivas para el concreto o para el acero de refuerzo. Si así lo requiere, la supervisión solicitará análisis físico-químicos en el agua que se utilizará en el concreto, para determinar su dureza (contenido de sales) y alcalinidad (determinación del pH), así como color, olor, sedimentación, turbiedad y conductividad específica.

Agregados

Obtención y manejo.- La fuente donde se intenta obtener los agregados deberá ser aprobada por la supervisión de obra, quien antes de otorgarla puede solicitar las pruebas que considere necesarias.

La aprobación de un banco de materiales, en su caso, no se interpretará como aprobación de todos los materiales tomados de ese banco y se hará responsable al contratista por la calidad especificada de todos esos materiales usados en la obra.

Deposito de agregados.- El contratista desmontará y desplantará cuidadosamente el área del depósito en el cual serán colocados los agregados, eliminando árboles, raíces, matorrales, césped, tierra vegetal, arena, grava inapropiada, etc.

Requisitos para agregados en general.- Los agregados se ajustarán a la especificación ASTM C33 "Standard Specification for Concrete Aggregates" y deberán provenir de minas de arena azul o plantas trituradoras de basalto (para concreto) y bancos de materiales clasificados (para rellenos y terraplanes).

Agregados para fabricar concreto.- El agregado fino consistirá en arena limpia angulosa lavada, natural o triturada de graduación uniforme. El agregado grueso será

grava lavada o roca triturada que consista de fragmentos duros, fuertes y durables. El agregado fino y el grueso se consideran constituyentes diferentes de la mezcla y, por lo tanto, deben almacenarse por separado.

Agregados para elaborar rellenos o terraplenes.- Para el caso de rellenos, se utilizará un material fino y cohesivo (tepetate), esto con la finalidad de garantizar la compactación solicitada por la supervisión, ya que difícilmente se podrán hacer pruebas de compactación en el sitio.

Para el caso de terraplenes, se utilizará la grava cementada cuidando de respetar la proporción y/o graduación de los agregados finos y gruesos que posteriormente se indicarán.

Graduación

Agregado fino (arena).- El agregado fino tendrá un módulo de finura no menor de 2.5 ni mayor de 3.1 y se rechazará aquel agregado que contenga material fino que atraviese la malla No. 200 con exceso del 7%. Al ser sometido a 5 ciclos de la prueba de sanidad con sulfato de sodio (ASTM C88), no deberá producirse una pérdida mayor al 10% en peso y no debiendo contener arcilla o materia orgánica.

Agregado grueso (grava).- Al ser sometido a la prueba de sanidad con sulfato de sodio, el promedio pesado de la pérdida en peso no será mayor del 12%; el tamaño máximo será de 1 ½" (38mm), a menos que se indique otra cosa, sin presentar forma de laja.

Agregados para elaborar rellenos o terraplenes.- El material que se utilice para la formación de la grava cementada **deberá ser un material cuya granulometría sea adecuada y cuya curva granulométrica no deberá tener cambios bruscos, así como tampoco deberá presentar cambios bruscos** en lo que respecta al límite líquido (%), contracción lineal (%), valor cementante (kg/cm²), valor relativo de soporte standard (%) equivalente de arena (%).

Aditivos

El concreto podrá contener un agente inclusor de aire y un agente reductor de agua.

El contratista especificará por nombre y marca el agente inclusor de aire que pretenda utilizar, que deberá estar de acuerdo con las especificaciones ASTM C 260 y será capaz de incluir de 3 a 6 por ciento de aire, será completamente soluble en agua y al entrar en la mezcla estará totalmente disuelto.

El agente reductor de agua se ajustará a la especificación ASTM C 494, tipos A y D. El tipo A se utilizará cuando la temperatura ambiente sea menor de 21oC y el tipo D cuando la temperatura ambiente sea mayor de 21oC.

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se ajustará a la especificación ASTM A 615, grado 60 ($f_y=4,200$ kg/cm²).

Las varillas del No. 2 serán de grado estructural $f_y=2,320$ kg/cm², y se ajustarán a la especificación ASTM correspondiente. La malla de refuerzo se ajustará a la especificación **ASTM A 184**. Todo refuerzo con excepción del No. 2 será corrugado.

Colocación de refuerzo.- Las barras longitudinales se colocarán según el diseño, pero en paquetes de 2 varillas como máximo, alojando los paquetes próximos a las esquinas de la sección.

Los recubrimientos serán de **5 a 10** cm. de acuerdo al tipo de desplante (plantilla o terreno natural). La separación entre varillas será de acuerdo a como lo indiquen los planos. El refuerzo se amarrará y separará en tal forma que las operaciones de alto grado no alteren su forma o posición y queda prohibido mover el acero de refuerzo durante el colado.

En losas con doble capa de refuerzo, la superior se ligará a la inferior por medio de separadores de acero de refuerzo, de modo que la distancia entre varillas superiores e inferiores sea la indicada en el proyecto. Los separadores se sujetarán por medio de amarres de alambre o puntos de soldadura.

Dobleces y ganchos.- Las varillas de cualquier diámetro se doblarán en frío y de la siguiente manera. **En varillas menores del No. 8, los ganchos de anclaje se podrán hacer utilizando únicamente la grifa. En varillas iguales o mayores al No. 8, los ganchos de anclaje deberán hacerse alrededor de una pieza cilíndrica, con un diámetro igual o mayor a 6 veces el de la varilla, a 90o ó 180o.**

Anclaje y traslapes.- Los empalmes podrán ser traslapados para varillas hasta del No. 6 y soldados a tope **o mediante conector mecánico** para varillas del No. 8 ó mayores, y no deben ser en la misma sección, sino alternados.

Los empalmes traslapados tendrán una longitud de 40 veces el diámetro para varillas corrugadas y 60 veces el diámetro para varilla lisa o circular.

Si en una sección se empalma más de la tercera parte del refuerzo, la longitud de traslape debe incrementarse en un 50%.

Separaciones y silletas.- El contratista suministrará y colocará todos los dispositivos (grapasp, separadores, silletas) que se necesiten para asegurar que después del colado, el acero de refuerzo cumpla con las tolerancias que se fijan para las varillas del lecho superior.

Limpieza.- En caso de tener óxido suelto o escamas, éstas se removerán utilizando cepillo de alambre o chorro de arena a presión. No se requerirá obtener una

aparición lisa y brillante, sino únicamente la remoción del material suelto. La grasa o aceite se removerán con antorcha de propano o limpiando las varillas con solventes como gasolina, etc.

Instalación eléctrica. Todos los cableados eléctricos deberán ser marca Condumex, quedando en puntas de un metro en el registro principal de 0.15x0.15m etiquetando cada circuito y respetando el código de colores fase rojo, neutro blanco y tierra física verde, canalización oculta mediante tubería PVC eléctrico de acuerdo a los planos IE1 y IE2, apagador sencillo y contactos de servicio normal Dúplex polarizados,

Alumbrado.- Los cableados de las lámparas deberán canalizarse sus tres hilos, fase, neutro y tierra al registro principal de 0.15x0.15m, así como los dos hilos rojos del apagador con cable cal. 12 AWG. Esto con la finalidad de realizar la conexión del retorno del apagador dentro del tablero de corriente alterna. Ya que se requiere una conexión especial para la luz de emergencia. Estos cableados también deberán ser con canalización oculta Conduit PVC eléctrico de acuerdo a los planos IE1 y IE2. Contactos de seguridad Media Vuelta 20A 2 polos y tierra física marca Arrow-Hart

Aires acondicionados.- Los cableados de los aires acondicionados deberán ser mediante cable cal. 8 AWG para la alimentación eléctrica y cable cal. 14 AWG para la alimentación de control. Tubería oculta Conduit P/G galvanizada de acuerdo a los planos IE1 y IE2.

Nicho de Acometida. Este nicho se construirá a base de muro de block hueco desplantado sobre una zapata corrida de concreto armado, y estará conformado en la parte media y alta con losas de concreto armado, así como también se deberán colocar puertas de herrería para la protección del interruptor general y medidores.

Nicho para Interruptores Generales y Controlador de Luces. Este nicho se construirá de igual manera con block hueco, zapata corrida de concreto armado como cimentación y dos losas (una intermedia y una en la parte alta), y también se tendrán que colocar las puertas de herrería para la protección de los interruptores de suministro de energía a los diferentes puntos del sitio y el alojamiento del controlador de luces del balizamiento nocturno de la estructura.

Registros Eléctricos y de Fibra Óptica. Los registros eléctricos, regularmente, serán de 0.4x0.6m (medidas interiores) y se construirán con tabique rojo recocido, con una cadena de concreto reforzado en la cual estará ahogado el marco de la tapa, colocando después la tapa previamente colada. Estos registros llegan a tener 0.70m de profundidad, y en la parte baja se les deberá colocar una capa de grava de ¾" con 10cm de espesor, así como su capa antivegetal. Los registros serán repellados con un aplanado de mortero.

Los registros de fibra óptica tendrán dimensiones interiores de 0.60x0.80m y profundidad de 1m, y serán construidos de forma similar a los eléctricos, pero en el fondo llevarán un firme de concreto y un cárcamo de 0.20x0.20m con grava dentro.

CAPITULO III

**SISTEMAS PARA IMPLANTACIÓN
DE SITIOS CELULARES**

3.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Con la finalidad de hacer una identificación visual de los objetos que por su forma, dimensiones y ubicación puedan interferir con el tráfico aéreo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil, emitió el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-013-SCT3-1995, NOM-014-SCT3-1995 y NOM-015-SCT3-1995 publicadas en el diario oficial el 20-dic-95, 9-ene-96 y 16- ene-96 respectivamente (Anexo A), que regulan la evaluación y autorización de obras en terrenos cubiertos por superficies limitadoras de obstáculos y zonas de protección de aeródromos civiles.

Será requisito indispensable para la implantación de un sitio celular, obtener el Dictamen de señalización y balizamiento de la **Dirección General de Aeronáutica Civil** (DGAC) de acuerdo a lo indicado en la Ley de Aeropuertos (Anexo A) y en la norma NOM-013-SCT-1995 inciso 5.3, para lo cual el responsable de localización y contratación de sitios por región a través de la Gerencia de Control de Obra y Precios Unitarios (GCOPU) puede obtener un predictamen antes de contratar el predio, validado por un perito en telecomunicaciones, y de esta forma confirmar que no se tienen problemas de ubicación y altura para la implantación del sitio.

Para el trámite de dicho predictamen se requiere la siguiente información:

- Dirección del predio
- Fotografías panorámicas tomadas del centro del predio hacia los 4 puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste), a fin de determinar apantallamientos por elementos existentes: torres, edificios, cerros, etc.
- Altura de la estructura (torre), incluyendo pararrayos
- Coordenadas de ubicación (Latitud y Longitud)
- Metros Sobre el Nivel del Mar (MSNM)

Una vez contratado el sitio aprobado con el predictamen, el sitio celular debe ser manifestado ante la Dirección General de Aeronáutica Civil acompañada de la documentación de la norma NOM-013-SCT3-1995, para obtener su dictamen definitivo para su balizamiento y sistema de iluminación.

Tanto la torre como el sistema de iluminación (sitios nuevos), para lo cual al inicio de la implantación del sitio se deberá instalar un sistema de iluminación sencillo y posteriormente cuando se tenga el dictamen definitivo de la DGAC se deberá instalar el sistema de iluminación que este indique.

A continuación se indican los requisitos para la gestión del dictamen ante la DGAC.

Para el balizamiento diurno, se deberá solicitar ante la DGAC no pintar la torre, quedando el color del galvanizado natural en sitios urbanos y aquellos en los que se justifique un menor impacto visual por parte de autoridades, colonos, etc. Sin embargo, cuando se tenga el dictamen definitivo de la DGAC, se deberá respetar éste.

Telcel localiza sus instalaciones en predios propios y arrendados (a particulares o en sitios Telmex) tanto en terrenos baldíos o estructuras existentes. Por lo que se requiere obtener el dictamen de la DGAC para estructuras en predios propios, así como para estructuras en sitios arrendados. En el caso de torres Telmex, cuando el centro de radiación quede arriba del nivel máximo de la estructura existente, será responsabilidad obtener e implantar el dictamen de la DGAC, independientemente de que no se esté modificando la altura existente. En casos de arrendamientos privados, se hará del conocimiento del propietario la necesidad del dictamen y de común acuerdo.

De acuerdo a las normas de la DGAC, todos los equipos utilizados en los sistemas indicados en su dictamen deben estar certificados por esta dependencia (inciso 9.7 de la NOM-015-SCT-1995). En la República Mexicana solo se tienen las siguientes marcas certificadas ante dicha dependencia: Hughey & Philips Inc., TWR Lighting Inc.(sistemas L-810, L-864, L-865 y Dual), Flash Technology, Orga, Sisttemex (luz roja L-810 y L-864) y Quality Lighting de México S.A. de C.V. (Únicamente modelo QLM-1 luz roja L-810 y modelo L-864) controladores C1000X y Compact. Speciality Tower Lighting S.A. de C.V. (Sistemas L-810; L-864; y Dual L-864/L-865 STLD-1);

3.1.1 Alumbrado rojo.- El faro rojo 300mm se utiliza para protección nocturna, se deberá montar sobre una placa base con soportes tipo ménsula por la parte baja omitiendo el uso de cualquier elemento por la parte superior, con la finalidad de no tener ningún elemento que pudiera interferir con su visualización desde arriba. Se sujetará a la estructura de la torre por medio de abrazaderas atornillables tipo U o similar que garantice su perfecta sujeción. Su ubicación será la indicada por el dictamen emitido por la DGAC. Será del tipo L-864 y bajo las características indicadas en la NOM-015-SCT3-1995 inciso 9.1 y 9.2, se coloca en cúspide en instalaciones cuya altura relativa respecto al Aeródromo sea de 60 a 100m y dentro de los límites de áreas de protección para operación por instrumentos (áreas limitadoras), su operación es omnidireccional.

3.1.2 Estroboscopio.- La utilización de este tipo de iluminación es para casos en que la DGAC determine la necesidad de tener la señalización durante las 24 horas, (sustituyendo la pintura o además de la pintura de la torre). Se podrá utilizar faro de destello de alta intensidad y media intensidad del tipo L-856, L-857 ó L-865, L-866 respectivamente y con las características indicadas en los incisos 9.1 y 9.2 de la NOM-015-SCT-1995. Se deberá montar sobre una placa base con soportes tipo ménsula por la parte baja omitiendo el uso de cualquier elemento por la parte superior, con la finalidad de no tener ningún elemento que pudiera interferir con su visualización desde arriba. Se sujetará a la estructura de la torre por medio de abrazaderas atornillables tipo “U” o similar que garantice su perfecta sujeción. El uso de luces de destello blancas (estroboscópicas) se limita a su instalación en la cúspide, pero a juicio de la DGAC se podrán instalar en el tercio superior del cuerpo de la torre. Las luces de alta intensidad se utilizarán en instalaciones cuya altura relativa respecto al Aeródromo exceda los 150m y su ubicación sea dentro de las superficies limitadoras de obstáculos, utilizándose 3 luces para cubrir un haz de 360° (debido a que cada uno tiene una cobertura máxima de 120°). Las luces de media intensidad se emplearán en instalaciones que excedan de 100m sobre el nivel del Aeródromo con la misma condicionante de ubicación en zonas limitadoras, utilizando en este caso sólo una luz, debido a que es omnidireccional (la norma recomienda instalar 2 luces con un dispositivo de transferencia en sitios alejados).

3.1.3 Luces de obstrucción rojas.- Tipo L-810, se usará en instalaciones con alturas relativas respecto al Aeródromo de 45 a 60m, independientemente de su ubicación referida a las áreas de protección. Serán del tipo doble o sencilla según lo dictamine la DGAC, pueden instalarse en cúspide, sin embargo está condicionada a utilizarse como balizamiento secundario a un primer y segundo tercio superiores de la instalación, en este caso serán únicamente dos luces sencillas situadas en piernas opuestas de la torre a la altura estipulada, siguiendo y respetando la norma NOM-015-SCT3-1995. Se sujetarán a la estructura de la torre por medio de tubo conduit con abrazaderas atornillables tipo U o sistema similar que garantice su perfecta sujeción, siempre y cuando no obstruya su visualización desde arriba de la torre.

3.1.4 Sistema Dual.- Tipo L-864 y L-865, estrobo blanco para el día y luz roja para la noche. Se usará en la cúspide de estructuras de hasta 150m sobre el nivel del suelo. Se deberá montar una placa base con soportes tipo ménsula por la parte baja omitiendo el uso de cualquier elemento por la parte superior, con la finalidad de no tener ningún elemento que pudiera interferir con su visualización desde arriba. Se sujetará a la estructura de la torre por medio de abrazaderas tipo U o similar que garantice su perfecta sujeción.

3.1.5 Fococelda automática.- Tipo Tork, Mod. 2003-A o similar de 1500 w-180 VA, 105, 130 VAC y 50-60 Hz, controlará de 1 a 8 juegos de luces de la torre encendiéndolas antes de que la luz del norte baje menos de 35 candelas (377 Lux) y apagarlas antes que la luz del norte suba más de 60 candelas (645 Lux) o de acuerdo a lo que especifique en su dictamen la DGAC. Su orientación será hacia el norte, siempre y cuando lo permita la instalación y sobre todo no se tenga obstrucción alguna. Su localización estará en función de tener facilidades de acceso en caso de mantenimiento (lo más cercano a la escalera de acceso a plataforma o de la cama guía de onda y a 3.0m aproximadamente de altura sobre nivel de piso terminado). La fotocelda deberá contar con una caja de registro según especificación del proveedor o tipo condulet para conectar o empatar los cables de la fotocelda con el cable de uso rudo. La caja registro deberá tener los suficientes barrenos en la parte baja interior para permitir el desalojo del agua de lluvia que pudiera filtrarse al interior. La sujeción de la fotocelda y la caja registro a la estructura de la torre (pata o montante) o a la cama guía de onda, deberá realizarse por medio de abrazaderas tipo omega o en U atornillables que garantice su perfecta sujeción, quedando prohibida la utilización de cinchos o flejes metálicos.

3.1.6 La línea de alimentación.- Deberá ser en su totalidad cable tipo uso rudo marca Condumex (forro negro) resistente a la intemperie, de pared de 2.5mm y con el número de conductores de acuerdo a las lámparas instaladas en el sistema de alumbrado. En el caso del sistema Dual (Tipo L-864, L-865) y el Estroboscopio (Tipo L-856, L-857 ó L-865, L-866) podrá utilizarse cable de la misma marca del sistema a instalar para garantizar su buen funcionamiento del sistema (el cable deberá tener grabado el nombre de la marca del sistema de iluminación certificado en toda su longitud). El cable se sujetará a la pierna de torre por medio de cinturones metálicos inoxidables a cada metro, quedando prohibida la utilización de abrazaderas metálicas con tornillo sin fin, flejes metálicos o cintillos de plástico. En caso de tener derivaciones y/o puntos de soporte se instalarán cajas registros (cuadradas, rectangulares o circulares) con dimensiones adecuadas para el cable tipo uso rudo.

El tipo y ubicación de luces sobre el cuerpo de la estructura estará en función de lo dictaminado por la DGAC en cada caso, sin embargo en Detalles de Instalación se muestran las ubicaciones típicas de luces sencillas para diferentes alturas de torre.

La instalación la realizará el proveedor (no necesariamente quien instale la torre deberá instalar el sistema de iluminación) y el balizamiento o pintura la realizará el proveedor de la torre. Por lo que el proveedor del sistema está obligado a respetar y seguir lo indicado a el dictamen de la DGAC.

Todo tipo de sistema de iluminación deberá ser entregado por el Proveedor con la certificación del mismo por la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La caja de control y alarma así como la fotocelda para luces de obstrucción sencilla la suministrará el proveedor. Las luces estroboscópicas y faro 300 mm, deberán incluir en su suministro e instalación su respectiva caja de control. En caso de tener luces estroboscópicas o faro rojo 300 mm con balizamiento secundario, este último deberá conectarse para su funcionamiento a la caja de control del sistema (L-864 ó L-865). Independientemente de la marca de la luz estroboscópica o faro 300 mm, este deberá incluir su caja de control y soporte para el equipo.

El cableado para la conexión de la caja de control y alarma al centro de carga será cubierto por canaleta cuadrada de PVC de 1 1/2", suministrada e instalada por el proveedor del sistema.

Deberá valorarse la ubicación, altura e impacto visual de la estructura para determinar la factibilidad del empleo o no del sistema de iluminación.

3.2 SISTEMA DE PARARRAYOS

En la cúspide de torres autosoportadas, arriostradas, estructuras especiales y monopolos se colocará un tramo triangular T-45 de aproximadamente 3.0m de altura con un tubo de 64mm de diámetro con longitud total de 1.00m en su extremo superior, para recibir la barra de descarga de 16 mm de diámetro (pararrayos) que incluye arillo equipotencial de 9mm de diámetro, la cual deberá tener un ángulo de protección y 3.00m de longitud, dicho mástil deberá sujetarse al tubo de 64mm por medio de un herraje galvanizado o de aluminio y abrazaderas metálicas dobles o abrazaderas en "U" atornillables (plano DTP-ST1). Algunas torres traen opresores (tornillos) que restringen el duraluminio por dentro de dicho tubo de 64mm.

Durante el proceso de obra civil se deberá dejar ahogado un electrodo para la conexión del cable de pararrayos el cual deberá ubicarse del lado opuesto a la cara por la cual baja la cama guía de onda.

Se deberá conectar un cable THW calibre No.2/0 en la parte inferior del pararrayos por medio de un prisionero, dicho cable deberá ser sujetado en toda su trayectoria a una de las patas de la torre mediante cinchos metálicos inoxidables a cada metro y conectarse con soldadura Cadweld exotérmica a la cola de tierra destinada para dicho fin.

Para la sujeción de cables a cualquier parte de la torre o de la cama guía de onda se usaran exclusivamente cinturones metálicos (Panduit, Bandit o similar).

En el caso de monopolos, el cable deberá bajar por fuera (del lado contrario a la cama guía cuando ésta esté por fuera) por lo que el monopoilo deberá contar con un sistema de sujeción mediante abrazaderas tipo omega o con cinturones hacia redondo liso por la parte exterior.

La colocación del pararrayos en soportes tipo bandera será por medio de abrazaderas dobles en el tubo de 64 mm de diámetro del tramo T-45 con su herraje correspondiente si éste es necesario.

En monopolos con algún tipo de camuflaje o por cuestión de estética en el sitio, se podrá utilizar una punta de Faraday en lugar del pararrayos EP-D dipolo.

La utilización del pararrayos especificado anteriormente estará en función del tamaño y localización de la torre (central Telmex, casa habitación o azotea), por lo que para su definición se debe consultar las Normas y Especificaciones De Instalaciones Eléctricas y Sistemas de Tierra para Radiobases y Repetidores.

3.3 SISTEMA DE ATERRIZAMIENTO DE FEEDERS Y ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las líneas de transmisión (feeders) se aterrizarán de forma independiente al sistema de pararrayos. Esto será a través de cable forrado del No. 2 THW, que irá desde la primera BTF (Barra de Tierra para Feeders) del primer "kit de aterrizaje" hasta la BTE (Barra de Tierra Exterior) que se instalará debajo del hueco de entrada al contenedor o antes del gabinete BTS (Outdoor), para posteriormente conectarse al sistema de tierras propio del contenedor.

En casos donde la supervisión prevea que exista robo de barras de cobre se podrá usar la siguiente opción: el aterrizamiento se realizará sustituyendo las barras de cobre por líneas de cable del No.2 THW, las cuales recibirán el cable de aterrizamiento perteneciente al kit de aterrizaje (grounding kit). La conexión será por medio de conector C ponchable con derivaciones de 2 a 6 y con conector C ponchable derivación de 2 a 2 para interconectar los cables que sustituyen a las barras y que a su vez se conectan a la línea de bajada de tierra de feeders de toda la estructura. Posterior al ponchado de los conectores se colocarán de 2 a 3 capas de cinta vulcanizada y 1 capa de cinta aislante para evitar presencia de humedad.

En las torres autosoportadas y arriostradas se instalará el primer kit de aterrizaje 1.50-2.00m bajo la plataforma celular ya sea tipo Telcel o Telmex. Para el caso de herrajes a diferentes niveles en torres arriostradas, autosoportadas o mástiles con instalación de feeders exterior, el primer kit de aterrizaje se instalará de 2.00m a 2.50m abajo del Nivel de Centro de Radiación de Antena más bajo, siempre y cuando la distancia entre los centros de radiación más alejados no exceda 30.0m.

En el caso de los monopolos, el primer kit de aterrizaje se instalará después de la ventana inferior para feeders, en caso de que se deba colocar en una cama guía vertical, éste se colocara a una distancia mínima de 1.00m bajo la ventana y en caso de que se coloque en una cama guía horizontal, se instalará a una distancia mínima de 1.50-2.00m perpendicular al cuerpo del monopolo.

Para los monopolos con el sistema GSM se aterrizará el TMA del sector "A" al primer kit de aterrizaje a través de un cable forrado del No.2 THW y al cual se le conectarán con un conector ponchable los restantes TMA's a través de un cable forrado No. 6 THW.

Cuando existan tramos rectos de cama guía de onda, ya sean horizontales o verticales, inclusive sobre cuerpo de la torre, se instalarán kits de aterrizaje a lo largo de las líneas de transmisión a cada 30m como máximo conectados a 2 kit de aterrizaje con separación entre sí de 25cm, barrenada para tornillos de 3/8" cuerda standard cabeza plana, o con cable de cobre y conector C ponchable.

En caso de que en la trayectoria de la cama guía de onda existan cambios de dirección que sean necesarios por las características del proyecto, se colocarán kits de aterrizaje conectados a 2 kit de aterrizaje siempre que se cumplan los dos siguientes criterios:

- a) Existan 2 o más curvas (horizontales o verticales) después del último kit de aterrizaje instalado.
- b) La suma de los tramos rectos (horizontales o verticales) de la cama guía de onda (CGO) después del último kit de aterrizaje y hasta la ubicación donde se pretende colocar el kit de aterrizaje sea mayor de 8.00m.

Para efectos de esta norma, se entenderá por una curva cualquier accesorio, adecuación o combinación de ellos para realizar un cambio de dirección de la trayectoria de la cama guía de onda en un mismo plano.

La sujeción del cable forrado del calibre No. 2 a lo largo de la cama guía de onda será por medio de cinchos metálicos inoxidables y la conexión del kit (solera de cobre) a la

cama guía de onda es por medio de tornillos con barriles aisladores de resina para 15kva de 2 1/2" de peralte, para evitar su contacto directo a la cama.

Durante el proceso de obra civil se dejarán ahogados tres electrodos de 3 Ohms interconectados entre sí, formando una delta alrededor de la cimentación de la torre, y 3 colas exteriores de 3 m de largo cada una, las cuales se conectarán en cada una de las patas de la torre o a la base del monopolo mediante soldadura Cadweld exotérmica y/o a las retenidas por medio de conectores bimetalicos tipo YP marca Burndy.

Los electrodos de tierra deberán estar enterrados dejando su parte superior a 30 cm bajo el nivel de piso terminado y deberá instalarse una tapa abatible de 30x30cms a base de rejilla Irving de 3/4" en cada uno para su mantenimiento.

En torres arriostradas se tendrá una cola de tierra de 3.00 m de longitud al pie de la torre y en cada apoyo de anclaje (retenidas), los cuales se conectarán con soldadura Cadweld exotérmica al sistema de tierras.

Toda conexión en el sistema de aterrizaje será por medio de soldadura Cadweld del tipo según correspondan en cada caso.

Solamente en caso de los kit de aterrizaje a solera de cobre y en cables de retenidas (torres arriostradas) se permitirá el uso de zapatas ponchables y/o conectores mecánicos.

Para el aterrizamiento del neutro de acometida deberá dejarse una varilla de tierra enterrada en el fondo del primer registro eléctrico dentro del sitio.

Para el aterrizamiento del contenedor se deberán dejar ahogados cuatro electrodos como mínimo, (la cantidad total estará en función del estudio de resistividad del suelo) ubicados en la banqueta perimetral del contenedor, instalando una tapa abatible de 30x30cm a base de rejilla Irving de 3/4" en cada uno de ellos para su mantenimiento. El aterrizamiento del contenedor será por medio de zapatas ponchables doble ojillo conectadas en por lo menos 2 puntos de su estructura metálica por el exterior.

La malla ciclónica deberá aterrizararse por medio de soldadura cadweld en 2 puntos opuestos como mínimo. El aterrizaje se hará en los postes: si se utiliza tubo ced. 40 se empleará soldadura, y en el caso de usar tubos de menor espesor se deberán emplear zapatas de doble ojillo ponchadas para el aterrizaje.

Las bases metálicas para gabinetes de equipo GSM outdoor (RBS 2102 y 2106) serán aterrizadas por medio de soldadura cadweld.

Se debe dejar ahogado un tramo de 20cm de tubo PVC de 1" para el paso de los cables de aterrizamiento a través de la capa de grava o del firme de concreto rellenándolo con silicón una vez instalado el cable del sistema de aterrizaje (plano DTP-ST1) lo anterior con el fin de proteger el cable del deterioro por la fricción de la grava y/o evitar que se troce el cable por quedar empotrado directamente en concreto.

3.4 SISTEMA DE SEGURIDAD PARA ASCENSO EN TORRES

El dispositivo de seguridad para ascenso a torres deberá cumplir con las Normas ANSI A 10.14 y ANSI Z 359.1 y será instalado a lo largo de toda la torre, recomendándose se utilice cinturón de seguridad al ascender y amarrarse con la bandola a la estructura de la plataforma una vez estando en ella. Es estrictamente necesario que se utilice el sistema cuando se realicen trabajos de instalación, visitas de mantenimiento o visitas para supervisión. Además se recomienda el uso de guantes de carnaza o lona para evitar el roce entre el redondo liso de la escalera y la palma de la mano, especialmente en climas cálidos.

Será necesaria la utilización del sistema de seguridad para todo tipo de torres mayores a 12m de altura y se deberá tener especial cuidado que la trayectoria del mismo en su ascenso tenga vía libre para que una persona ascienda sin ninguna dificultad, tanto en plataforma celular como plataforma de descanso.

Se requiere que el sistema de seguridad tenga las siguientes características:

- Cable galvanizado de 3/8" de diámetro para deslizar el carro del cinturón.
- Sistema con seguros (brackets) en parte superior e inferior (sujeción a escalera).
- Facilidad de sujetarse al cable con el carro del cinturón de seguridad parado a nivel de piso, es decir sin necesidad de subir peldaños de la escalera.
- Guías intermedias del cable fáciles de desabrochar.

CAPITULO IV

**CÁLCULO Y PROYECTO DE CARGAS
ELECTRICAS EN SITIOS CELULARES**

4.1 CORRIDA ELECTRONICA DE CALCULO ELECTRICO EN UN SITIO CELULAR

C.I. C. S. A. DE C. V.
CURSO INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCION

MEMORIA DE CALCULO ELECTRICO Y SISTEMAS DE TIERRA

SITIO

EL TOMATAL

OA-9041G850

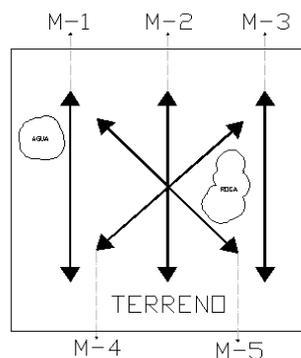
DIRECCIÓN:

**KM.152+300 CARRETERA POCHUTLA-PTO.
ESCONDIDO SANTA MARIA COLOTEPEC**

NOMBRE DEL SITIO:	EL TOMATAL		
No. DE EXPEDIENTE	OA-9041G850		
UBICACIÓN	OAXACA		
DIRECCION:	KM.152+300 CARRETERA POCHUTLA-PTO. ESCONDIDO SANTA MARIA COLOTEPEC		
ESTADO	OAXACA		
EQUIPO	GSM		
FECHA:	3-dic-07		
ALIMENTADOR PRINCIPAL			
CARGA TOTAL DEMANDADA	14372	WATTS	
TEMPERATURA AMBIENTE	45	Grad. Cent.	
		V. DOS	
VOLTAJE	220	FASES	
LONGITUD DEL CIRCUITO	6.24	m	(desde el transformador a la base del medidor)
EQUIPO GSM			
CARGA INSTALADA	6588	W	
TEMPERATURA AMBIENTE	45	Grad. Cent.	
		V. DOS	
VOLTAJE	220	FASES	
LONGITUD DEL CIRCUITO	6.29	m	(del tablero NQOD12 al equipo GSM)
EQUIPO GSM (FUTURO)			
CARGA INSTALADA	6588	W	
TEMPERATURA AMBIENTE	45	Grad. Cent.	
		V. DOS	
VOLTAJE	220	FASES	
LONGITUD DEL CIRCUITO	6.29	m	(del tablero NQOD12 al equipo GSM futuro)
REFLECTORES			
CARGA INSTALADA, REFLECTORES	900	W	
TEMPERATURA AMBIENTE	45	Grad. Cent.	
VOLTAJE	127	Volts	
LONGITUD DEL CIRCUITO	24.69	m	(del tablero NQOD12 al reflector mas lejano)
LUZ DE OBSTRUCCION			
LUZ DE OBSTRUCCION	116	W	
TEMPERATURA AMBIENTE	45	Grad. Cent.	
VOLTAJE	127	Volts	
LONGITUD DEL CIRCUITO	47	m	(del tablero NQOD12 a la luz de obstruccion)

		CONTACTO
CONTACTO		180 W
TEMPERATURA AMBIENTE		45 Grad. Cent.
VOLTAJE		127 Volts
LONGITUD DEL CIRCUITO		1 m
		SISTEMA DE TIERRAS
DATOS TOMADOS EN CAMPO		
SISTEMA DE MEDICION ($\Omega = 1$) o ($\Omega m = 2$)		1
MEDICION 1		5.74 Ω
MEDICION 2		7.45 Ω
MEDICION 3		7.46 Ω
MEDICION 4		7.21 Ω
MEDICION 5		4.13 Ω
MEDICION 1		35.18 Ωm
MEDICION 2		35.31 Ωm
MEDICION 3		31.41 Ωm
MEDICION 4		33.55 Ωm
MEDICION 5		38.95 Ωm
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS DE PRUEBA		3.00 m
OBSERVACIONES EN CAMPO		
TERRENO DE UNA O DOS CAPAS	1	<input type="checkbox"/> capa (vease tabla
TIPO DE TERRENO SUPERFICIAL		21 00)
ESPESOR DE LA CAPA SUPERFICIAL		0.50 m
GRADO DE HUMEDAD DEL TERRENO		
EPOCA DEL AÑO (verano/estiaje=1, invierno/lluvia=2)		2
DATOS TOMADOS DEL PROYECTO		
LADO CORTO DE LA MALLA (L1)		7.54 m
LADO LARGO DE LA MALLA (L2)		7.88 m
AREA DE LA MALLA M2		59.42 m ²
LONGITUD DEL CABLE DE MALLA (B)		30.84 m
PROFUNDIDAD DE LA MALLA (S)		0.60 m
CABLE DE COBRE DESNUDO A EMPLEAR		2/0 calibre

(del tablero NQOD12 al contacto)



4.2 MEMORIA DE CALCULO ELECTRICO

MEMORIA DE CALCULO ELECTRICO

DATOS GENERALES

EQUIPO	ALIMENTADOR PPAL	
No DE CIRCUITO	PPAL	
CARGA (H.P., W, VA, Amp)	14372.00	WATTS
TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS	45	
VOLTS	220	V
FASES	2	
FRECUENCIA	60	Hz
CONDUCTOR	COBRE	
AISLAMIENTO	THW	
TEMP. DE OPERACION	45	
TEMP. MAXIMA CONDUCTOR	75	
CANALIZACION	TUBO CONDUIT	
LONGITUD DE CIRC. L (m)	6.24	m
FACTOR DE POTENCIA	0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$I_n = \frac{KW}{V \cdot FP}$	72.59	corriente nominal
$I_c = \frac{I_n}{FCT \cdot FTA}$	102.23	corriente corregida
FCT = FACT. CORREC. TEMP.	0.71	de figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 0)
FCA = FACT. CORREC. AGRUP.	1.00	de la NOM-001 SEDE 1999 (ver tabla 1)

CALIBRE DEL CONDUCTOR

2 AWG de figura 12.8.1 de normas telcel (ver tabla 9)

CAIDA DE TENSION POR RESISTENCIA

$\%V_c = (2x I_n) [(R \cos \phi) + (X \sin \phi)]$	72.59	corriente nominal
$I_n = (AMPERES)$	0.544	Con cable cal. 2 (VER TABLA 2)
$R = (OHMS/M)$	0.999847695	
$\cos \phi =$	0.357	Con cable cal. 2 (VER TABLA 2)
$X = (OHMS/M)$	0.0175	
$\sin \phi =$	0.07987	volt/m
$V_c = (VOLTS / m)$	0.50	volts
Vc POR LONG. DEL CIRCUITO (Vc x L)	0.23	%
CAIDA DE TENSION EN %	0.34500	%
CAIDA DE TENSION (POR FORMULA)	ACEPTABLE	
MENOR AL 3 % ACEPTABLE		

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)

53 mm de figura 12.8.1 de normas telcel (ver tabla 9)

SELECCIÓN DE INTERRUPTOR

1.25 Inom	90.73	ampers
INTERRUPTOR SELECCIONADO	2P-70A	
	FAL26070	N° DE CATALOGO

SELECCIÓN DE CONDUCTOR DE TIERRA

2 AWG de figura 12.8.1 de normas telcel (ver tabla 9)

DATOS GENERALES

EQUIPO	GSM	
No DE CIRCUITO	1,3	
CARGA (H.P., W, VA, Amp)	6588.00	WATTS
TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS	45	
VOLTS	220	V
FASES	2	
FRECUENCIA	60	Hz
CONDUCTOR	COBRE	
AISLAMIENTO	THW	
TEMP. DE OPERACION	45	
TEMP. MAXIMA CONDUCTOR	75	
CANALIZACION	TUBO CONDUIT	
LONGITUD DE CIRC. L (m)	6.29	m
FACTOR DE POTENCIA	0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$$I_n = \frac{KW}{V \cdot FP}$$

33.27 corriente nominal

$$I_c = \frac{I_n}{FCT \cdot FTA}$$

46.86 corriente corregida

FCT = FACT. CORREC.TEMP.

0.71 de figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 0)

FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

1.00 de la NOM-001 SEDE 1999 (ver tabla 1)

CALIBRE DEL CONDUCTOR**6 AWG** de figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)**REVISION POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)**

$$\%V_c = (2 \times I_n) [(R \cos \phi) + (X \sin \phi)]$$

$$I_n = (\text{AMPERES})$$

$$R = (\text{OHMS/M})$$

$$\cos \phi =$$

$$X = (\text{OHMS/M})$$

$$\sin \phi =$$

$$V_c = (\text{VOLTS / m})$$

Vc POR LONG. DEL CIRCUITO (Vc x L)

CAIDA DE TENSION EN %

CAIDA DE TENSION

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

33.27 corriente nominal

1.38 Con cable cal. 6 (VER TABLA 2)

0.999847695

0.391 Con cable cal. 6 (VER TABLA 2)

0.0175

0.09227 volt/m

0.58 volts

0.26 %

0.40296 %

ACEPTABLE

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)**27 mm** de la figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)**SELECCIÓN DE INTERRUPTOR**

1.25 Inom

41.59 ampers

INTERRUPTOR SELECCIONADO

2P-50A

FAL26050 N° DE CATALOGO

SELECCIÓN DE CONDUCTOR DE TIERRA**10 AWG** de la figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)

DATOS GENERALES

EQUIPO	GSM (futuro)	
No DE CIRCUITO	4,6	
CARGA (H.P., W, VA, Amp)	6588.00	WATTS
TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS	45	
VOLTS	220	V
FASES	2	
FRECUENCIA	60	Hz
CONDUCTOR	COBRE	
AISLAMIENTO	THW	
TEMP. DE OPERACION	45	
TEMP. MAXIMA CONDUCTOR	75	
CANALIZACION	TUBO CONDUIT	
LONGITUD DE CIRC. L (m)	6.29	m
FACTOR DE POTENCIA	0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$$I_n = \frac{KW}{V \cdot FP}$$

33.27 corriente nominal

$$I_c = \frac{I_n}{FCT \times FTA}$$

46.86 corriente corregida

FCT = FACT. CORREC.TEMP.

0.71 de figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 0)

FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

1.00 de la NOM-001 SEDE 1999 (ver tabla 1)

CALIBRE DEL CONDUCTOR**6 AWG** de figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)**REVISION POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)**

$$\%V_c = (2 \times I_n) [(R \cos \phi) + (X \sin \phi)]$$

$$I_n = (\text{AMPERES})$$

$$R = (\text{OHMS/M})$$

$$\cos \phi =$$

$$X = (\text{OHMS/M})$$

$$\sin \phi =$$

$$V_c = (\text{VOLTS / m})$$

V_c POR LONG. DEL CIRCUITO (V_c x L)

CAIDA DE TENSION EN %

CAIDA DE TENSION

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

33.27 corriente nominal

1.38 Con cable cal. 6 (VER TABLA 2)

0.999847695

0.391 Con cable cal. 6 (VER TABLA 2)

0.0175

0.09227 volt/m

0.58 volts

0.26 %

0.40296 %

ACEPTABLE

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)**21 mm** de la figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)**SELECCIÓN DE INTERRUPTOR**1.25 I_{nom}

41.59 ampers

INTERRUPTOR SELECCIONADO

2P-50A

FAL26050 N° DE CATALOGO

SELECCIÓN DE CONDUCTOR DE TIERRA**10 AWG** de la figura 12.8.2 de normas telcel (ver tabla 7)

DATOS GENERALES

EQUIPO
 No DE CIRCUITO
 CARGA (H.P., W, VA, Amp)
 TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS
 VOLTS
 FASES
 FRECUENCIA
 CONDUCTOR
 AISLAMIENTO
 TEMP. DE OPERACION
 TEMP. MAXIMA CONDUCTOR
 CANALIZACION
 LONGITUD DE CIRC. L (m)
 FACTOR DE POTENCIA

REFLECTORES	
5	
900.00	WATTS
45	
127	V
1	
60	Hz
COBRE	
THW	
45	
75	
TUBO CONDUIT	
24.69	
0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$I_n = \frac{900 \text{ WATTS}}{127 \text{ V} \times 0.9}$

7.87 corriente nominal

$I_c = \frac{I_n}{\text{FCT} \times \text{FTA}}$

11.09 corriente corregida

FCT = FACT. CORREC.TEMP.
 FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

0.71 de figura 12.8.2 de normas telcel
 1.00

CALIBRE DEL CONDUCTOR

12 AWG (Cap . De conducc. 85 amp tipo THW
 75 grados temp de operación max.)

REVISION POR CAIDA DE TENSION

$\%V_c = (2 \times I_n) [(R \cos \phi) + (X \sin \phi)]$

$I_n =$ (AMPERES)
 $R =$ (OHMS/M)
 $\cos \phi =$
 $X =$ (OHMS/M)
 $\sin \phi =$
 $V_c =$ (VOLTS / m)

7.87		
5.53	Con calibre 12 AWG	
0.999847695		0.540302306
0.44		
0.0175		
0.08719		
2.15		
1.70		
ACEPTABLE		

V_c POR LONG. DEL CIRCUITO ($V_c \times L$)
 CAIDA DE TENSION EN %

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

CALCULO POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)

CONDUCTOR PROPUESTO POR CAIDA DE TENSION

$R =$ (OHMS/M)
 $X =$ (OHMS/M)
 $V_c =$ (VOLTS / m)

N/A	SEGÚN NOM-001-SEDE
N/A	Con calibre N/A AWG
N/A	
N/A	
N/A	
N/A	
N/A	
N/A	

V_c POR LONG. DEL CIRCUITO ($V_c \times L$)
 CAIDA DE TENSION EN %
 MENOR AL 3 % ACEPTABLE

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)

16 mm

INTERRUPTOR SELECCIONADO

1.25 Inom

INTERRUPTOR SELECCIONADO

9.84	ampers
1P-15A	
FAL22015	N° DE CATALOGO

CONDUCTOR TIERRAS**12 AWG****DATOS GENERALES**

EQUIPO

No DE CIRCUITO

CARGA (H.P., W, VA, Amp)

TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS

VOLTS

FASES

FRECUENCIA

CONDUCTOR

AISLAMIENTO

TEMP. DE OPERACION

TEMP. MAXIMA CONDUCTOR

CANALIZACION

LONGITUD DE CIRC. L (m)

FACTOR DE POTENCIA

CONTACTOS	
7	
180.00	WATTS
45	
127	V
1	
60	Hz
COBRE	
THW	
45	
75	
TUBO CONDUIT	
1.00	
0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$$I_n = \frac{180 \text{ WATTS}}{127 \text{ V} \times 0.9}$$

$$I_c = \frac{I_n}{\text{FCT} \times \text{FTA}}$$

FCT = FACT. CORREC.TEMP.

FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

CALIBRE DEL CONDUCTOR

1.57 corriente nominal

2.22 corriente corregida

0.71 de figura 12.8.2 de normas telcel

1.00

10 AWG (Cap . De conducc. 85 amp tipo THW
75 grados temp de operación max.)**REVISION POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)**

$$\%V_c = (2x I_n) [(R \cos \phi) + (X \text{ sen } \phi)]$$

$$I_n = (\text{AMPERES})$$

$$R = (\text{OHMS/M})$$

$$\cos \phi =$$

$$X = (\text{OHMS/M})$$

$$\text{sen } \phi =$$

$$V_c = (\text{VOLTS / m})$$

Vc POR LONG. DEL CIRCUITO (Vc x L)

CAIDA DE TENSION EN %

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

1.57		
3.48	(Con calibre 4 AWG)	
0.999847695		0.540302306
0.426		
0.0175		
0.01098		
0.01		
0.01		
ACEPTABLE		

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)**13 mm****INTERRUPTOR SELECCIONADO**

1.25 Inom

INTERRUPTOR SELECCIONADO

1.97	ampers
1P-15A	
FAL22015	N° DE CATALOGO

CONDUCTOR TIERRAS

10 AWG

DATOS GENERALES

EQUIPO

CTRL. LUCES
OBSTRUCCION

No DE CIRCUITO

11

CARGA (H.P., W, VA, Amp)

116.00

WATTS

TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS

45

VOLTS

127

V

FASES

1

FRECUENCIA

60

Hz

CONDUCTOR

COBRE

AISLAMIENTO

THW

TEMP. DE OPERACION

45

TEMP. MAXIMA CONDUCTOR

75

CANALIZACION

TUBO CONDUIT

LONGITUD DE CIRC. L (m)

47.00

FACTOR DE POTENCIA

0.9

CALCULO POR AMPACIDAD

$$I_n = \frac{116 \text{ WATTS}}{127 \text{ V} \times 0.9}$$

1.01

corriente nominal

$$I_c = \frac{I_n}{\text{FCT} \times \text{FTA}}$$

1.43

corriente corregida

FCT = FACT. CORREC.TEMP.

0.71

de figura 12.8.2 de normas telcel

FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

1.00

CALIBRE DEL CONDUCTOR

12 AWG

(Cap . De conduc. 85 amp tipo THW

75 grados temp de operación max.)

REVISION POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)

$$\%V_c = (2 \times I_n) [(R \cos \phi) + (X \sin \phi)]$$

$$I_n = (\text{AMPERES})$$

$$R = (\text{OHMS/M})$$

$$\cos \phi =$$

$$X = (\text{OHMS/M})$$

$$\sin \phi =$$

$$V_c = (\text{VOLTS / m})$$

Vc POR LONG. DEL CIRCUITO (Vc x L)

CAIDA DE TENSION EN %

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

1.01

corriente nominal

5.53

Con cable cal. (VER TABLA 2)

0.999847695

0.44

Con cable cal. (VER TABLA 2)

0.0175

0.01124

volt/m

0.53

volts

0.42

%

ACEPTABLE

DIAM. DE TUBO CONDUIT (mm)

27 mm

INTERRUPTOR SELECCIONADO

1.25 Inom

1.27

ampers

INTERRUPTOR SELECCIONADO

1P-15A

FAL22015

Nº DE CATALOGO

CONDUCTOR TIERRAS

12 AWG

DATOS GENERALES

EQUIPO	FOTOCELDA	
No DE CIRCUITO	11	
CARGA (H.P., W, VA, Amp)	116.00	WATTS
TEMPERATURA AMBIENTE EN GRADOS CENTIGRADOS	45	
VOLTS	127	V
FASES	1	
FRECUENCIA	60	Hz
CONDUCTOR	COBRE	
AISLAMIENTO	THW	
TEMP. DE OPERACION	45	
TEMP. MAXIMA CONDUCTOR	75	
CANALIZACION	TUBO CONDUIT	
LONGITUD DE CIRC. L (m)	47.00	
FACTOR DE POTENCIA	0.9	

CALCULO POR AMPACIDAD

$$I_n = \frac{116 \text{ WATTS}}{127 \text{ V} \times 0.9}$$

1.01

$$I_c = \frac{I_n}{\text{FCT} \times \text{FTA}}$$

1.43

FCT = FACT. CORREC. TEMP.

0.71

 de figura 12.8.2 de normas telcel

FCA = FACT. CORREC. AGRUP.

1.00

CALIBRE DEL CONDUCTOR

14 AWG (Cap . De conduc. 85 amp tipo THW 75 grados temp de operación max.)

REVISION POR CAIDA DE TENSION (POR RESISTENCIA)

$$\%V_c = (2 \times I_n) [(R \cos \phi) + (X \text{ sen } \phi)]$$

$I_n =$ (AMPERES)

1.01

$R =$ (OHMS/M)

0

 (Con calibre 4 AWG)

$\cos \phi =$

0.999847695

 0.540302306

$X =$ (OHMS/M)

0

$\text{sen } \phi =$

0.0175

$V_c =$ (VOLTS / m)

0.00000

V_c POR LONG. DEL CIRCUITO ($V_c \times L$)

0.00

CAIDA DE TENSION EN %

0.00

MENOR AL 3 % ACEPTABLE

ACEPTABLE

CONDUCTOR TIERRAS

14 AWG

CAPITULO V

**CÁLCULO Y CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA
DE TIERRAS PARA RADIOBASES**

5.1 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMA DE TIERRAS

Los procedimientos para diseñar sistemas de tierras se basan en conceptos radicales, pero su aplicación puede ser muy compleja. Los conceptos son ciencia, pero la aplicación correcta es un arte, ya que cada instalación es única en su localización, tipo de suelo, y equipos a Proteger.

Las descargas atmosféricas no pueden ser evitadas, solo pueden ser interceptadas y conducidas a tierra por una vía, que si está bien diseñada, evitará daños a personas, equipos, estructuras, construcciones, etc.

La teoría fundamental de la protección contra descargas atmosféricas (rayos) es proveer los medios por los cuales una descarga pueda entrar o salir de la tierra sin pasar por rutas de alta resistencia.

Una protección adecuada está casi siempre representada por la instalación de terminales aéreas (pararrayos, puntas sencillas), conductores de bajada y por los electrodos de puesta a tierra.

5.1.1 Efectos por Rayo

La incidencia de rayos produce DAÑOS debido a sus efectos directos (circulación de corriente) y a sus efectos indirectos (calentamiento, presión y fuerzas magnéticas, etc.). Algunos eventos recientes indican que los equipos actuales pueden ser SENSIBLES ELECTRÓNICAMENTE, que aún los rayos entre nubes pueden causar daños.

Los efectos por rayo pueden ser:

A) Fuegos Forestales

B) Fuegos Residenciales

C) Fuego y explosión en instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos

D) Mal funcionamiento de aeronaves

E) Pérdidas en la industria eléctrica

F) Daños en equipo eléctrico sensible

Actualmente, la mayor parte de los equipos en procesos industriales, transmisión de datos, voz, imagen, computadoras personales, están controlados por componentes electrónicos sensibles. Como ocurre en las estaciones transmisoras - receptoras de radio, debido a su ubicación y características eléctricas, son muy susceptibles a sufrir daño por rayo directo o por los efectos de un rayo cercano. Aún cuando los daños causados por el rayo directo son más espectaculares, los daños causados por los EFECTOS DE INDUCCIÓN debido a un rayo cercano son considerables cuando se involucra equipo electrónico sofisticado de gran valor económico.

En el diseño de los Sistemas de Tierras se debe tomar en cuenta la normatividad vigente. Por ejemplo, en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 se mencionan los valores máximos de resistencia a tierra de los electrodos a emplearse en las instalaciones eléctricas.

Pero, por el lado de Ingeniería, nos preocupa que con el paso de los años, los libros sobre instalaciones eléctricas hayan dejado de incluir el cálculo de la resistencia a tierra, y, que por otro lado, la tecnología electrónica cada vez requiera de más sistemas de tierras de baja resistencia a tierra.

5.2 PROPOSITO Y TIPOS DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Para su estudio apropiado se estudiarán los sistemas de tierra según su aplicación.

5.2.1 Puesta a tierra de los sistemas eléctricos.- El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos.

Se logra uniendo mediante UN CONDUCTOR APROPIADO A LA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA TOTAL DEL SISTEMA, una parte del sistema eléctrico al planeta tierra.

5.2.2 Puesta a tierra de los equipos eléctricos.- Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y, para que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos.

Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante CONDUCTOR APROPIADO A LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DEL PROPIO SISTEMA EN EL PUNTO EN CUESTION.

5.2.3 Puesta a tierra en señales electrónicas.- Para evitar la contaminación con señales en FRECUENCIAS diferentes a la deseada.

Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

5.2.4 Puesta a tierra de protección electrónica.- Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por VOLTAJE, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

5.2.5 Puesta a tierra de protección atmosférica.- Sirve para canalizar la ENERGIA de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades.

Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada al planeta tierra que cubre los equipos o edificios a proteger.

5.2.6 Puesta a tierra de protección electrostática.- Sirve para neutralizar las CARGAS ELECTROSTATICAS producidas en los materiales dieléctricos. Se logra uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando el planeta tierra como referencia de voltaje cero.

La regla es: Cada sistema de tierras debe cerrar únicamente el circuito eléctrico que le corresponde.

5.3 PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS Y EDIFICIOS

5.3.1 PROTECCIÓN DE TORRES DE COMUNICACIÓN

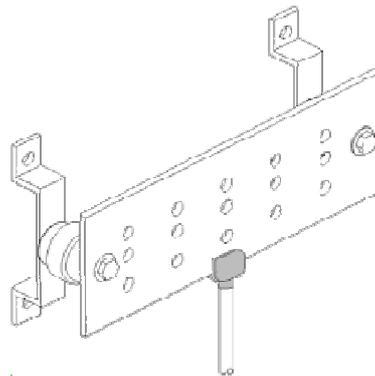
Se ha visto que las torres metálicas de comunicaciones incrementan sustancialmente la densidad de descargas en el lugar donde son instaladas. La probabilidad se incrementa aproximadamente con el cuadrado de la altura de la torre.

Variaciones considerables existen en la forma de como proteger una torre. Una manera es colocar una punta pararrayos en la cima de la torre y de ahí un conductor de cobre por toda la longitud de la torre. Sin embargo, por estar el cobre y el acero en contacto, se corroe el acero - 0.38 Volts de la celda galvánica - y, la inductancia del cable tan largo crea una trayectoria de tan alta impedancia que no es efectivo como circuito a tierra. Por lo que se recomienda usar la estructura con una punta electrodo en su parte superior con conectores adecuados para su conexión al acero estructural.

Y, como conexión a tierra, electrodos de tierra horizontales llamados contraantenas o, el anillo de tierra utilizado por la puesta a tierra de los equipos electrónicos.

Note que cuando se usan arreglos de puntas sobre antenas de radio, el plano de tierra cambia, por lo que el patrón de emisión radial cambia también y el arreglo puede evitar la recepción en ciertas zonas.

Para disipar rápidamente la energía de los rayos que pegan en las torres, y con ello, elevar menos el potencial de tierra del sistema y para bajar el riesgo a las personas cuando esas torres están en zonas densamente pobladas, se acostumbra colocar radialmente conductores enterrados horizontalmente bajo las mismas técnicas de aterrizado equipotencial empleado en las subestaciones de potencia, los que reciben el nombre de contraantenas. Estas contraantenas pueden ser menores de 30 m si el suelo es adecuado y los electrodos son efectivos.



Si un rayo toca una torre, la torre conducirá la mayoría de la corriente a tierra. La corriente remanente será conducida por las retenidas, alambrado de las luces de alerta y por el blindaje del cable coaxial.

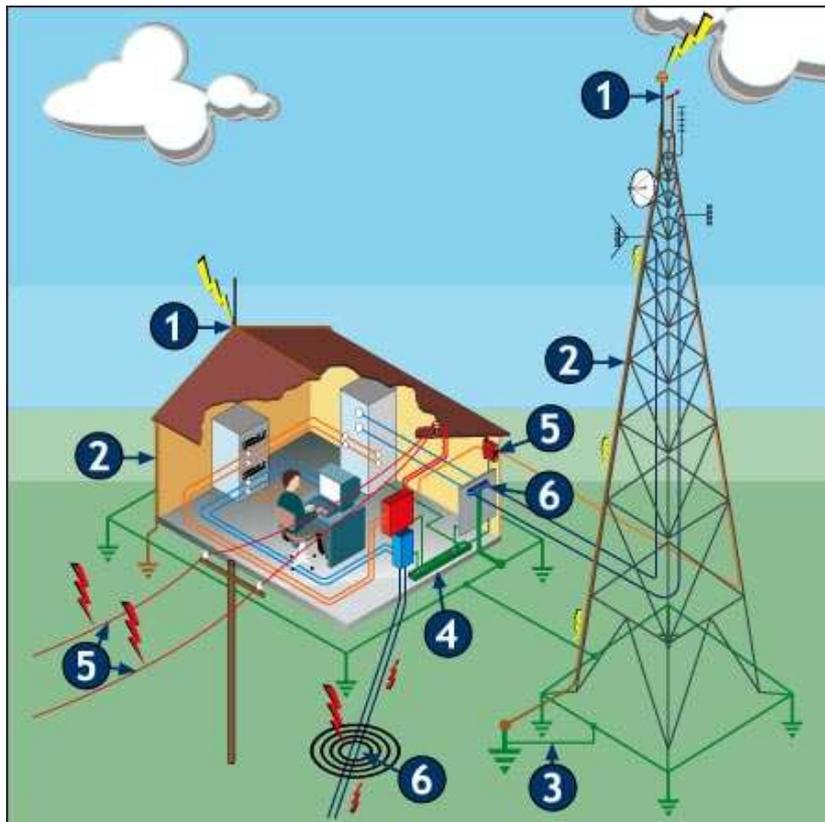
La NOM (800-13) dice "cuando sea factible, se debe mantener una separación de por lo menos 180 cm entre los conductores visibles de sistemas de comunicación y los conductores de pararrayos".

Incrementando la distancia entre la torre y el edificio del transmisor y usando blindajes tipo Faraday se puede reducir el impacto de la descarga en el equipo.

La entrada del cable de comunicaciones al edificio debe ser a través de un cabezal de tierras.

La conexión a este cabezal debe ser por lo menos de área igual a la sección transversal de los cables coaxiales. Una trenza de 3 a 6 pulgadas de ancho es usualmente empleada en este uso.

Las conexiones a tierra del cable coaxial se colocan en los cables de la antena a una altura de 50m



y a cada 30 m hacia arriba después de esa altura. Otra conexión va en la base de la torre y la otra en el cabezal de tierras. La altura de 50 m es crítica debido al hemisferio de descarga del rayo ya mencionado. Además, es preferible colocar el cable de señal por dentro de la estructura metálica de la torre para reducir la corriente en su blindaje.

Las luces de alerta solamente requieren de supresores de picos en las líneas de conexión eléctrica, los que también se deben aterrizan en el cabezal.

5.4 LA TIERRA Y LA RESISTIVIDAD

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" que para el interés de este trabajo, será conocida simplemente como "Resistividad del Terreno".

En la NOM-022-STPS-1999 se define el término resistividad, como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado.

De acuerdo con la NOM-008-SCFI-1993, Su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m, cuya acepción es utilizada internacionalmente.

La resistividad del terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

- Sales solubles
- Composición propia del terreno
- Estratigrafía
- Granulometría
- Estado higrométrico
- Temperatura
- Compactación

5.4.1 SALES SOLUBLES

La resistividad del suelo es determinada principalmente por su cantidad de electrolitos; ésto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas. Como ejemplo, para valores de 1% (por peso) de sal (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, pero, para valores menores de esa cantidad, la resistividad es muy alta.

5.4.2 COMPOSICIÓN DEL TERRENO

La composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 ohm-m por lo que una varilla electrodo enterrada 3 m tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 ohms respectivamente. En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 ohm-m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

5.4.3 ESTRATIGRAFÍA

El terreno obviamente no es uniforme en sus capas. En los 3 m de longitud de una varilla electrodo típica, al menos se encuentran dos capas diferentes de suelos. Se encuentran ejemplos de diferentes perfiles de resistividad.

5.4.4 GRANULOMETRÍA

Influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la arena y de que ésta sea mayor que la de la arcilla.

5.4.5 ESTADO HIGROMÉTRICO

El contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático. Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de éste. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Y, puede tenerse el caso de que en tiempo de secas, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.

5.4.6 TEMPERATURA

A medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno y ese aumento se nota aún más al llegar a 0°C, hasta el punto que, a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelación, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos los cuales influyen en la resistividad de la tierra

5.4.7 COMPACTACIÓN

La resistividad del terreno disminuye al aumentar la compactación del mismo. Por ello, se procurará siempre colocar los electrodos en los terrenos más compactos posibles.

5.4.8 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión.

En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación más económica.

El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o Megger de tierras de cuatro terminales.

Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de 2 tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa.

Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea.

De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas.

También estos aparatos de repente tienen oscilaciones en sus lecturas y no es posible leerlas.

Un aparato inteligente, lleva conductores blindados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que halla, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce. Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 Hz y mide; luego manda otra señal de 150 Hz y vuelve a medir y puede seguir enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio.

Los terrómetros son analógicos o digitales y deben contener 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 m aproximadamente.

Los terrómetros tienen cuatro terminales 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencial (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

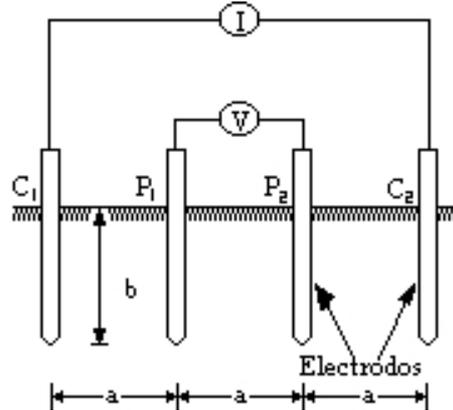
Como la medición obtenida por un terrómetro es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido, en otro a 90 grados del primero, y, en el sentido de las diagonales. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores capturados.

5.5 MÉTODO: TOMA DE LECTURAS DE WENNER.

En 1915, el Dr. Frank Wenner del U.S. Bureau of Standards desarrolló la teoría de este método de prueba, y la ecuación que lleva su nombre.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.



En la figura se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[A + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4 \cdot A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}}}$$

DONDE

ρ =Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A= Distancia entre los electrodos en metros

B= profundidad del enterrado de los electrodos en metros

R= lectura del terrometro en Ohms

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

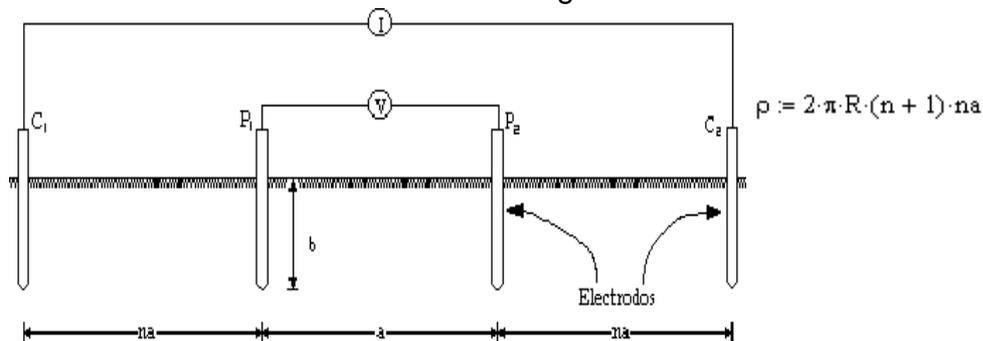
Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de 3 metros, B es 0.15 m y la lectura del instrumento es de 0.43 ohms, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 metros, es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa y de 8.105 ohms-m según la fórmula simplificada.

Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas. Y, que con ellas se obtenga el promedio.

5.6 MÉTODO DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura.



Con este método la resistividad ésta dada por:

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

5.7 Ejemplo: **PRUEBA DE RESISTIVIDAD**

C.I. C. S. A. DE C. V.
CARSO INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCION

KM.152+300 CARRETERA POCHUTLA-PTO. ESCONDIDO
SANTA MARIA COLOTEPEC

03-Dic-07

GSM

OAXACA

CALCULO DE SISTEMA DE TIERRAS

TIPO DE INMUEBLE: TERRENO
METODO UTILIZADO: WENNER
TIPO DE TERRENO (inspección visual):
GRADO DE HUMEDAD (inspección visual):
EPOCA DEL AÑO (verano/estiaje=1,
invierno/lluvia=2)

Limo

(vease tabla 000)

invierno / lluvia

Objetivo: Conocer la Resistividad del terreno para que en caso de requerirse un sistema de electrodos suplementarios, tener los elementos necesarios para su cálculo.

Instrumento: La prueba será realizada con un probador de tierras geometro, marca AVO, modelo DET5/4D, tipo digital de cuatro puntas No. Serie 6210-178/040204/4650.

Método de Medición de Wenner o de los cuatro electrodos.

Para medir la resistividad del suelo, se seguirá el METODO DE WENNER.

Los cuatro electrodos corresponden a cuatro terminales, dos son para pasar la corriente al suelo a través de las puntas o varillas de prueba y los otros dos para detectar la caída de potencial.

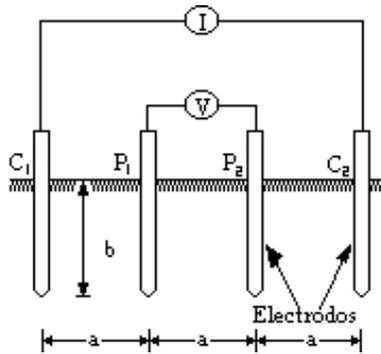
Descripción de las terminales:

C1 (E): Terminal de Corriente uno.

C2 (H): Terminal de Corriente dos.

P1 (ES): Terminal de Potencial uno.

P2 (S): Terminal de Potencial dos.



Procedimiento de medición de la Resistividad del suelo.

1. Localizar la zona en donde se va a construir la toma de tierra.
2. Antes de realizar la medición, se debe seleccionar en el equipo la posición que indique de 4 polos.
3. Clavar las varillas de prueba, colocándolas en línea recta entre ellas, con distancia de separación igual entre las cuatro varillas y no debe haber huecos alrededor de cada varilla.
4. Conectar las terminales de Corriente "C1" y "C2" a través de los cables, alas varillas de los extremos, las terminales de potencial se conectan a las varillas intermedias.
5. Energice el equipo y registre la lectura de resistencia **R** indicado en el equipo.
6. El valor de la Resistividad (**ρ**) del suelo, se calcula aplicando la siguiente formula

$$\rho = 2\pi a R$$

MEDICION DIRECTA EN EL TERRENO:

MEDICION 1 5.74 Ω	MEDICION 2 7.45 Ω	MEDICION 3 7.46 Ω
MEDICION 4 7.21 Ω	MEDICION 5 4.13 Ω	RESISTENCIA PROMEDIO : 6.40 Ω

POSIBILIDADES DE ATERRIZAMIENTO: BUENA **X** MALA REGULAR

DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICION, SE PROCEDE A CALCULAR LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO, YA QUE CON ESTE DATO SE DISEÑARA EL ARREGLO DEL SISTEMA DE TIERRAS, Y DEBERA DE SER LO SUFICIENTEMENTE SEGURO, CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS Y DE POTENCIALES GRANDES.

resistividad del terreno
 $\rho =$ en Ω/m
 distancia entre
 $a =$ electrodos en m
 $R =$ lectura directa en Ω

RESISTENCIA PROMEDIO 6.398 Ω

POR LO TANTO LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO ES:

$$\rho = 2\pi a R \quad 120.6 \Omega m$$

POR LO TANTO LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO ES : 120.6 Ω m

5.8 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED

5.8.1 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE UN ELECTRODO QUIMICO (EP-ET PARRES)

Para el dimensionamiento de la red de tierras del sitio el tomatal, se considera lo siguiente:

La resistencia requerida para la puesta a tierra debe ser menor a 3 ohms además se realizara con electrodos químicos de marca electrostática.

En estudios de laboratorio, la resistencia de un electrodo de compuestos químicos es menor a la de las varillas cooperweld, por lo que el estudio se hará con varillas aceradas con recubrimiento de cobre de espesor mínimo 0.254 mm y dimensiones 5/8" x 3.00 mts.

La resistencia para una varilla de tierra esta dada por:

Procedimiento:

1. Obtener el perfil de Resistividades del sitio
2. Ubicar en la tabla la categoría
3. Multiplicar por el factor del número de Electroodos
4. Obtener la resistencia Final del Sistema.

$$R = \frac{\rho}{2\pi * L} \left[Ln \frac{4L}{r} - 1 \right]$$

DONDE:

L	LONGITUD DE LA VARILLA A INSTALAR EN mts	2.00 m
r	DIAMETRO DE LA VARILLA COPERWELD RADIO DE LA VARILLA A INSTALAR EN mts	5/8 " 0.0079375 m
ρ	RESISTIVIDAD DEL TERRENO OHMS	120.6 Ω m
R	RESISTENCIA DE LA VARILLA DE PUESTA A TIERRA EN OHMS	56.772 Ω

* radio de la varilla, se obtiene de la siguiente forma: diámetro de la varilla es de 5/8" = 0.625 pulg

Radio de la varilla = diámetro x 2.54/2 = 0.793 cm = 0.0079375 mts PARA BAJAR LA

RESISTENCIA, APLICAR LOS FACTORES DE LAS TABLAS 1 Y 2

TABLAS 1 Y 2

VARILLA
2
3
4
8
12
16
20
24

FACTOR DE CORRECCION PARA MAS DE 1 VARILLA
1.16
1.29
1.36
1.68
1.8
1.92
2
2.16

N= 4

F= 1.36

APLICANDO LA SIGUIENTE EXPRESION:

$$R1 = \frac{R}{N}(F) \Omega$$

DONDE:

R	Resistencia de 1 varilla de puesta a tierra	56.772 Ω
N	Numero de varillas	4 pza.
F	Factor de corrección cuando se usa mas de 1 varilla	1.36
R1	Resistencia de las 4 varillas de puesta a tierra	19.302 Ω

La resistencia de los electrodos es 20 veces menor a la de las varillas Copperweld, por lo que la resistencia del número de varillas será:

$$R_{ELECTRODO} = \frac{R1}{20} \quad R \text{ (ELECTRODO)} = 0.9651 \text{ W}$$

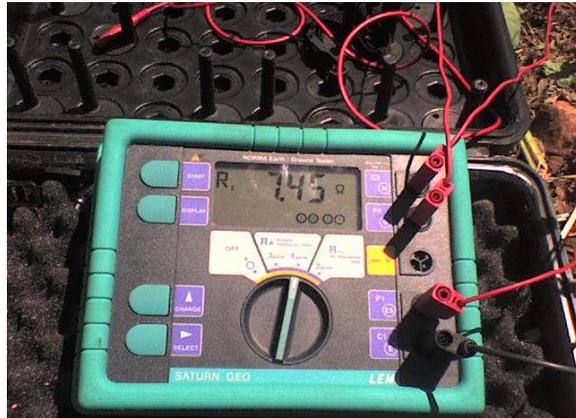
Nota.- La longitud de un electrodo marca Parres como el
Que se instala en las radiobases es de... 1.20 m

5.9 CALCULO PARA TERRENOS DE UNA SOLA CAPA DE MATERIAL

Malla de área $A= 59.4152 \text{ m}^2$, enterrada a una profundidad $S= 0.6 \text{ m}$, en un terreno de una capa de resistividad r . Las varillas electrodo tienen un largo $L= 2 \text{ m}$ y radio $r= 0.0079375 \text{ m}$, con su parte superior también a una profundidad $S= 0.6 \text{ m}$. La suma de las longitudes de los conductores de radio $a= 0.033715 \text{ m}$, sin las $n= 4$ varillas electrodo es $B= 30.84 \text{ m}$. El lado más corto es $L1= 7.54 \text{ m}$ y el lado mas largo es $L2= 7.88 \text{ m}$.

A	Area de la malla de tierras	59.42	m ²
S	Profundidad de la malla	0.60	m
ρ	Resistividad del terreno	120.60	Ω m
L	longitud de la varilla de tierra	2.00	m
r	radio de la varilla de tierra	0.0079375	m
a	radio del conductor de la malla de tierras	0.033715	m
B	Longitud del conductor de la malla de tierras	30.84	m
n	Numero de varillas electrodo a instalar	4	pza
L1	Lado más corto de la malla de tierras	7.54	m
L2	Lado más largo de la malla de tierras	7.88	m
Constantes de geometría para una profundidad $S < 0.1 \text{ raiz}(A)$		0.77	m
K1		1.15	
K2		4.78	
R1	Resistencia de los conductores de la malla	6.89	Ω
R2	Resistencia de todas las varillas electrodo	15.62	Ω
	Resistencia considerando electrodos $R2 \times (F/20)$	1.06	Ω
Rm	Resistencia mutua entre conductores y varillas electrodo	5.27	Ω
	Resistencia mutua considerando electrodos	5.91	Ω
Resistencia total del sistema (con electrodos)		0.92	Ω

5.10 REPORTE FOTOGRAFICO



CONCLUSIONES

La telefonía celular ha recorrido un camino muy extenso desde su no tan lejano comienzo, haciendo lucir los dispositivos de comunicación de la primera generación –vendidos en el mercado local hasta no hace más de 5 años- como piezas de antigüedad comparados con los teléfonos móviles modernos. Esta tecnología ha dejado de estar orientada únicamente a la comunicación de voz para pasar a involucrar todo tipo de aplicaciones multimedia, transformándose de ésta manera en una herramienta de uso diario, muchas veces imprescindible, para millones de personas en el mundo.

Habiéndose mostrado una importante cantidad de sistemas y protocolos de comunicación que intentan imponerse como dominantes en el mercado, se concluye en forma directa que la evolución de esta tecnología no se detendrá en los años venideros, y continuará sorprendiéndonos continuamente.

Si bien la penetración del mercado latinoamericano no ha cobrado la relevancia que posee en el primer mundo, su lugar en las telecomunicaciones es en extremo importante, teniendo en muchos países perspectivas de desarrollo bastante mayores que la telefonía alámbrica.

Hoy por hoy la gente no piensa en el celular como una prioridad pero a la vez es incapaz de imaginar una sociedad sin él. A lo largo de la historia existió la necesidad de estar comunicados siempre. Ahora con las nuevas tecnologías, como la telefonía celular, sentimos que esta necesidad aumentó considerablemente, al punto que para muchos sería impensable la vida sin celular.

Por tanto es imprescindible contar hoy en día con infraestructura en radiobases celulares para la propagación de las ondas portadoras de la voz y datos para el buen suministro de señal en la red celular que es indispensable para vida contemporánea.