

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIÓN
ELÉCTRICA Y SISTEMA DE TIERRA PARA RADIO
BASE DE TELEFONÍA CELULAR EN ZACATENCO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

PRESENTA:

OSVALDO MARTÍNEZ ARÉVALO

DIRECTOR DE TESIS: ING. ABEL VERDE CRUZ

2005

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDOMEX.

m341806



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Efrén, Virginia, Cecilia y Jesús.



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

NOMBRE: OSVALDO MARTÍNEZ AREVALO

FECHA: 08.03.05

FIRMA: 

ÍNDICE GENERAL.



INTRODUCCIÓN	PÁGINA.	1
--------------	---------	---

CAPÍTULO 1 TELEFONÍA CELULAR.

1.1	Comunicación inalámbrica.	4
1.1.1	Crecimiento del sistema celular.	5
1.1.2	Sistemas que componen una red celular.	8
1.1.3	Procesamiento de llamadas.	9
1.2	Radio base.	11
1.2.1	Tipos de torres.	13
1.3	Distribución de la frecuencia del sistema AMPS.	18
1.4	Efectos de la telefonía celular sobre el entorno.	19
1.4.1	Interferencia con otros sistemas.	20
1.4.2	Aspectos sobre la salud.	20

CAPÍTULO 2 SISTEMAS ELÉCTRICOS.

2.1	Introducción.	23
2.2	Sistemas eléctricos de una, dos y tres fases.	25
2.3	Potencia eléctrica.	30
2.3.1	Factor de demanda.	34
2.3.2	Factor de potencia.	34
2.4	Sistemas de protección contra fallas eléctricas.	37
2.5	Transformadores eléctricos.	39
2.5.1	Conexiones en transformadores.	45
2.5.2	Mantenimiento.	47
2.6	Conductores eléctricos.	48
2.6.1	Equivalencia en el calibre AWG O M.C.M.	49
2.6.2	Aislamiento.	51
2.6.3	Capacidad de conducción de los conductores eléctricos.	53
2.6.4	Factores de corrección.	54
2.6.5	Caída de tensión.	55
2.6.6	Diámetros y áreas interiores de tubos Conduit.	59

CAPÍTULO 3 SISTEMAS DE TIERRAS.

3.1	Introducción.	61
3.2	Campo de aplicación.	62
3.3	Equipo de medición.	63
3.3.1	Determinación del número de electrodos.	63
3.3.2	Distribución del número de electrodos.	65
3.4	Electrodos Cooperweld.	65
3.5	Calibres de cable para sistemas de tierra.	66
3.6	Conexión Cadwell.	66
3.7	Puesta a tierra de estructuras.	69
3.7.1	Puesta a tierra de pararrayos.	71
3.7.2	Puesta a tierra de líneas de transmisión.	72
3.7.3	Puesta a tierra RBS 884.	73
3.8	BCTF y BCTFA.	74
3.9	Varilla Cooperweld.	75

CAPÍTULO 4 EQUIPO QUE CONTIENE UNA RADIO BASE.

4.1	Equipo de transmisión-Recepción.	77
4.2	Equipo rectificador de Corriente alterna.	78
4.3	Baterías de emergencia.	79
4.4	Sistemas de aire acondicionado.	79
4.5	Luces de obstrucción.	80
4.6	Convertidor CD-CD.	81
4.7	Distribución del equipo.	82

CAPÍTULO 5 CÁLCULOS Y PLANOS CONSTRUCTIVOS.

5.1	Memoria de cálculo eléctrico.	85
5.2	Memoria de cálculo del sistema de tierras.	103
5.3	Planos constructivos y cuadro de cargas.	

CONCLUSIONES	111
--------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	112
--------------	-----

INTRODUCCIÓN.

El avance de la tecnología ha permitido al hombre comunicarse mejor cada día con sus semejantes. Esta tecnología ha creado sistemas de comunicaciones electrónicas muy avanzadas, las cuales, permiten mantener comunicadas a las personas prácticamente en cualquier parte de mundo y a cualquier hora. El avance de la tecnología ha permitido, a su vez, tener equipos compactos y económicos.

Gracias a la tecnología, la telefonía celular ha tenido un importante crecimiento y aceptación en las dos últimas décadas. El crecimiento ha sido tal, que ya contamos con sistemas de teléfonos móviles de última generación, que permiten hablar a cualquier parte del mundo, enviar mensajes escritos, conectarse a Internet, enviar fotos a color, escuchar música en formato MP3 y otras facilidades. En México existen varias empresas dedicadas a proporcionar el servicio de telefonía celular, obteniendo enormes ganancias producto de este servicio y que ayudan a México a crecer económicamente.

Algunas de estas empresas se dedican a realizar los proyectos y a construir la infraestructura necesaria para que las redes de telefonía celular funcionen. Precisamente, este trabajo describe como se proyectan y construyen las centrales radio base necesarias para la red de telefonía celular y que se valen de la ingeniería eléctrica, electrónica y de comunicaciones para poder funcionar.

El primer capítulo de este trabajo describe las características de una red de telefonía celular, su modo de operación y los sistemas que la componen. Se tratan además, los efectos de la comunicación celular sobre el entorno, llámense seres vivos, equipos de comunicaciones y equipos eléctricos.

En el capítulo dos se describen las características, teoría y funcionamiento de los sistemas eléctricos necesarios para poder operar las radio bases. En este capítulo se describen, también, las características de los cables y alambres conductores que alimentarán a los sistemas eléctricos en cuanto a capacidad conductiva, aislamiento, caídas de voltaje, etcétera.

De gran importancia resulta tener sistemas de protección eléctrica en los equipos e instalaciones de las radio bases. En el capítulo 3 se describe la teoría acerca de los sistemas de tierras empleados en las radio bases, así como todos los elementos que los constituyen, los cuales, evitaban problemas en los equipos y las personas involucradas en los sistemas.

Para poder funcionar adecuadamente, las radio bases se auxilian de equipos complementarios los cuales comprenden: equipos de rectificación de corriente alterna, baterías de emergencia, sistemas de aire acondicionado, equipos electrónicos de transmisión y recepción, y otros. El capítulo 4 describe cuales son estos equipos complementarios, sus características técnicas y aplicaciones dentro de las radio bases.

Finalmente se muestran los cálculos eléctricos y de sistemas de tierras necesarios para realizar el proyecto constructivo de la radio base a través de planos. Los planos incluidos describen: lista de materiales, diagramas de conexión, trayectorias, especificaciones, diagramas unificares, cuadros de cargas, conexiones a tierra, etcétera.

El objetivo de este trabajo es implementar un sistema de comunicaciones de vanguardia, que resulte evidentemente viable en cuanto a su construcción y tecnología, permitiendo así, una comunicación más rápida y efectiva entre los usuarios.

Todo este trabajo forma parte del diseño, planeación, construcción y puesta en operación de una radio base ubicada en Zacatenco, D.F. y que forma parte de una red de telefonía celular comercial en formato TDMA.

CAPÍTULO 1

TELEFONÍA CELULAR

1.1 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.

El sistema celular es un moderno sistema de telecomunicaciones que satisface las necesidades de comunicación telefónica, permitiendo estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar dentro del área de servicio celular. Este sistema viene a revolucionar a la telefonía convencional, ya que deja atrás los cables y los sustituye por frecuencias de radio, dando la opción de servicio telefónico móvil.

La telefonía celular data desde el año de 1947, en los laboratorios Bell Labs.

El término CELULAR se refiere a la manera en que están agrupadas las zonas de servicio que proporciona el sistema por medio de las estaciones de radio (Radio bases).

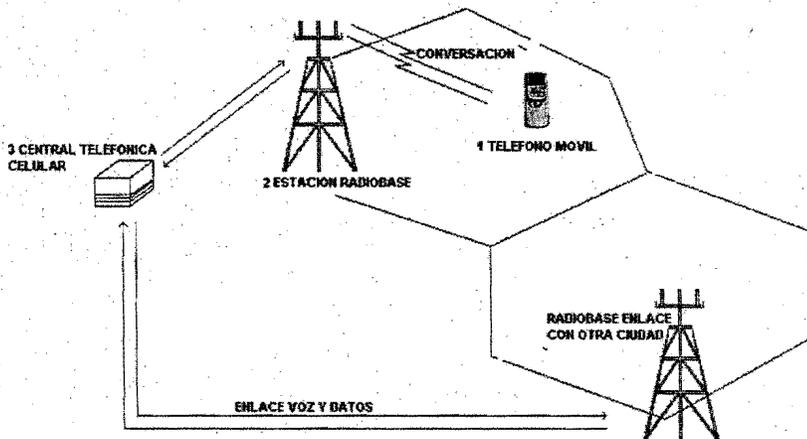


Fig. 1-1 La figura muestra como se realiza la comunicación celular.

Estas radio bases proporcionan el enlace bi direccional de radio con su teléfono y permiten el establecimiento de la comunicación telefónica. La central de conmutación ó MTX a su vez también está conectada a la red pública telefónica (en México TELMEX) para dar paso a llamadas que entran o salen de la red celular hacia la red pública.

También se puede interconectar varios MTX para realizar la función de visitante (ROAMING) entre diferentes zonas de servicio celular. La figura muestra las partes principales en las que se compone un sistema de radiofrecuencia celular.

1.1.1 CRECIMIENTO DEL SISTEMA CELULAR

La forma en que la planeación de un área geográfica se realiza depende de las necesidades de cobertura y de la demanda de servicio en ciertas zonas, ya que el tráfico no se distribuye de manera uniforme.

Primeramente se ubica un punto en la ciudad en el que se instala una radiobase y la cual se toma como referencia para el crecimiento posterior del sistema.

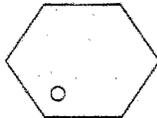


Fig. 1-2 Cobertura inicial de una radio base dentro de la red.

Posteriormente, y en cuanto la demanda de servicio celular aumenta, se forma alrededor de este sitio un hexágono en cuyos vértices se instala una nueva radio base.

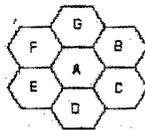


Fig. 1-3 Distribución de las nuevas radio bases alrededor de la primera.

Al aumentar el número de abonados en la región las células deben sectorizarse, esto es que la cobertura de cada radio base se divide en tres sectores, permitiendo con ello dar un aislamiento para reutilizar frecuencias y preparando al sistema para un mayor crecimiento a futuro. En la figura se muestra la radio base original y la sectorización de su cobertura, apreciando la reducción de su cobertura con la consecuente reducción de su potencia de transmisión. El hecho de manejar potencias menores disminuye el riesgo de interferencia y eleva la calidad de las llamadas.

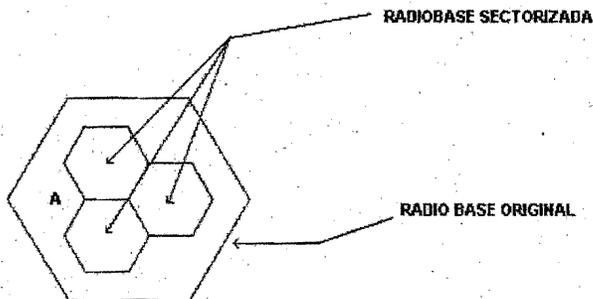


Fig. 1-4 Sectorización de una red de radio bases.

Conforme va aumentando la demanda de servicio celular, se hace necesario instalar nuevas radiobases hasta que se alcanza un equilibrio entre la demanda y la capacidad para brindar servicio sin saturación. Es por ello que se hace necesario el reducir la distancia entre radiobases de modo que la demanda de servicio pueda satisfacerse. Al no presentarse una demanda uniforme, la instalación de una nueva radiobase puede darse en cualquier punto de la ciudad, en cuyo caso se observa un crecimiento con una mayor densidad de radiobases por kilómetro cuadrado en ciertas zonas, como puede verse en la figura.

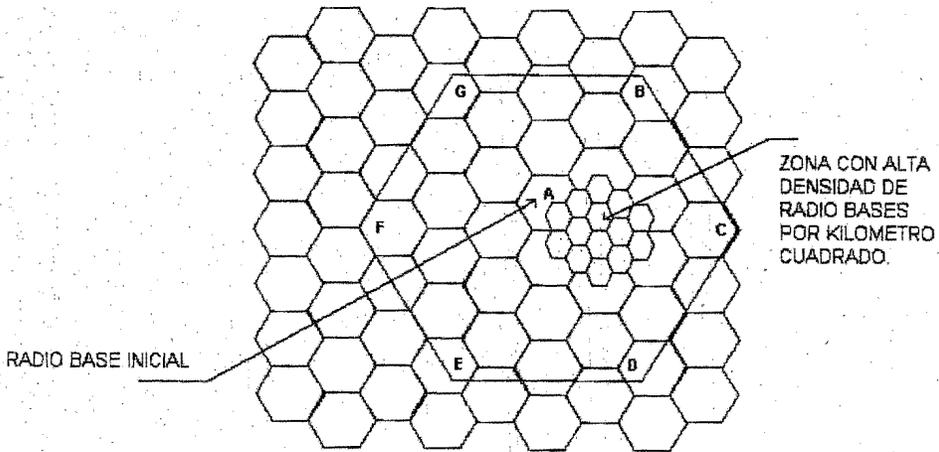


Fig. Distribución de radio bases según su demanda.

En el caso de que se instale una radio base en un lugar no adecuado, se generan problemas de ruido en la conversación, cruce de llamadas, dificultad para poder establecer una llamada, etc.

1.1.2 SISTEMAS QUE COMPONEN UNA RED CELULAR.

Los componentes de un sistema de telefonía celular se dividen en seis:

Centro de conmutación electrónica. Es el corazón del sistema celular y se compone de un conmutador telefónico digital. Este conmutador realiza dos funciones principales: controla la conmutación entre la red telefónica pública y los sitios de células para todas las llamadas de línea alámbrica a móvil, móvil a móvil y móvil a línea alámbrica; y también procesa la información recibida de los controladores de sitio de célula que concierne al estado de la unidad móvil, información de diagnóstico y compilación de información de facturas.

Controlador de sitios de célula. Cada célula contiene un controlador de sitio de célula la cual opera bajo la dirección del centro de conmutación. El controlador del sitio de célula administra cada uno de los canales de radio en el sitio, supervisa llamadas, enciende y apaga el transmisor y el receptor de radio, inyecta información a los canales de control y usuario y realiza pruebas de diagnóstico en el equipo de sitio de célula.

Transceptor de radio. Los transceptores de radio utilizados para la radio celular, son de Frecuencia Modulada de banda angosta, con una frecuencia de audio de 300 Hz a 3kHz. Cada sector contiene un transmisor y dos receptores de radio sintonizados a la misma frecuencia. Se selecciona a cualquier receptor de radio que detecte la señal más fuerte.

Interconexiones del sistema. Las líneas telefónicas terminadas a cuatro hilos generalmente se utilizan para conectar los centros de conmutación a cada uno de los sitios de la célula. Existe un circuito troncal de cuatro hilos asignado para cada uno de los canales del usuario de la célula. Además, debe haber por lo menos un circuito a cuatro hilos para conectar el conmutador a un controlador de sitio de la célula como un canal de control.

Unidades de telefonía móvil. Estas unidades portátiles tienen una potencia de salida más baja y una antena menos eficiente. Cada unidad de teléfono móvil consiste de una unidad de control, un transceptor de radio, una unidad lógica y una antena móvil. La unidad de control alberga todas las interfaces del usuario, incluyendo un auricular. El transceptor utiliza un sintetizador de frecuencia para sintonizar cualquier canal del sistema asignado. La unidad lógica interrumpe las acciones del suscriptor y los comandos del sistema y maneja al transceptor y las unidades de control.

Protocolo de comunicaciones. El último componente de un sistema celular es el protocolo de comunicaciones que gobierna la manera en que una llamada telefónica es establecida. Los protocolos celulares difieren entre países. En México se utiliza el estándar del Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS),

1.1.3 PROCESAMIENTO DE LLAMADAS.

Para realizar una llamada celular se requieren de dos canales de comunicación de voz de full duplex simultáneos, uno para el usuario, y el otro de control.

El sistema de telefonía celular es muy similar al sistema de telefonía pública conmutada. Cuando una unidad móvil se enciende, realiza una serie de procedimientos de arranque y después prueba la intensidad de la señal recibida en todos los canales del usuario prescritos. La unidad automáticamente se sintoniza al canal con la intensidad de la señal de recepción más fuerte y se sincroniza para controlar la información transmitida por el controlador de sitio de célula. La unidad móvil interpreta la información y continúa monitoreando el canal de control. La unidad móvil automáticamente rastrea periódicamente para asegurarse que está utilizando el mejor canal de control.

Dentro de un sistema celular, las llamadas se pueden realizar entre una línea compartida y un teléfono móvil o entre dos teléfonos móviles.

Llamadas de línea a móvil. El centro de conmutación de un sistema celular recibe una llamada de una línea compartida a través de una línea interconectada dedicada, desde la red telefónica pública conmutada. El conmutador traslada los dígitos marcados recibidos y determina si la unidad móvil, a la cual la llamada está destinada, está colgada o descolgada. Si la unidad móvil está disponible, el conmutador vocea al suscriptor móvil. Siguiendo una respuesta de voiceo de la unidad móvil, el conmutador asigna un canal desocupado e instruye a la unidad móvil que se sintonice a un canal. La unidad móvil envía una verificación de la sintonización del canal por medio del controlador en el sitio de la célula, y después envía un tono de progreso de llamada al teléfono móvil del suscriptor, causando que este suene. El conmutador termina los tonos de progreso, cuando recibe la información positiva que el suscriptor ha contestado el teléfono y la conversación entre las dos personas ha comenzado.

Llamadas de móvil a línea. Primeramente el suscriptor que desea hacer una llamada a una línea, marca en el teléfono celular el número en la memoria de la unidad. El suscriptor, debe oprimir el botón de enviar o send, este número es enviado junto con el número de identificación del suscriptor móvil al conmutador. Después de validar el número, el conmutador manda la llamada en una interconexión de línea terminada a la red de telefonía pública, lo cual termina la conexión de la línea compartida. Con el control del sitio celular, el conmutador asigna un canal desocupado al teléfono móvil y le manda una señal de sintonía. Al verificar que el teléfono celular está en sintonía con la frecuencia asignada, el suscriptor recibe un tono de llamada progresiva del conmutador. Al descolgar el teléfono, el conmutador termina los tonos de llamada progresiva y la conversación puede comenzar.

Llamada de móvil a móvil. El que quiere realizar la llamada debe introducir el número al cual se desea comunicar y después marca la tecla enviar o send. El conmutador recibe el número de identificación del que llama y el número marcado y después verifica si la unidad llamada está desocupada. El conmutador envía un comando de voceo a todos los controladores de sitio de célula y el que es llamado recibe un llamado. Después el conmutador asigna un canal a cada uno y les instruye a que se sintonicen a una frecuencia determinada. Después de esto, el teléfono llamado suena un timbre. Cuando el teléfono contesta, el conmutador termina el tono de llamada progresiva y la conversación comienza.

Una de las características más importantes del sistema celular, es su capacidad de transferir llamadas de un sitio celular a otro conforme las unidades móviles se desplazan, de célula a célula, dentro de la red. Las computadoras en las estaciones del controlador del sitio de la célula transfieren llamadas de célula a célula, con un mínimo de interrupción y ninguna degradación en la calidad de la transmisión. El algoritmo de decisiones de control de flujo se basa en las variaciones de la intensidad de la señal. Cuando una llamada está en progreso, el centro de conmutación monitorea la intensidad de la señal recibida de cada canal de usuario. Si el nivel de la señal de un canal ocupado cae debajo de un nivel de umbral predeterminado, para un intervalo de tiempo dado, el conmutador realiza un control de flujo, si existe un canal vacante. La operación de control de flujo reenruta la llamada por un sitio de célula nuevo.

El proceso de control de flujo requiere de aproximadamente 200ms. Los parámetros de control de flujo permiten una transferencia optimizada basada en una carga de tráfico del sitio de la célula y el terreno que lo rodea. El bloqueo ocurre cuando el nivel de la señal cae a menos del nivel útil y no existen canales utilizables de intercambio. Para ayudar a evitar el bloqueo o la pérdida de una llamada, durante el proceso de control de flujo, el sistema emplea un esquema de balanceo de cargas que liberan los canales para el control de flujo y establece prioridades de control de flujo. Los programadores en el sitio de conmutador central actualizan continuamente el algoritmo de conmutación para enmendar al sistema hasta acomodar las cargas de tráfico variante.

1.2 RADIO BASE

La telefonía celular ha venido a incrementar de manera importante las comunicaciones entre personas. Esto no podría ser posible sin la instalación de las radio bases que se encuentran en el entorno.

Las radio bases forman una red de radio de FM que cubre una determinada zona en forma de células, el tamaño de estas células estará determinado por la demanda que esta tenga.

Una radio base sirve como un control central para el que utiliza este servicio. Las unidades móviles de los usuarios se comunican directamente con las estaciones radio base, la cual sirve como una estación repetidora de alta potencia, en donde las señales son procesadas para ser reenviadas.

El teléfono móvil se comunica con la radio base y la radio base emite la señal a una mayor potencia. Esta radio base mejora la calidad de la señal, pero no puede incrementar la capacidad de los canales de la misma, pues el ancho de banda ya está determinado.

La ventaja del sistema radica en que puede ser reutilizado el mismo ancho de banda para otros sectores.

Las radio bases son controladas también por un controlador de sitio de células computarizado que maneja la conmutación y función de las radio bases que están a su alrededor. Este centro de conmutación se llama Oficina de conmutación de telefonía Móvil (MTX).

Una radio base se compone de un transceptor de FM de baja potencia, amplificadores de potencia, unidad de control y hardware.

La función principal de la radio base es la interfaz entre el teléfono móvil y el MTX. La comunicación se hace sobre enlaces de informaciones dedicadas, metálicas y no metálicas, y se comunica con las unidades móviles, sobre las ondas de aire, utilizando un canal de control.

La oficina de conmutación se encarga de controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, este control incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de los canales de radio frecuencia. Este centro de conmutación también se encarga de la comunicación con las centrales de telefonía alámbrica convencional.

Cada célula puede acomodar simultáneamente hasta 70 canales diferentes de usuario. Cada canal soporta sólo un usuario de teléfono móvil a la vez.

Los canales se asignan de manera aleatoria a cada usuario y de manera dedicada. A esto se la llama re uso de la frecuencia, y permite que un sistema de telefonía celular, en un área, maneje los 666 canales disponibles.

La señal celular se comporta de la siguiente manera: Cuando el teléfono móvil se comienza a alejar del centro de la radio base, la intensidad de la señal comienza a disminuir. La potencia máxima de salida de un teléfono celular es de 35 dBm. (3W) y se puede ajustar a incrementos reductores de 4 dBm (0.7W).

Esta potencia también es controlada por las radio bases, la cual depende de la intensidad de la señal que la misma radio base recibe actualmente. Cuando la señal que la radio base recibe del teléfono celular disminuye, abajo de un nivel permitido, el centro de conmutación electrónico localiza la célula en la red que está recibiendo la señal más fuerte de ese teléfono y lo conmuta a ese sector o célula. La conmutación incluye convertir la llamada a una frecuencia disponible dentro del subconjunto de canales disponibles en la nueva célula. Este cambio de célula se llama entrega y como la transferencia se realiza en sólo 0.2 segundos, el usuario no percibe este cambio.

La colocación de antenas por sector deberá estar de la siguiente manera, viendo de frente se colocará la antena RXA en el extremo izquierdo, la RXB en el extremo derecho y la transmisora TXA a 150 centímetros de RXA, quedando una diferencia de alturas entre cuerpo y antenas de cinco centímetros aproximadamente en el lecho superior respectivamente

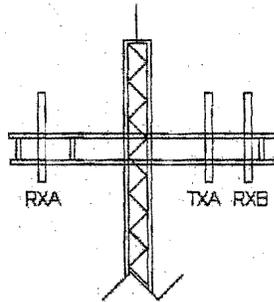


Fig. 1-6 Colocación de antenas celulares en la torre.

1.2.1 TIPOS DE TORRES

Torres Autoportadas.- Son las más eficientes por su geometría, con ellas se pueden manejar alturas de hasta 80 metros en tramos múltiples de 6 metros y remate de 3 metros, se fabrican en planta y se instalan o arman en campo, por lo general se usan para sitios en terreno natural, su geometría en elevación es de forma piramidal y en planta triangular. Es posible el uso de torres autoportadas de sección constante para alturas de hasta 33 metros.

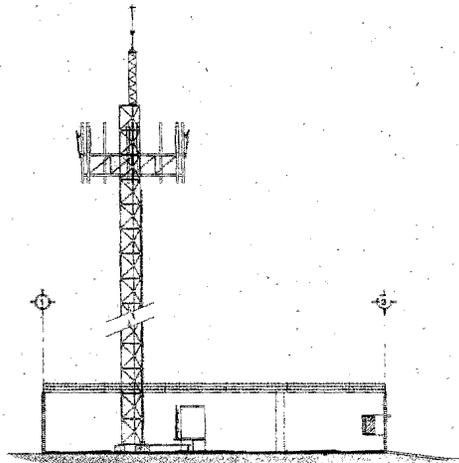


Fig. 1-7 Torre tipo autoportada.

Torres tipo monopolo.- Su estructura consiste en tubos de sección circular o poligonal 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 las requeridas para torres autosoportadas, se fabrican para alturas de hasta 36 metros. Este tipo de estructuras puede ser camuflajeada de manera que no cause un gran impacto visual., este camuflaje puede ser de tipo árbol, palmera, reloj monumental, poste de alumbrado, etcétera.

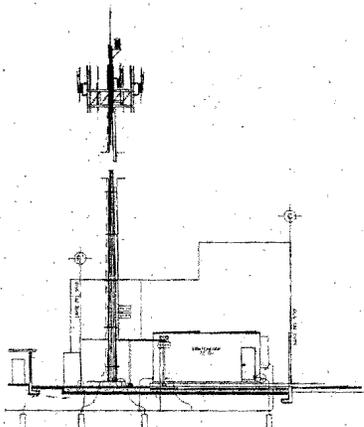


Fig. 1-8 Torre tipo monopolo.

Torres arriostradas.- Estas estructuras se pueden utilizar cuando es necesario instalar una radio base dentro de un inmueble existente como casas y edificios, ya que es posible ubicarlas en las azoteas y en sitios donde no hay problemas de espacio, ya que requieren de grandes claros por la posición de las retenidas. Estas estructuras son de sección triangular constante y para su estabilidad estructural óptima deben contar con tres retenidas, estas estructuras son esbeltas y son una buena solución si el impacto visual no es relevante. Se pueden manejar alturas de hasta 60 metros.

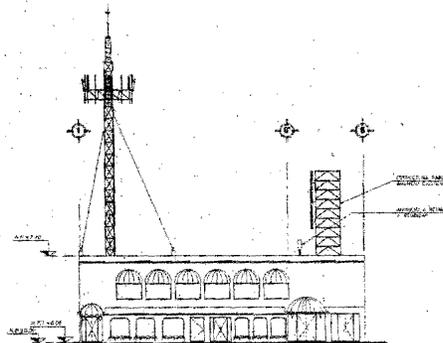


Fig. 1-9 Torre tipo arriostrada.

Torres camufladas.- Este tipo de torre es un monopolo que se le coloca un camuflaje de manera que no cause un gran impacto visual, este puede ser de tipo árbol, palmera, reloj monumental, poste de alumbrado, etcétera.

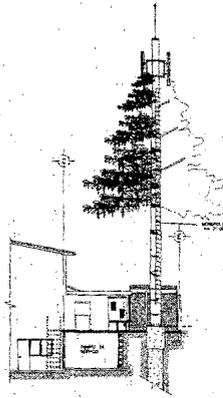


Fig. 1-10 Torre tipo monopolo camufladas

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 las azoteas no se requiere de una torre, su altura será de hasta 6 metros, deben ser utilizados para cargas moderadas.



Fig. 1-11 Mástiles.

1.3 DISTRIBUCION DE LA FRECUENCIA DEL SISTEMA AMPS.

Después del año de 1980, año en que tomó fuerza el servicio de telefonía celular, se determinó crear dos sistemas de distribución de frecuencias, cada uno con sus respectivos canales, el sistema A y el sistema B.

El sistema celular AMPS usa un ancho de banda de 20 Mhz. compuesta de 666 canales con espacios, entre canales, de 30 KHz.

Para las unidades móviles, el canal 1 tiene una frecuencia de transmisión de 825.03 Mhz. y el canal 666 una frecuencia de transmisión de 844.98 Mhz. Los receptores para cada canal operan a 45 Mhz. arriba del transmisor; por lo tanto, el canal 1 recibe en 870.03 Mhz. y el canal 666, en 889.98 Mhz.

Un espectro de frecuencias de 5 Mhz. adicional, se aumentó posteriormente a la banda de 20 Mhz existente, lo cual incrementa el número total de canales disponibles a 832. Los espectros de canales de AMPS y TACS se dividen en dos grupos básicos.

Un conjunto de canales se dedica para el intercambio de información de control entre unidades móviles y el sitio de la célula, y tiene el término de canales de control. El segundo grupo, con el término de canales de voz o usuario consiste de los canales restantes y se usá para conversaciones reales.

Existen varios tipos diferentes de teléfonos celulares; móviles, o montables en autos, portátiles o teléfonos de bolsillo; y de mano o teléfono transportable. Existen tres clases de teléfonos celulares. La clase que entra un radio en particular se determina por el tipo de teléfono que es y cuánta potencia de transmisión es capaz de producir.

En la figura se muestran los espectros de frecuencia para ambos sistemas de telefonía inalámbrica.

DISTRIBUCION DE LAS FRECUENCIAS

ESPACIAMIENTO DEL CANAL	30 kHz
DISTRIBUCION DEL ESPECTRO	20 MHz
ESPECTRO ADICIONAL	5 MHz
NUMERO TOTAL DE CANALES	832

SISTEMA A

CANAL	TX MOVIL MHz	RX MOVIL MHz
1	825.03	870.03
313 ^a	834.39	879.39
333 ^b	843.99	879.99
667	845.01	890.01
716	846.48	891.48
991	824.04	869.04
1023	825	870

SISTEMA B

CANAL	TX MOVIL MHz	RX MOVIL MHz
334 ^c	835.02	880.02
354 ^d	835.62	880.62
666	844.98	890
717	846.51	891
799	848.97	894

Tabla 1-1 Distribución de frecuencias del sistema de telefonía celular.

1.4 EFECTOS DE LA TELEFONÍA CELULAR SOBRE EL ENTORNO.

A medida que la demanda de telefonía celular aumenta, aumenta la cantidad de radio bases necesarias para prestar un buen servicio. Estos se observa de una manera creciente sobre todo en las ciudades más importantes de la república. La instalación de nuevas radio bases ha sido motivo de preocupación de los vecinos de las localidades debido a tres aspectos fundamentales: el estético, la posible interferencia con aparatos electrodomésticos y los posibles daños a la salud.

1.4.1 INTERFERENCIA CON OTROS SISTEMAS.

A continuación aparece una tabla donde se muestran las frecuencias a las que operan diferentes sistemas.

SERVICIO	FRECUENCIA Mhz
Radio AM	0.53-1.6
Teléfono inalámbrico.	46.6-50
TV (VHF)	56-88
Radio FM	88-108
TV (UHF)	108-206
Alarma de automóvil.	300-350
Teléfono celular	800-900
Radio localizador	930
Horno de microondas	2,450

Tabla 1-2 Frecuencias de trabajo de algunos sistemas eléctricos y electrónicos.

Debido a que el intervalo de frecuencias que se utiliza en telefonía celular no coincide con las frecuencias utilizadas en radio, televisión, hornos de microondas ni otros aparatos electrodomésticos, se concluye que en condiciones de operación normales, no es posible la interferencia con ellos. Sólo habrá interferencia con aquellos equipos que por falta de normalización o mal funcionamiento invadan el intervalo de frecuencias asignados a los teléfonos celulares.

1.4.2 ASPECTOS SOBRE LA SALUD

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que este tipo de antenas de transmisión de señales no ofrecen ningún riesgo para la salud de las comunidades. A lo largo de varios años, diversas entidades como empresas de telecomunicaciones, universidades y organismos gubernamentales han venido realizando una serie de estudios para verificar si las señales

transmitidas por este tipo de antenas generan algún daño a la salud y la respuesta es: No se ha comprobado que emitan ningún tipo de afectación.

Hasta la fecha ningún estudio ha demostrado que los campos electromagnéticos generados por la telefonía celular causen algún daño a los seres humanos a los niveles de potencia que se utilizan. De hecho se ha progresado mucho en el conocimiento sobre las interacciones de los campos de radio frecuencia con organismos vivos. Estos conocimientos han permitido el acuerdo entre la mayoría de los organismos científicos y reguladores, de tal forma que tanto las normas nacionales de diferentes países, como las internacionales, establecen las mismas, o aproximadamente las mismas, recomendaciones sobre los niveles de exposición que se consideran seguros. Entre estas normas se encuentra la última versión de IEEE aprobada por ANSI en 1992. En el caso de México se cuentan con dos anteproyectos que involucran tanto aspectos de interferencia como de susceptibilidad y bioefectos electromagnéticos. En este anteproyecto se siguen los lineamientos de la mencionada norma IEEE/ANSI. En la telefonía celular se tienen dos generadores de campos electromagnéticos: las radio bases y los teléfonos celulares.

El método celular para la telefonía móvil proporciona un mejor cubrimiento, con menor potencia radiada que el que se proporciona con una gran antena para servir una enorme área. Al contrario de lo que ocurre en radio y televisión donde al aumentar la potencia, se aumenta el auditorio, el área de las células se define por el número de usuarios simultáneos: esto significa que se necesitan más células a medida que aumenta el número de usuarios en un área determinada. Como esto da lugar a radio bases cubriendo la misma área, entonces las antenas de dichas radio bases deben emitir menor potencia para no interferir en ellas.

Las antenas de las radio bases están montadas en torres y, por lo tanto, se encuentra a una distancia del público en general. La potencia radiada por cada antena de 50 a 200 Watts, es equivalente a un foco común. Los niveles de potencia generados por las radio bases celulares son menores que los generados por estaciones de radio y televisión, que van de varios miles a millones de Watts.

Los teléfonos celulares operan en la banda entre 800 y 900 Mhz. Este intervalo de frecuencias es menor que el que se utiliza en los hornos de microondas (2.450 Mhz).

Aunque las antenas de las radio bases emiten más potencia que la de los teléfonos celulares, el ser humano generalmente está más próximo a estos últimos. La distancia típica a la que se encuentran las personas desde la antena de un teléfono celular es de unos centímetros, mientras que la antena de una radio base es de más de 30 metros.

La densidad de potencia alrededor de la antena de una radio base decrece con el cuadrado de la distancia.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS ELÉCTRICOS.

2.1 INTRODUCCIÓN

Se entiende por instalación eléctrica, al conjunto de tuberías conduit o tuberías y canalizaciones de otro tipo y forma, cajas de conexión, registros, elementos de unión entre tuberías, y entre las tuberías y las cajas de conexión o los registros, conductores eléctricos, accesorios de control y protección, etcétera, necesarios para conectar o interconectar una o varias fuentes de toma de energía eléctrica con los receptores.

En el mercado, existen muy variadas marcas y modelos de aditamentos para la construcción de redes de energía eléctrica, pero se tienen que escoger los más adecuados y de mejor calidad, para no tener problemas de fallas o incluso de incendio. Se tienen que tener en cuenta las normas de energía eléctrica, las que establecen ciertos parámetros de diseño.

Para la construcción de las radiobases es necesario tomar en cuenta las cargas requeridas haciendo los cálculos necesarios, además se consideran también las necesidades de espacio del local en donde se instalará la red eléctrica. De los cálculos de cargas realizados se podrán determinar los diámetros de las tuberías para canalización, diámetro nominal del cableado e interruptores.

Los cálculos, la ubicación de las trayectorias eléctricas y la disposición de los elementos eléctricos se verán plasmados en los planos constructivos.

Además de esto, los planos eléctricos contendrán la información necesaria para construir la instalación eléctrica.

Estos dos términos incluyen a todos los tipos de tuberías, ductos, charolas, trincheras, etcétera, que se utilizan para introducir, colocar o simplemente apoyar, los conductores eléctricos para protegerlos contra esfuerzos mecánicos y medios ambientes desfavorables como son los húmedos, corrosivos, oxidantes, explosivos, etcétera.

a) Tubo CONDUIT flexible de PVC.

Resistente a la corrosión, muy flexible, ligero, fácil de transportar, de cortar, precio bajo, mínima resistencia mecánica al aplastamiento y a la penetración.

Para cambios de dirección a 90° se dispone de codos, y para unir dos tramos de tubo se cuenta con coples, ambos del mismo material y de todas las medidas.

Este tipo de tuberías, generalmente se sujeta a las cajas de conexión introduciendo los extremos en los orificios que quedan en la caja de conexión.

Su uso se ha generalizado en instalaciones en las que de preferencia la tubería deba ir ahogada en pisos, muros, losas, castillos, columnas, trabes, etc.

b) Tubo CONDUIT flexible de acero.

Fabricado a base de cintas de acero galvanizado y unidas entre sí a presión en forma helicoidal.

Por su consistencia mecánica y notable flexibilidad, proporcionada por los anillos de acero en forma helicoidal, se utiliza en la conexión de motores eléctricos y en forma visible para amortiguar las vibraciones evitando se transmitan a las cajas de conexión y de estas a las canalizaciones.

Se sujetan sus extremos a las cajas de conexión y a las tapas de conexión de los motores, por medio de juegos de conectores rectos y curvos según lo requiera.

c) Tubo CONDUIT de acero galvanizado.

En sus presentaciones de pared gruesa y pared delgada.

La unión de tubo a tubo, se realiza por medio de coples sin cuerda interior que son sujetos a presión, la unión de los tubos a las cajas de conexión se hace con juegos de conectores.

Pared gruesa.- Su pared es lo suficientemente gruesa, trae de fábrica cuerda en ambos extremos y puede hacerse en obra cuando se requiera.

Como la unión de tubo a tubo es con coples de cuerda interior y la unión de los tubos a las cajas de conexión es con juegos de contras y monitores, la continuidad mecánica de las canalizaciones es 100% efectiva.

En ambas presentaciones de pared delgada y pared gruesa, se fabrica en tramos de 3 metros de longitud, para cambios de dirección a 90° se dispone de codos de todas las medidas.

El galvanizado es por inmersión, que le proporciona la protección necesaria para poder ser instalado en lugares expuestos a humedad, lugares de alta concentración de oxidantes o materiales corrosivos, etcétera.

d) Tubería de albañal.

Este tipo de tuberías se utiliza muy poco en instalaciones eléctricas, su uso se limita al cuidado de los conductores eléctricos en el proceso de obra, para que los aislantes permanezcan alejados de la humedad y los materiales de la obra, también se utiliza para cubrir a los electrodos de tierra de piedras y otros materiales no deseados y que el tubo sirva de contenedor del material químico que el electrodo requiere para disminuir la resistencia del anillo de tierras.

e) Cajas de conexión tipo chalupa.

Se utilizan para instalar en ellas apagadores, contactos, botones de timbre, recomendando que el número instalado de estos dispositivos no exceda de tres, ya que ello impide una fácil conexión.

Estas cajas, cuentan con orificios en todas sus caras por donde sólo entran tuberías de 13mm de diámetro para su conexión.

Las cajas se construyen de aproximadamente 6 x 10 cm de base por 38 mm de profundidad.

f) Cajas de conexión tipo CONDULET.

Son cajas de conexión especiales para tubería de pared gruesa, cuentan con tapa y empaque que impiden que la humedad y el polvo entre a la tubería del circuito eléctrico, evitando con esto posibles cortocircuitos o explosiones.

Estas cajas sirven como registro para los conductores eléctricos.

2.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS DE UNA, DOS Y TRES FASES.

Para el cálculo de circuitos eléctricos, es necesario conocer de ante mano el tipo de cargas que se utilizará. Existen cuatro sistemas diferentes para el suministro de energía eléctrica. A continuación se dan las características de cada circuito y sus respectivas fórmulas y la interpretación de las literales empleadas.

W es la potencia requerida por la carga instalada y se expresa en Watts.

E_n es la tensión entre fase y neutro y es igual a 127 volts.

E_f es la tensión que hay entre fases y es igual a 220 volts.

I Corriente en Amperes por conductor.

f.p. factor de potencia es el ángulo formado entre el vector corriente y el vector tensión e indica el porcentaje de energía real aprovechada por el sistema.

1) Sistema monofásico a 2 hilos.

Este arreglo lo conforman 1 hilo de fase y 1 hilo de neutro.

La fórmula general indica la potencia en el circuito afectada por la corriente, voltaje y el factor de potencia. Esta fórmula incluye a los tres tipos de carga: inductiva, capacitiva y resistiva.

La fórmula :

$$W = En * I$$

En corriente alterna sólo nos da la potencia aparente o de línea y la potencia real siempre y cuando se tenga en el circuito carga 100% resistiva.

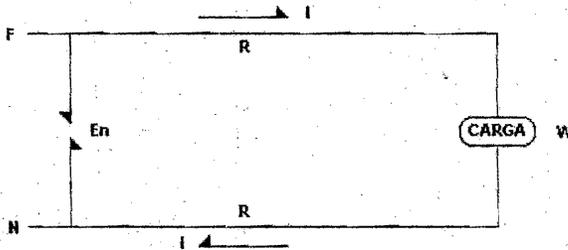


Fig. 2-1 Circuito monofásico a dos hilos.

Pero cuando se trata de incluir los tres tipos de carga, abarcando sus tres combinaciones se incluye el factor de potencia o $\cos \theta$. De tal forma que queda:

$$W = En * I * \cos \theta$$

2) Sistema monofásico a tres hilos.

Este arreglo lo conforman 2 hilos de fase y uno de neutro.
La fórmula de este arreglo es:

$$W = 2 * E_n * I * \cos \theta$$

También:

$$W = \sqrt{2} * E_f * I * \cos \theta$$

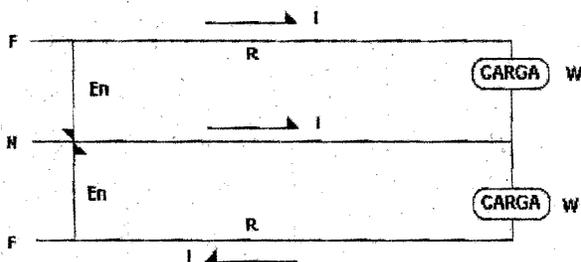


Fig. 2-2 Circuito monofásico a tres hilos.

Si se observa detenidamente el diagrama, se observa que se trata de dos sistemas monofásicos a dos hilos.

Como la carga total conectada en realidad se reparte en dos sistemas monofásicos a dos hilos, la corriente y en consecuencia la caída de tensión es exactamente la mitad con respecto al sistema elemental de fase y neutro.

3) Sistema trifásico a tres hilos.

Este sistema se aplica cuando las cargas parciales son trifásicas, pero dividido en dos casos específicos.

- a) Cuando las cargas parciales son 100% resistivas.

$$W = \sqrt{3} * E_f * I$$

- b) Cuando las cargas parciales son inductivas hay necesidad de incluir, además del factor de potencia, la eficiencia N promedio de motores, en un valor nunca mayor de 0.85.

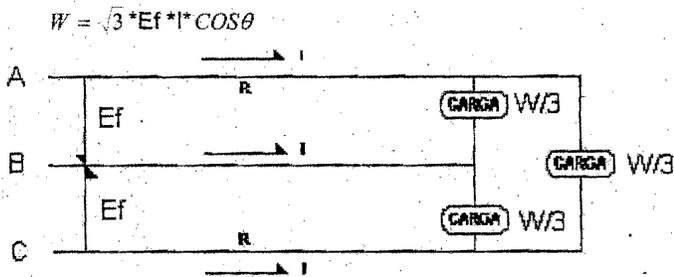


Fig. 2-3 Circuito trifásico a tres hilos.

4) Sistema trifásico a cuatro hilos.

Tratándose de un sistema trifásico a cuatro hilos que se considera 100% balanceado, en el neutro se toma una intensidad de corriente igual con $I_n = 0$, además este sistema desprende tres sistemas monofásicos a dos hilos.

$$W = 3 * E_n * I * \cos\theta \quad \text{O}$$

$$W = \sqrt{3} * E_n * I * \cos\theta$$

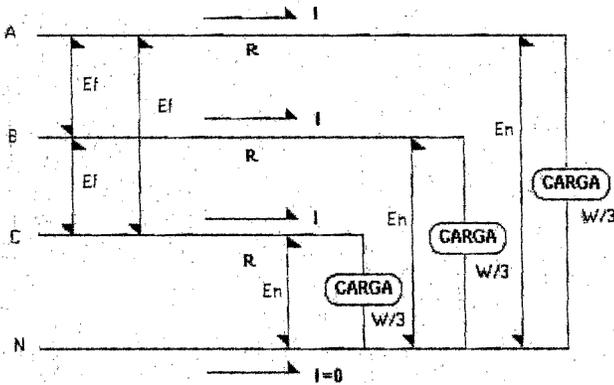


Fig. 2-4 Circuito trifásico a cuatro hilos.

2.3 POTENCIA ELÉCTRICA.

Supóngase como cargas a las siguientes resistencias óhmicas iguales, teniendo así, una carga simétrica equilibrada de la red. Donde $R_{r1} = R_{r2} = R_{r3}$.

La conexión en estrella se utiliza en redes de 3 y 4 hilos. Las tres cargas deben conectarse al punto estrella o común.

En conexión delta, los conductores se conectan uniendo el borde de una rama con la otra, así hasta formar el delta.

Para la conexión en estrella:

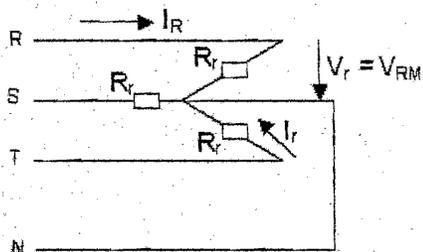


Fig. 2-5 Representación de la conexión estrella.

$$V = V_{RS}, V_{ST}, V_{TR}$$

$$V_r = V_{RM}, V_{SM}, V_{TM}$$

$$I = I_R, I_S, I_T$$

$$V = \sqrt{3} \times V_r$$

$$I_r = I_{r1}, I_{r2}, I_{r3}$$

$$I = I_r$$

Para la conexión en delta:

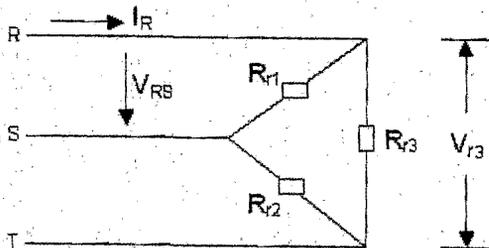


Fig. 2-6 Representación de la conexión delata.

$$V = V_{RS}, V_{ST}, V_{TR}$$

$$V = V_{r1}, V_{r2}, V_{r3}$$

$$I = I_R, I_S, I_T$$

$$I_r = I_{r1}, I_{r2}, I_{r3}$$

$$V = V_r$$

$$I = \sqrt{3} \cdot I_r$$

La potencia en un circuito estrella se puede calcular con la fórmula:

$$P_r = V_r I_r$$

Para un sistema trifásico, se multiplica por 3 la potencia.

$$P = 3P_r = 3V_r I_r$$

Si se emplean para las magnitudes de la rama V_r e I_r , las magnitudes de la línea V o I respectivamente, se obtiene:

$$P = 3 \frac{V}{\sqrt{3}} I$$

$$\text{Como: } 3 = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}$$

$$P = \sqrt{3} VI$$

Esta fórmula es sólo para una carga puramente resistiva ($\cos \theta$). La unidad de potencia activa es el Watt.

Para determinar la potencia de un circuito delta se utiliza la fórmula:

$$P_r = V_r I_r$$

Para un sistema trifásico, se multiplica por 3 la potencia.

$$P = 3P_r = 3V_r I_r$$

Si se emplean para las magnitudes de la rama V_r e I_r , las magnitudes de la línea V o I respectivamente, se obtiene:

$$P = 3 \frac{I}{\sqrt{3}} V$$

$$\text{Como: } 3 = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}$$

$$P = \sqrt{3} VI$$

Se puede concluir que las fórmulas para calcular la potencia en cualquiera de los dos tipos de arreglo es la misma.

Las cargas inductivas-ohmicas y capacitivas-ohmicas toman del sistema potencia activa y potencia reactiva, debido al desplazamiento de fase entre corriente y voltaje aparecido entre ellas.

Al sumar geoméricamente estas dos potencias, se obtiene la potencia total o aparente. Entonces es donde aparece el desplazamiento de fase, que se introduce en la ecuación mediante el $\cos\theta$ o el $\sen\theta$.

Así, se tienen las siguientes ecuaciones:

	Corriente alterna	Corriente trifásica.	
Potencia aparente	$S = VI$	$S = \sqrt{3}VI$	VA
Potencia activa	$P = VI \cos\theta$	$P = \sqrt{3}VI \cos\theta$	W
Potencia reactiva	$Q = VI \sen\theta$	$Q = \sqrt{3}VI \sen\theta$	VAR

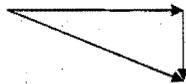


Fig. 2.7 Triangulo de potencia.

Sumando la potencia reactiva y la potencia activa se tiene:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

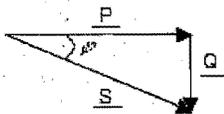


Fig. 2.8 Potencia Activa y reactiva.

Donde se tienen las relaciones:

$$\cos \theta = \text{Potencia activa} / \text{Potencia aparente} = P / S .$$

$$\text{sen } \theta = \text{Potencia reactiva} / \text{Potencia aparente} = Q / S$$

2.3.1 FACTOR DE DEMANDA

El factor de demanda es que tanto se utilizará, en un determinado tiempo, un elemento del sistema eléctrico, llámese aire acondicionado, lámpara o cualquier otro elemento que consuma energía eléctrica. Este se representa en porcentaje y se multiplica por la potencia que este sistema consuma. Con esto se reduce el costo en cableado y sistemas de protección.

2.3.2 FACTOR DE POTENCIA

Para los sistemas eléctricos de corriente alterna, que tienen sólo cargas resistivas, la fórmula $P = VI$ (Watts) es válida. Cuando se tienen cargas inductivas o capacitivas, esta fórmula no sirve.

a) Cargas resistivas.

Las cargas resistivas aprovechan en un 100% la energía, es decir que la corriente y el voltaje están en fase.

La gráfica representa el voltaje y la corriente circulando por una carga 100% resistiva, donde se observa que no se desfasan las señales voltaje-corriente.

Se observa también, que las magnitudes de las dos señales son diferentes, pero, la frecuencia, el desplazamiento y las amplitudes son la mismas.

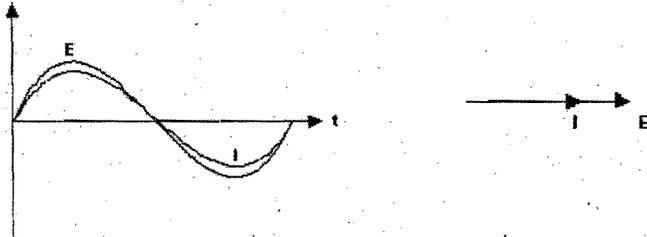


Fig. 2.9 Voltaje y corriente en una carga resistiva.

b) Cargas inductivas.

Este tipo de cargas las conforman los motores de inducción, máquinas soldadoras, hornos de arco.

La característica de este tipo de cargas, es que la corriente se atrasa con respecto al voltaje. Cuando las cargas son 100% inductivas, las señales se desfasan exactamente 90° una de la otra.

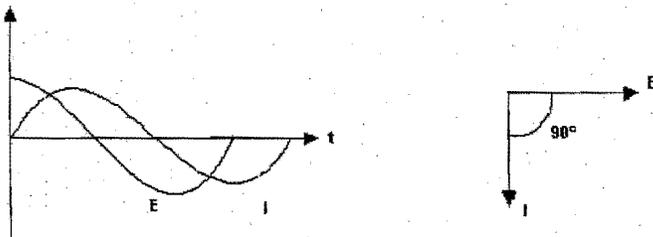


Fig. 2-10 Voltaje y corriente en una carga inductiva.

c) Cargas capacitivas.

Este tipo de cargas la conforman principalmente capacitores y motores síncronos. Este tipo de carga adelanta la corriente con respecto a la tensión. Si la carga es 100% capacitiva, el desfase será de 90° .

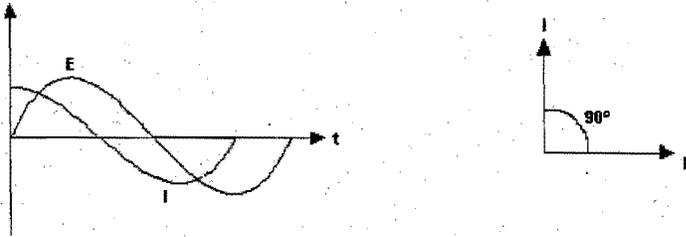


Fig. 2-11 Voltaje y corriente en una carga capacitiva.

Estas son las tres diferentes formas de cómo se comporta el voltaje y la corriente en presencia de una carga, es imposible tener el 100% de una sola carga, siempre se tienen combinaciones de ellas. Así, se tienen cargas:

- a) Resistivas e inductivas.
- b) Resistivas y capacitivas.
- c) Inductivas y capacitivas.
- d) Resistivas, inductivas y capacitivas.

Estas combinaciones, dan como resultado que halla un desfase mayor o menor a 45° y puede estar adelantado o atrasado. Por norma, la carga debe estar atrasada y con un valor cercano a cero grados ya que no está permitido tener un factor de potencia menor de 0.85. Se tiene, por reglamento, que tener un factor de potencia cercano a 1, ya que si no se pagara un recargo extra por cada K.V.A., extra suministrado.

Los valores de factor de potencia que se recomiendan están entre 0.9 y 0.95 correspondientes a ángulos entre 25 y 18 grados.

2.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS ELÉCTRICAS.

Cuando una corriente circula por un conductor o una carga cualquiera se produce en ellos un calentamiento térmico debido a la resistencia de estos elementos. A este efecto se le conoce como efecto JOULE y es considerado como una pérdida de energía.

Este calentamiento en exceso puede llegar a quemar el aislante de los conductores y los equipos conectados a dichos cables y por lo tanto producir fuego.

Este calentamiento excesivo se debe a cortos circuitos o a consumos excesivos de corriente de las cargas.

Para poder evitar estos problemas se han diseñado sistemas que permiten regular el paso de la corriente en los circuitos eléctricos.

Los sistemas de que se disponen son los siguientes:

Interruptores termomagnéticos.- Aprovechan el efecto del calentamiento al paso de corrientes mayores a las previstas, condición que los hace operar mecánicamente el automático para botar la palanca de su posición normalmente cerrada a una posición intermedia indicando la falla en el circuito al cual protege.

Para cerrar el circuito, es necesario hacer llegar la palanca del termomagnético hasta la posición de normalmente abierto y después, hasta la posición de normalmente cerrado, si el interruptor se bota hasta tres veces es señal de que la falla es permanente y habrá que realizar las correcciones adecuadas para poner a funcionar en orden el circuito.

Fusibles de cartucho.- Dentro de los cartuchos se hallan instalados listones fusibles, los cuales no son más que resistencias de bajo valor que se funden al paso de una corriente mayor a la calculada para su diseño.

Para seleccionar el tipo adecuado de protección, es necesario elegir un valor superior al que resulte del cálculo del circuito eléctrico en corriente, para que de esta forma, se abran los interruptores o se fundan los fusibles en forma continua y sin causa justificada, como por ejemplo en el caso de corrientes de arranque.

Los fusibles e interruptores termomagnéticos, se clasifican de acuerdo a la corriente máxima que soportan en condiciones normales de trabajo, tensiones entre conductores, forma, modo de operar, etcétera.

Cartuchos con contacto de casquillo.- Capacidades con contacto de casquillo 3, 30, 60 y 100 Amperes.

Cartuchos de contacto con navajas.- Capacidades comerciales de los elementos fusibles 75, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 300, 350, 400, 500 y 600 Amperes.

Los interruptores termomagnéticos, se distinguen por su forma de conectarse a las barras colectoras de los tableros de distribución o centros de carga, pudiendo ser:

- 1) Tipo de enchufar.
- 2) Tipo de atornillar.

Por su capacidad máxima en amperes en condiciones normales y número de polos, son clasificados así:

Un polo: 15, 20, 30, 40 y 50 Amperes

Dos polos: 15, 20, 30, 40, 50 y 70 Amperes

Tres polos: 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500 y 600 Amperes.

En los Estados Unidos se encuentra la National Electric Manufacturers Association (NEMA), este organismo ha fijado normas para la fabricación de interruptores de seguridad.

En México, los fabricantes se sujetan a esas mismas normas y al Código Nacional Eléctrico.

Para la instalación de interruptores termomagnéticos, es necesario alojarlos en gabinetes para su protección, estos son especificados por la norma NEMA.

2.5 TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Los transformadores son uno de los principales elementos que se encuentran invariablemente en un sistema eléctrico por grande o pequeño que este sea, son estos equipos los que han permitido el desarrollo de la industria eléctrica hasta las magnitudes en que actualmente se encuentra, pues debido a que es posible la transformación de los parámetros, voltaje y corriente; se tiene la posibilidad de transmitir a grandes distancias bloques de energía permitiendo esto disponer de las fuentes de energía (hidroeléctricas, geotermoeléctricas, nucleoeeléctricas, termoeléctricas, etcétera.) por alejadas que se encuentren de los centros de consumo. Son también las máquinas más eficientes que se conocen, pues al no tener partes en movimiento no existen pérdidas por fricción o rozamiento y por otra parte la calidad de los materiales ferromagnéticos que componen el núcleo ha ido en aumento, lo cual permite que las eficiencias de estos equipos sean del orden del 99%.

Un transformador es un dispositivo que:

- a) Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- b) Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- c) Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- d) Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.

El principio de operación se basa en la transferencia de energía eléctrica por inducción de un arrollamiento a otro, lo cual se puede comprender si se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Cuando por un conductor arrollado en espiras se hace circular una corriente se produce un flujo magnético.
- b) Si el mismo arrollamiento se coloca sobre un núcleo de material ferromagnético, se produce un campo concentrado cuyo camino principal está determinado por el circuito del material magnético, dicho campo es alterno y su frecuencia, depende de la frecuencia de la fuente.
- c) Si se embobina un segundo conductor en el núcleo de material ferromagnético, se obtendrá una f.e.m. inducida en las terminales de dicho conductor.

- d) Al cerrar el circuito del secundario por medio de una carga circulará una corriente I_2 cuyo sentido tendrá que ser tal que el flujo que genere esta corriente I_2 se debe oponer al flujo principal, que originó la corriente I_1 , a este efecto que origina el sentido de la corriente, se le conoce como POLARIDAD.

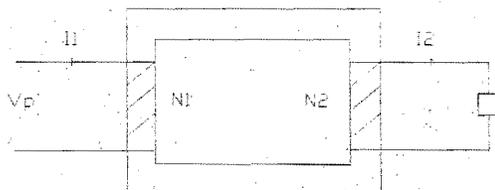


Fig. 2-12 Circuito del transformador.

Los elementos que constituyen un transformador son:

- 1) Boquilla de alta tensión.
- 2) Boquilla de baja tensión.
- 3) Tanque conservador.
- 4) Buchholz.
- 5) Válvula de entrada de aceite.
- 6) Brida para sello de nitrógeno.
- 7) Indicador de nivel de aceite.
- 8) Válvula de alivio.
- 9) Relevador de presión súbita.
- 10) Caja de terminales de transformadores de corriente.
- 11) Oreja para gancho de maniobra.
- 12) Cambiador manual de derivaciones.
- 13) Registro de entrada de hombre.
- 14) Tanque.
- 15) Soporte de gateo.
- 16) Soporte de izaje.
- 17) Termómetro de devanados.
- 18) Radiador.
- 19) Válvula del radiador.
- 20) Escalera.
- 21) Termómetro de devanados.
- 22) Placa de datos.
- 23) Caja terminal para dispositivos de protección.
- 24) Válvula inferior.
- 25) Base.
- 26) Conector para aterrizado.
- 27) Perno del montaje.
- 28) Núcleo.

- 29) Armazón final.
- 30) Bobina.
- 31) Placa de presión para la bobina.
- 32) Perno de presión para la bobina.
- 33) Cambiador de derivaciones.
- 34) Gancho de izaje de bobinas y núcleo.
- 35) Cincho para bobina y núcleos.
- 36) Soporte.

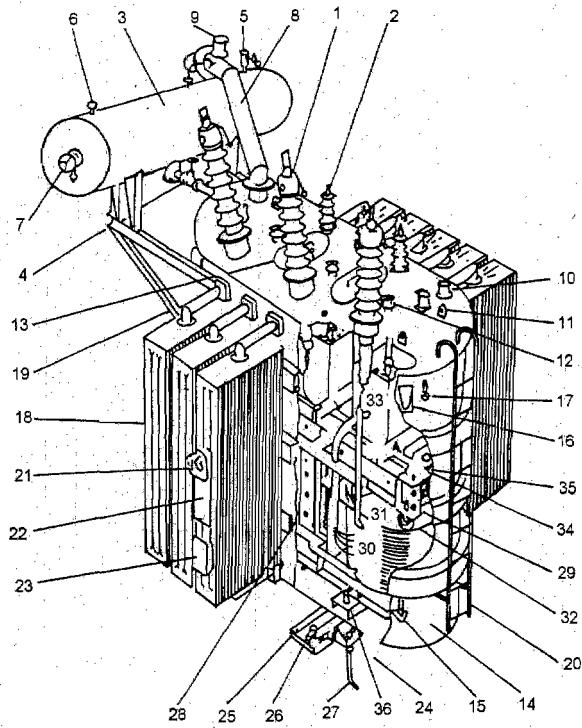


Fig. 2-13 Partes de un transformador.

Los transformadores se clasifican por:

a) La forma de su núcleo.

1. Tipo columnas.
2. Tipo acorazado.
3. Tipo envolvente.
4. Tipo radial.

b) Por el número de fases.

1. Monofásico.
2. Trifásico.

c) Por el número de devanados.

1. Dos devanados.
2. Tres devanados.

d) Por el medio refrigerante.

1. Aire.
2. Aceite
3. Líquido inerte.

e) Por el tipo de enfriamiento.

OA: Sumergido en líquido aislante, con enfriamiento natural.

OW: Sumergido en líquido aislante con enfriamiento por agua.

OA / FA: Sumergido en líquido aislante con enfriamiento propio, con enfriamiento con aire forzado.

OA / FOA / FOA: Sumergido en líquido aislante con enfriamiento propio/ con aceite forzado-aire forzado / con aceite forzado / aire-forzado.

FOA: Sumergido en líquido aislante, con enfriamiento por aceite forzado y de aire forzado.

FOW: Sumergido en líquido aislante, con enfriamiento de aceite forzado con enfriamiento de agua forzada.

AA: Tipo seco, con enfriamiento propio.

AFA: Tipo Seco, con enfriamiento por aire forzado.

AA / FA Tipo Seco, con enfriamiento natural / con enfriamiento por aire forzado.

f) Por la operación.

1. De potencia.
2. Distribución.
3. De instrumento.
4. De horno eléctrico.
5. De ferrocarril.

Es importante el conocimiento de las conexiones de los transformadores, ya que cualquier error en la aplicación de estas puede resultar en daños al sistema, al transformador mismo y al equipo al que se conecte.

Viendo el transformador desde el lado de alta tensión, para el o los devanados de alta tensión, las terminales deben marcarse, de derecho a izquierda, como HO (cuando exista), H1, H2, etc. Para el o los devanado (s) de baja tensión, las terminales deben marcarse como XO (cuando exista), X1, X2, etc. Si se tienen más de dos devanados, las marcas serán H, X, Y, Z y siempre H corresponde al devanado de mayor tensión. Además de identificar los devanados por su voltaje, las marcas sirven para indicar la dirección del voltaje inducido.

Teniendo en alta tensión marcas H1-H2, y en baja tensión marcas X1-X2, el voltaje en cada devanado es inducido como si el voltaje en H1 fuera positivo con respecto a H2 y el voltaje en X1 fuera positivo con respecto a X2.

La polaridad indica el sentido relativo instantáneo del flujo de corriente en las terminales de alta tensión con respecto a la dirección del flujo de corriente en las terminales de baja tensión.

Para transformadores monofásicos, la polaridad se define teniendo un par de terminales adyacentes de los dos devanados conectados entre sí y aplicando voltaje a uno de los devanados, de modo que; si el voltaje inducido en las otras dos terminales es mayor que el voltaje de alta tensión, la polaridad es ADITIVA. Si el voltaje inducido en las otras dos terminales es menor que el voltaje de alta tensión, la polaridad es SUBSTRACTIVA.

Para transformadores trifásicos, no es suficiente el marcado de terminales para indicar la polaridad, esta se define por las conexiones internas entre fases así como por la localización relativa de las terminales.

Usualmente se designa por medio de un diagrama vectorial mostrando el desplazamiento angular de los devanados, donde los vectores representan los voltajes inducidos. El desplazamiento angular de un transformador polifásico, es el ángulo expresado en grados, entre el vector que representa la tensión de línea a neutro en la fase correspondiente en el lado de baja tensión. Se toma como la dirección de rotación del ángulo, el sentido contrario a las manecillas del reloj.

2.5.1 CONEXIONES EN TRANSFORMADORES.

a) Conexión monofásica.

El devanado primario se conecta a una alimentación de 2 hilos, mientras que del secundario salen 3 hilos, o sea que este devanado está dividido en dos partes iguales. Para esta conexión es recomendable que las cargas de cada mitad del devanado estén balanceadas, para evitar sobrecargar cualquiera de las mitades.

b) Conexión trifásica.

Un transformador trifásico puede ser una sola unidad o estar formado por un banco de tres transformadores monofásicos interconectados.

La mayoría de los transformadores trifásicos se construyen conectando las fases entre líneas para formar una Delta, o conectando un extremo a cada fase entre si y los otros extremos a las líneas para formar una Estrella.

c) Conexión delta –delta.

1. Esta conexión presenta la desventaja de no tener hilo de retorno; en cambio tiene la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin desfasamiento.

2. El voltaje de fase es igual al voltaje de línea, en tanto que las corrientes de fase son 0.732 veces menores que las de línea. Por lo que esta conexión se utiliza cuando se tienen bajas tensiones y altas corrientes.

3. No ofrece posibilidades de conexión a tierra, ya que no se dispone de un neutro real, por lo que se utiliza en sistemas donde no sea necesaria la conexión a tierra.

d) Conexión estrella-estrella.

1. Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento. Tiene la desventaja de no presentar oposición a las armónicas impares; en cambio puede conectarse a los hilos de retorno.

2. La corriente de línea es igual a la corriente de fase, en tanto que el voltaje de fase es 0.732 veces menor que el de línea, por lo que esta conexión se utilice cuando se tienen altas tensiones y bajas corrientes.

3. Si conectamos una carga monofásica entre líneas, la corriente la proporcionan 2 de las fases. Estos desbalances pasan íntegramente al lado primario, por lo que esta conexión debe evitarse cuando se tenga cargas desbalanceadas.

4. Se tiene disponibilidad de neutro, que puede o no aterrizzarse. Este tipo de conexión, normalmente se emplea con neutros aterrizados, o con un devanado terciario conectado en Delta, para proveer una trayectoria para la corriente de tercera armónica, eliminando los efectos indeseables de estas.

e) Conexión estrella-delta o delta estrella.

1. Estas conexiones tienen las características de las dos anteriores, dependiendo del lado que se analicen. Por el lado de la Delta, bajo voltaje y alta corriente. Por el lado de la Estrella, alto voltaje y baja corriente.

2. Al tener una Delta, las cargas desbalanceadas tienden a equilibrarse.

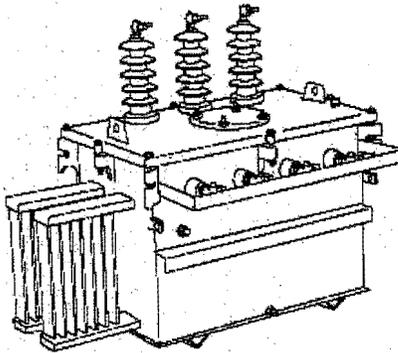
3. Por el lado de la Estrella, se dispone de una conexión directa a tierra de modo que se pueden detectar fallas a tierra mediante relevadores, además se pueden obtener dos voltajes simultáneamente.

2.5.2 MANTENIMIENTO

Por sus características, los transformadores requieren poco mantenimiento, ya que estas son máquinas estáticas. Pero definitivamente se tienen que realizar revisiones a sus partes, como:

- a) Inspección visual de su estado externo, revisando posibles fugas de aceite.
- b) Revisar que las boquillas no estén flameadas o rotas.
- c) Revisar la rigidez dieléctrica del aceite y que no este contaminado.
- d) Revisar el buen funcionamiento de los instrumentos de medición del transformador.

Fig. 2-14 Transformador tipo poste.



2.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

Los conductores eléctricos, por sus características químicas, permiten el libre flujo de electrones a través de ellos con una resistencia mínima.

Los conductores eléctricos, están básicamente contruidos por metales, que son los elementos que mejor permiten el paso de electrones.

Existen metales mejores conductores que otros, así, la plata es mejor conductora que el cobre o el aluminio, pero es mucho más caro construir conductores de plata, por lo que se construyen en su mayoría de cobre por ser el más económico.

Las características del cobre son:

- a) Alta conductividad.
- b) Resistencia mecánica
- c) Flexibilidad
- d) Bajo costo

Los conductores se clasifican según su temple en:

Temple suave.- Este tipo de conductores tiene poca resistencia mecánica, por lo que su uso se limita a instalaciones interiores, en ductos, tubos conduit o engrapados en muros.

Su conductividad es del 100%

Temple semiduro.- Cuenta con mayor resistencia mecánica, menor elongación y conductividad eléctrica del 96.66%.

Se usa principalmente desnudo en redes eléctricas de distribución.

Temple duro.- El temple duro le proporciona una alta resistencia mecánica ideal para redes eléctricas de transmisión.

Su resistencia eléctrica es menor a 96.16%.

En un principio, no existía una clasificación en cuanto a dimensiones, símbolos y nomenclaturas para los conductores eléctricos, con lo cual se generaba confusión y desorden a la hora de diseñar los circuitos eléctricos.

Con el tiempo, se creó un estándar para diferenciar las áreas transversales teniendo como parámetro las nomenclaturas de la empresa American Wire Gauge (AWG), esta rápidamente fué adoptada por las fábricas de conductores y adoptado como estandar.

Al calibre del conductor se les antecede con la leyenda A.W.G. o M.C.M. Las siglas M.C.M. indican el área transversal del conductor eléctrico en Mil circular mills.

2.6.1 EQUIVALENCIA EN EL CALIBRE A.W.G. O M.C.M.

Existe un C.M. cuando el área transversal tiene un diámetro de una milésima de pulgada.

$$1 \text{ C.M.} = \frac{3.1416(0.001)^2}{4} = 785 \times 10^{-3} \text{ Pulgadas cuadradas.}$$

Debido al error admisible, para el cálculo de los conductores eléctricos se consideraron aproximadamente:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ C.M.}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ Circular Mil.}$$

$$1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ Mil Circular Mills.}$$

Conociendo el significado de A.W.G. y la equivalencia entre mm^2 y C.M., se ve en la siguiente tabla, la cual establece el diámetro y área del cobre según calibre de los conductores eléctricos, así como también el diámetro total con todo y aislamiento.

ALAMBRES

CALIBRE AWG M.C.M.	DIAMETRO DEL COBRE EN m.m.	AREA DEL COBRE		DIAMETRO AISLAMIENTO		
		m.m. ²	C.M.	TW	THW VINANEL 900	VINANEL NYLON
14	1.63	2.08	4098	3.25		2.74
12	2.05	3.3	6502	3.68		3.17
10	2.59	5.27	10380	4.22		3.96
8	3.26	8.35	16443	5.72		5.19

Tabla 2-1 Calibre de alambres.

CABLES

14	1.84	2.66	5238	3.48	2.96
12	2.32	4.23	8328	3.96	3.44
10	2.95	6.83	13465	4.57	4.32
8	3.71	10.81	21296	6.15	5.64
6	3.91	12	23654	7.92	6.6
4	5.89	27.24	53677	9.14	8.38
2	7.42	43.24	85185	10.67	9.91
1/0	9.47	70.43	138758	13.54	12.54
2/0	10.64	88.91	175162	14.7	13.71
3/0	11.94	111.97	220580	16	15
4/0	13.41	141.23	278237	17.48	16.4
250	14.61	167.65	330261	19.5	18.24
300	16	201.06	396088	20.9	19.63
400	18.49	268.51	528970	23.4	22.12
500	20.65	334.91	650777	25.6	24.28

Tabla 2-2 Calibres de cables.

Esta tabla, nos permite conocer los calibres para los cables desnudos y aislados y los alambres, también los diferentes aislamientos que utilizan los mismos. El tipo de aislamiento, le permitirá al conductor trabajar adecuadamente y sin peligro en las diferentes zonas en donde este se vaya a encontrar.

Es importante considerar algunos factores que afectan al propio conductor y que deterioran su vida útil, estos son algunos:

Limitación de la temperatura.

Se indica en el cable y se refiere a la capacidad del cable para soportar las temperaturas a las que se encuentra sometido.

Locales húmedos.

Se necesita aislar al conductor de la humedad, ya que este va degradando su forro y al mismo cobre conductor, o escoger un tipo de aislante resistente a la humedad.

Corrosión.

Existen ciertos ambientes, como las fábricas, en donde la concentración de ácidos corrosivos degradan al material conductor, lo cual afecta la vida del conductor y pone en riesgo a las instalaciones y la vida de los que ahí conviven, ya que un corto circuito podría ser fatal.

2.6.2 AISLAMIENTO

a) Tipo TW

Conductores de cobre suave y recocido.

Esta construido de cloruro de polivinilo PVC, a prueba de humedad, para uso en locales con ambientes húmedos o secos.

Su tensión nominal es hasta 600 Volts.

Temperatura máxima 60°

Gracias a su reducido diámetro, este tipo de conductor ocupa poco espacio en ductos.

El aislamiento no provoca llamas.

En caso necesario, el aislamiento permite desprenderse fácilmente del cobre.

b) Tipo THW

Conductores de cobre suave o recocido.

Esta provisto de un aislamiento de goma (plastilac) termoplástico resistente al calor y la humedad.

Este tipo de aislamiento, le permite al conductor una mayor capacidad de conducción que con TW.

Una de sus desventajas es el gran espacio que se necesita para su colocación en canalizaciones.

La tensión nominal a la que trabajan es de hasta 600V y la temperatura máxima de operación es de 60°.

c) Alambres y cables tipo vinanel.

En el mercado existen otros tipos comerciales de conductores que permiten una mejor operación y mayor seguridad en los sistemas eléctricos.

El tipo "VINANEL 900" es uno de ellos, este impide la propagación de las llamas en caso de incendio, es resistente al calor, a la humedad y a los agentes químicos. Este tipo de conductor tiene una gran capacidad de conducción, por lo que el ahorro es significativo. Sus dimensiones permiten ocupar los mismos espacios que los tipos TH y THW en los ductos.

Este tipo de conductores es ampliamente ocupado en instalaciones eléctricas para edificios, fábricas, bodégas y todas aquellas instalaciones que requieren seguridad extrema.

La tensión máxima a la que operan estos conductores es a 600V y 60°C máximo.

Este tipo de conductor está construido con un material deslizante que permite su fácil instalación en canalizaciones.

d) Alambres y cables tipo Vinanel-Nylon.

Este tipo de conductores está fabricado en cobre suave o recocido con aislamiento de Cloruro de Polivinilo (PVC) resistente al calor, humedad, a los agentes corrosivos y gran rigidez dieléctrica.

Este tipo de conductores es notablemente menor en su diámetro, lo que le atribuye un significativo ahorro de grandes diámetros de tubería.

Los usos que se le dan a este tipo de conductores se refieren principalmente en circuitos de baja tensión, además, por sus características semejantes a las de los otros tipos de conductores, también puede usarse en la alimentación de tableros generales desde el secundario de transformadores, alambrado de tableros, sistemas de fuerza y alumbrado, acometidas, conexión de controles, etcétera.

La tensión nominal es de 600 V o menos a régimen permanente.

Trabaja a 75° C en locales húmedos o en presencia de hidrocarburos.

Sus características del aislamiento le permiten una fácil instalación en canalizaciones.

e) Cordón de uso rudo.

Este cordón de uso rudo, está provisto de dos o tres conductores extra flexibles de cobre suave o recocido con un aislamiento de cloruro de polivinilo.

Entre sí, los conductores están aislados con rellenos de yute o Cloruro de Polivinilo y en su exterior están provistos de una cubierta termoplástica resistente a los medios agentes externos.

2.6.3. CAPACIDAD DE CONDUCCION DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS.

Para el diseño de sistemas eléctricos, es importante conocer las capacidades de conducción que tienen los diferentes calibres de los conductores, ya que con esto, se logrará eficientar en costo y calidad el sistema eléctrico.

Esta tabla nos muestra la capacidad de corriente para cada conductor, no importando la marca, siempre y cuando coincidan con el tipo de aislamiento y el calibre correspondiente

CAPACIDAD DE CORRIENTE PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES DE 1 A 3 EN TUBOS CONDUIT TODOS HILOS DE FASE Y A LA INTERPERIE.

CALIBRE EN CANALIZACION				A LA INTERPERIE	
A.W.G M.C.M	TW	THW	VINANEL	TW	VINANEL
14	20	20	25	25	30
12	25	25	30	30	40
10	30	35	40	40	55
8	40	50	50	60	70
6	55	65	70	80	100
4	70	85	90	105	135
2	95	115	120	140	180
1	110	130	135	165	220
1/0	125	150	155	195	245
2/0	145	175	185	225	285
3/0	165	200	210	260	330
4/0	195	230	235	300	385
250	215	255	270	340	425
300	240	285	300	375	480
350	260	310	325	420	530
400	280	335	360	455	575
500	320	380	405	515	660

Tabla 2-3 La tabla muestra la capacidad de corriente de conductores en tubos conduit.

2.6.4 FACTORES DE CORRECCIÓN.

La naturaleza de los materiales conductores se ven afectados por ciertos factores externos que los afectan en su desempeño y que los obliga a trabajar con menor desempeño. Dos de estos factores son; la temperatura a la que se les somete y la inducción mutua que se genera entre los conductores cuando estos son agrupados en canalizaciones.

Estos factores afectan principalmente al conductor en su capacidad de conducción, por lo cual, es necesario considerar estos factores a la hora de diseñar un sistema eléctrico. A continuación se presentan las tablas de corrección aplicables a temperatura y a agrupamiento.

a) Factores de corrección por temperatura.

NO. CONDUCTORES	DE %
DE 4 A 6	80
DE 7 A 20	70
DE 21 A 30	60

Tabla 2-4 Factores de corrección por temperatura.

b) Factores de corrección por agrupamiento.

NO. CONDUCTORES	DE %
DE 4 A 6	80
DE 7 A 20	70
DE 21 A 30	60

Tabla 2-5 Factores de corrección por agrupamiento.

La tabla de factores de corrección por temperatura nos indican en que porcentaje disminuye la capacidad de corriente del conductor al exponerse a determinada temperatura.

Al tener más de tres conductores activos, en tubos conduit y otro tipo de canalizaciones, su capacidad de conducción disminuye conforme se van aumentando el número de estos. Con esto se hace necesario recalcular las

La capacidad de corriente se multiplica por el factor de corrección a la que este sometido el conductor y así, se obtiene su nueva capacidad.

El calibre del conductor se puede encontrar despejando a la corriente y buscando en tablas el valor del calibre del conductor correspondiente a esa corriente.

2.6.5 CAIDA DE TENSION

En cualquier circuito eléctrico siempre existe una caída de tensión, es decir que el voltaje va disminuyendo conforme aumenta la distancia desde el alimentador principal y también respecto a la resistencia del conductor. La caída de tensión se representa mediante:

$$E=RI$$

De esta forma se puede decir que la longitud, la resistencia del conductor y la sección transversal, son factores que determinan la caída de voltaje en un circuito eléctrico.

Así:

$$R = \rho L/S$$

Donde:

R = resistencia en Ω

ρ = Resistencia del cobre en ohms/m/mm² 1/50 A 60° C

L = Longitud de los conductores en metros.

S = Sección transversal de los conductores en mm².

Al aumentar la longitud del conductor, la resistencia del conductor será mayor y con esto se tendrá una mayor caída de tensión, que se puede aminorar aumentando la sección transversal del conductor.

En el reglamento de obras de instalaciones eléctricas se indica la caída de voltaje máxima permitida para circuitos eléctricos.

SISTEMA	TENSIONES
ALUMBRADO 3%	127 220 440
Alimentadores principales 1%	1.27 2.2
Circuitos derivados 2%	2.54 4.4
FUERZA 4%	
Alimentadores principales 3%	6.6 13.2
Circuitos derivados 1%	2.2 4.4

Tabla 2-6 Caída máxima de voltaje en circuitos eléctricos.

Para los diferentes arreglos de circuitos se tienen fórmulas para calcular la caída de tensión. Así, se tiene que:

a) Sistema monofásico a dos hilos.

$e = 2RI$ por ser ida y retorno.

$$e = 2 \left(\rho \frac{L}{S} \right) I = 2 \left(\frac{1}{50 S} \right) L I = \frac{2LI}{50S} = \frac{LI}{25S}$$

$e = \frac{LI}{25S}$ caída de tensión entre fase y neutro.

$$e\% = e \frac{100}{En} = \frac{LI}{25S} \frac{100}{En} = \frac{4LI}{SEn}$$

Por lo que: $S = \frac{4LI}{Ene\%}$

b) Sistema monofásico a tres hilos.

$$e = RI = \rho \frac{L}{S} I = \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{LI}{50S}$$

$$e\% = e \frac{100}{En} = \frac{LI}{50S} \frac{100}{En} = \frac{2LI}{SEn}$$

Por lo que:

$$S = \frac{2LI}{En e\%}$$

c) Sistema trifásico a tres hilos.

Para el sistema trifásico a tres hilos, se tiene que la corriente de línea $I_{línea} = \sqrt{3} I_{fase}$, en consecuencia:

$$ef = R(\sqrt{3}I) = \sqrt{3}RI = \sqrt{3}\rho \frac{L}{S} I = \sqrt{3} \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{\sqrt{3}LI}{50S}$$

$$ef = \frac{\sqrt{3}LI}{50S}$$

$$e\% = ef \frac{100}{Ef} = \frac{\sqrt{3}LI}{50 * S} \frac{100}{Ef} = \frac{2\sqrt{3}LI}{S * Ef}$$

$$e = \frac{2\sqrt{3}LI}{Ef * e\%} \text{ pero, } Ef = \sqrt{3}En$$

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{\sqrt{3} * En * e\%} = \frac{2LI}{En * e\%}$$

d) Sistema trifásico a cuatro hilos.

$$e_f = R(\sqrt{3}I) = \sqrt{3}RI = \sqrt{3}\rho \frac{L}{S} I = \sqrt{3} \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{\sqrt{3}LI}{50S}$$

$$e\% = \frac{100}{E_f} e_f = \frac{100}{E_f} \frac{\sqrt{3}LI}{50S} = \frac{2\sqrt{3}LI}{E_f * S}$$

pero $E_f = \sqrt{3} * E_n$, por lo tanto:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{3E_n S} = \frac{2LI}{E * S}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{E_f * e\%} = \frac{2LI}{E_n * e\%}$$

2.6.6 DIAMETROS Y ÁREAS INTERIORES DE TUBOS CONDUIT.

DIAMÉTROS		ÁREAS INTERIORES EN mm ²			
NOMINALES		PARED DELGADA		PARED GRUESA	
PULGADAS	mm	40%	100%	40%	100%
1/2	13	78	196	96	240
3/4	19	142	356	158	392
1	25	220	551	250	624
1 1/4	32	390	980	422	1056
1 1/2	38	532	1330	570	1424
2	51	874	2185	926	2316
2 1/2	64			1376	3440
3	76			2116	5290
4	102			3575	8938

Tabla 2-7 Diámetros y área interiores de tubos Conduit.

Se dan dos valores respecto a las áreas interiores de tubos Conduit, mientras el 100% es el área absoluta, el 40% nos da el área que debe ocupar como máximo los conductores eléctricos (con todo y aislamiento) conociéndose este valor como factor de relleno excepto para cables de varios conductores.

Además, en lo que respecta a los diámetros de los tubos, se tienen dos unidades, en pulgadas como se conocen en el mercado y en milímetros como se deben indicar en los planos.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE TIERRAS.

3.1 INTRODUCCIÓN.

Al trabajar con energía eléctrica, es necesario tener una alta seguridad para el personal y equipo, poniendo en práctica técnicas de puesta a tierra de equipos de fuerza, climas, transmisión y conmutación de datos en las instalaciones denominadas RADIO BASES, que se encuentran ubicadas en varios puntos de la República Mexicana.

En la actualidad se utiliza un anillo de tierras, que cubre toda el área donde se ubica el contenedor (también llamado shelter), así como otro en el área en donde se encuentra la estructura metálica (torre) que contiene a las antenas de telefonía celular y microondas. De estos anillos se toman todos los conductores de puesta a tierra. Método denominado como conexión múltiple de puesta a tierra, que asegura un buen funcionamiento del equipo de telefonía celular.

Debido a que los equipos de transmisión y conmutación empleados para la construcción de radio bases son muy delicados a las variaciones de voltaje, se utiliza una técnica que garantiza la igualación de los potenciales en cada uno de los equipos, a fin de reducir la impedancia y proporcionar protección contra altas tensiones transitorias, descargas electrostáticas y disminuir el ruido en los sistemas electrónicos; ya que los equipos digitales presentan requerimientos específicos de puesta a tierra.

El anillo de tierra utilizado debe cumplir con los requerimientos de seguridad y operación de los equipos, y del personal que se encuentre laborando en el sitio. Tan importante o más que el dispositivo de protección es una buena instalación de tierra, que asegure trayectorias de baja resistividad a tierra, ya que en caso contrario el dispositivo de protección más elaborado no funcionará correctamente.

En general, todas las instalaciones de telecomunicaciones requieren de una instalación de tierra para funcionar correctamente, ya que los problemas de puesta a tierra de los equipos de comunicaciones son muy variados, pues dependen de un gran número de factores como son: resistividad del suelo, inducciones en el equipo y líneas, número de descargas atmosféricas, corrientes vagabundas en el suelo, etcétera.

3.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Función Principal del Sistema de Tierra.

- a) Tener un medio seguro para la protección del personal y del equipo de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla (descargas atmosféricas y corto circuito).
- b) Proporcionar un circuito de mínima impedancia para la circulación de las corrientes de falla debidas a condiciones anormales de operación.
- c) Evitar que durante la circulación de estas corrientes a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre los diversos equipos a tierra.
- d) Evitar la inducción de ruido en los equipos de telecomunicaciones.

Elementos Principales del Sistema de Tierra.

- a) Red o malla de conductores enterrados a una profundidad mínima de 0.6 m.
- b) Electrodo de tierra conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad mínima de 0.6 m, para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra.
- c) Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación del equipo que requiera dicha conexión.
- d) Para la construcción de los sistemas de tierra se utilizará la siguiente simbología:



Alambre de cobre desnudo cal. 2/0 AWG.



Varilla de tierra.



Soldadura tipo Cadweld

Fig. 3-1 Algunos símbolos utilizados en planos para el sistema de tierras.

3.3 EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo utilizado para medir la resistividad eléctrica del sitio, en donde se colocará una RADIO BASE es conocido como TERROMETRO.

El método a utilizar para obtener la medición que determina la resistividad promedio en grandes volúmenes de tierra no homogénea, en un edificio o terreno es el método de tres puntas que consiste en dos electrodos de pequeña longitud enterrados en la tierra a una profundidad "c" (30cm) y espaciados en una línea recta entre sí en intervalos de separación "a" y "b", y en una referencia de tierra (tubería de agua, estructura o varilla) donde se hace circular una corriente de prueba y una diferencia de potencial. Se mide con un potenciómetro o voltímetro de alta impedancia. Por lo que V / I proporciona la resistencia de R en ohms.

La resistividad de la tierra puede calcularse partiendo de las mediciones de resistencia a tierra efectuadas con el medidor de tierras.

El método que se utiliza se conoce como el del 62 %, el cual consiste en distribuir 3 varillas en el área en donde se colocará el contenedor a una distancia total de 10 m. Las 3 varillas estarán distribuidas de la siguiente manera:

- La distancia entre la primera y segunda varilla será del 62 %, de la distancia total.
- La distancia entre la segunda y tercera varilla será del 38 %, de la distancia total.

La varilla que se tomará como referencia para la lectura será la 3ra varilla.

Generalmente se hacen 3 lecturas del terrómetro y se obtiene un valor promedio con el que se calcula la resistencia del terreno.

3.3.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ELECTRODOS.

El número de electrodos en un SITIO RADIO BASE depende de que el sistema tenga una resistencia eléctrica no mayor de 3 ohms.

Con el Método del 62% de efectividad se toman 3 lecturas en el TERROMETRO de la resistencia eléctrica del terreno del SITIO y al promedio

de ellas le aplicamos una serie de cálculos que nos permiten determinar el número de electrodos a utilizar en el sitio donde se instalará la RADIO BASE.

La cantidad mínima de electrodos a utilizar depende, además, del tipo de torre que será instalada en el sitio.

La cantidad de electrodos utilizados es la siguiente:

Para un sitio en el cuál se instalará una torre autosoportada se necesitan colocar 8 electrodos, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

1. 4 electrodos se colocarán alrededor del área en donde se encuentra el contenedor. A este se le llama Anillo Principal.
2. 3 electrodos se colocarán alrededor de la estructura de la torre, formando una delta que se una en dos extremos al anillo principal. Cada una de las piernas de la torre se conectará a cada uno de estos 3 electrodos.
3. 1 electrodo más se utilizará para aterrizar únicamente el pararrayos. Este electrodo formará parte del Anillo Principal.

Para un sitio en el que se instalará una torre tipo monopolo se necesitan colocar 6 electrodos; los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

1. 4 electrodos colocados alrededor del área en donde se encuentra el contenedor. Este será el Anillo Principal.
2. 1 electrodo colocado alrededor de la estructura de la torre, en una delta unida al anillo principal por 2 de sus extremos.
3. 1 electrodo donde se aterrizará el pararrayos y que formará parte del anillo principal.

Para un sitio en el que se instalará una torre tipo arriostrada se necesitan colocar 5 electrodos, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

1. 4 electrodos colocados en el patio más cercano al lugar donde se colocará el contenedor (este normalmente está ubicado en la azotea del inmueble), los cuales se utilizan para aterrizar el contenedor, la estructura de la torre, así como cualquier estructura metálica que se encuentre en el área donde se ubica el contenedor.
2. 1 electrodo el cuál es utilizado para aterrizar el pararrayos y que forma parte del anillo principal.

En algunos casos se requerirá instalar un mayor número de electrodos, cuando por las características del terreno no sea posible obtener en los electrodos, lecturas menores de 3 ohms.

3.3.2 DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE ELECTRODOS.

La distancia mínima de separación entre electrodos, es de 1.83 m. entre electrodos del anillo principal y del anillo secundario.

La distancia mínima que debe de haber entre el anillo del contenedor y el anillo formado en la estructura de la torre, donde se ubica el electrodo que aterriza al pararrayos, será de 5.00 m.

En el caso que no se tuviera espacio suficiente para cumplir con estas distancias de separación, se tratará de colocar los electrodos lo más alejados posibles.

Los electrodos de la toma de tierra deberán tener una separación mínima de 0.30 metros de estructuras metálicas (de metales diferentes al cobre) ahogadas en concreto, para el caso de varillas de tierra esta separación será de 1 metro mínimo.

3.4 ELECTRODOS COPPERWELD.

Son varillas de hierro con recubrimiento de cobre electrolítico y de sección circular, resistente a la corrosión y con resistencia mecánica, que permite su instalación en todo tipo de terreno. Deben de cumplir con las normas ANSI-C-33-8-1972, en las que se especifica:

- Revestimiento de cobre puro con un espesor mínimo de 0.254 mm (0.010") y 1.5 m de longitud.
- El revestimiento de cobre debe ser unido molecularmente al núcleo de hierro.
- Ausencia de cualquier fisura en el revestimiento de cobre, aún cuando el electrodo sea doblado.
- Se deben colocar los electrodos de tierra en las aristas que se encuentren sobre la periferia del anillo y en las uniones con otras colas de tierras. Considerando la cantidad de electrodos que resulten del cálculo del sistema de tierras se deben construir registros para la inspección del anillo de tierra en puntos estratégicos sobre los electrodos, para tomar lecturas periódicas de la resistencia del anillo de tierras.
- Los electrodos copperweld de un anillo de tierra, se instalan a una separación de cuando menos 2.0 m de cualquier estructura existente.

A estos electrodos se les puede dar mantenimiento periódicamente. Los conductores del sistema de tierras se enterrarán en un surco a 60 centímetros de profundidad (relleno posteriormente con tierra negra) para evitar que estén

en contacto con pisos de concreto o materiales de alta resistividad. Las uniones entre conductores y electrodos EP-ET se harán con soldadura tipo Cadweld.

La instalación de los electrodos, así como la malla de cable debe hacerse durante los trabajos de cimentación de la radio base cubriendo perfectamente toda el área de la construcción, observando lo siguiente:

- a) Los conductores de la malla deben colocarse a una distancia mínima de 0.30 centímetros de la columna.
- b) No coloque varillas de tierra cerca de las columnas o viguetas de hierro, estas deberán colocarse en la parte central de la construcción.
- c) Las soldaduras deben de hacerse antes de enterrar el emparrillado.
- d) No coloque sustancias químicas corrosivas (sales minerales) en contacto directo con los electrodos o conductores de tierra, pues provocan su destrucción.

3.5 CALIBRES DEL CABLE PARA SISTEMA DE TIERRAS.

El calibre del cable utilizado para formar al anillo de tierras es del número 2/0 desnudo (norma TELCEL); el cual se enterrará a una profundidad de 60 cm con respecto al nivel de terreno natural (N.T.N) en una cepa de las siguientes características:

- Sección de 20 x 60 cms.
- 40 cm de material de relleno compactado.
- 20 cm de relleno con tierra negra.

3.6 CONEXIÓN CADWELD

Las conexiones eléctricas soldadas se utilizan para la interconexión de los cables desnudos utilizados en los sistemas de aterrizaje. Existen diferentes tipos de conexiones, dependiendo del calibre del conductor y la conexión que se desee realizar.

Todas las conexiones de cobre a cobre y de cobre a acero con conductores calibre 8 AWG o mayores tienen que ser soldadas exotérmicamente con soldadura eléctrica tipo CADWELD. Los conductores soldados con soldadura exotérmica deben ser considerados como un conductor continuo.

Todas las conexiones del sistema de tierra para equipo tienen que usar zapatas. Cuando los conductores son del calibre 8 AWG o mayores, la zapata tiene que ser unida al conductor por el proceso de soldadura eléctrica.

Los tipos de conexión exotérmica utilizadas en la construcción de radio bases se listan a continuación y se dan sus características:

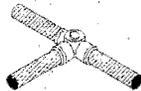
a) Conexión TA

Este tipo de conexión se utiliza para cable de paso y derivación horizontal.

Se utiliza en cables trenzados de cobre.

A su vez, la conexión se divide en TA-45, en la que se utiliza un cable calibre 2 AWG y un cable calibre 2/0 AWG.

La otra conexión es TA-90, en donde se utilizan dos cables calibre 2/0 AWG.



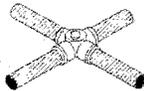
TIPO TA

Fig. 3-2 Soldadura para conexión tipo TA.

b) Conexión XA.

Se utiliza en cruce de cables horizontales, con dos derivaciones, requiere cortar uno de los cables quedando en un mismo plano, en donde se utiliza cable de cobre trenzado.

En la conexión XA, se utilizan dos cables calibre 2/0 AWG.



TIPO XA

Fig. 3-3 Soldadura para conexión tipo XA.

d) Conexión VS.

Conexión de cable a 45° a tubo de acero vertical en diferentes rangos.
El cable baja a 45° de un tubo de acero vertical.
Antes de soldarse se debe hacer una prueba de resistencia para ver la posibilidad de una posible perforación en tubo de acero de pared delgada.



Fig. 3-4 Soldadura para conexión tipo VX.

d) Conexión HA.

Cable de cobre horizontal a superficie plana de acero o a la parte superior de un tubo de acero horizontal.

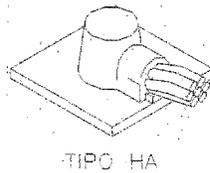


Fig. 3-5 Soldadura para conexión tipo HA.

e) Conexión GR.

Para usarse con varillas para tierra de acero con revestimiento de cobre, galvanizado o inoxidable. Se suelda un cable calibre 2 y un cable calibre 2/0 a la varilla.

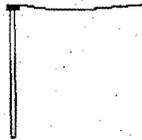


Fig. 3-6 Soldadura para conexión tipo GR.

3.7 PUESTA A TIERRA DE ESTRUCTURAS.

El cable utilizado para aterrizaje de cualquier estructura metálica es de calibre 2 AWG con forro color verde y colocado a una altura de 30 cm.

Por norma TELCEL se tiene un aterrizaje del contenedor como mínimo en 2 esquinas opuestas.

Cuando el contenedor se encuentra ubicado en la azotea de cualquier casa o edificio aparte de aterrizar al contenedor, se aterriza la estructura en la cual esta descansado el contenedor. Aterrizando esta estructura como mínimo en uno de sus extremos, utilizando soldadura exotérmica VS y TA para unión de cables.

La forma de aterrizar cualquier tipo de poste es de la siguiente manera.

- Para aterrizaje de los postes de la cama de feeder's se utiliza la soldadura exotérmica VS una carga de 45 y estos colocados a una altura de 30 cm.
- Para aterrizaje de los postes de los reflectores se utiliza la soldadura exotérmica VS con una carga de 45 y estos colocados a una altura de 30cm.
- Para aterrizar los postes de la malla ciclónica se coloca una soldadura exotérmica VS con una carga de 45 y colocada estos a una altura de 30 cm.

- Para aterrizar los postes de la malla ciclónica se coloca una soldadura exotérmica VS con una carga de 45 y colocada estos a una altura de 30 cm. La distancia que se toma como referencia para determinar el número de aterrizaje es de 3.0 m entre cada poste.
- También se utiliza una trenza flexible para aterrizar tanto el marco como la puerta del acceso al sitio y del contenedor. Ubicado esta trenza a una altura de 1.5 m.

Para aterrizar el alambre de púas de la malla ciclónica se utiliza un conector de compresión tipo C conectado en cascada y aterrizado directamente al anillo de tierras.

Para el aterrizaje de las retenidas (cuando se utiliza una torre arriostrada), se utilizan conectores de compresión tipo "C" utilizando cable del número 2 aislado de color verde y unido a su vez al anillo perimetral ubicado en la azotea.

En este tipo de anillo se utiliza un cable aislado de color verde del mismo calibre, en el cuál se aterriza todo tipo de estructura metálica y que a su vez se conecta al anillo de tierras utilizando cable del mismo calibre. Para ello se utiliza tubo P.V.C de 19 mm de diámetro y una altura mínima de 2.0 m con respecto del nivel del suelo.

El tipo de abrazaderas utilizadas para sujetar el cable que se interconecta con el anillo de tierras, es la abrazadera tipo omega de $\frac{1}{2}$ ", colocadas a una distancia de separación de 1.5 mts.

El tipo de sujeción utilizados para sujetar el tubo P.V.C. que baja de la azotea es la abrazadera tipo unicanal de 19 mm, con una separación entre las mismas de 2.0 mts.

Para el aterrizaje de las estructuras tanto autosoportada, como arriostradas se utiliza con soldadura exotérmica VS, con carga de 45 colocada a una altura de 30 cm con respecto al nivel donde comienza la estructura.

En el caso de una estructura tipo monopolo se utiliza una soldadura exotérmica HA, la cual es colocada en la base del mismo monopolo, aterrizando a esta por 2 de sus extremos opuestos y uniéndolas a la delta formada por el electrodo.

3.7.1 PUESTA A TIERRA DE PARARRAYOS.

Las ondas que se presentan durante una tormenta eléctrica siempre buscan un punto metálico u otro objeto en punta para buscar un escape a tierra física. Como las instalaciones tienen casi siempre terminaciones en punta, es necesario poner un dispositivo con terminación en punta que este conectado independientemente a la instalación y conectado a tierra a través de una varilla o un electrodo.

El apartarrayos es un dispositivo que permite proteger a las instalaciones de posibles descargas de tipo atmosférico.

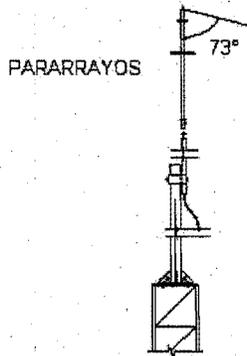


Fig. 3-7 Pararrayos montado sobre torre. El ángulo de cobertura es de 73°.

Se define como necesaria su instalación sólo en los siguientes casos:

- Cuando la unidad que se desea proteger alcance una altura igual o mayor a 15 m y no se encuentre construcciones más elevadas en un radio de 500 m.
- Cuando la construcción más alta de la población en donde está localizada, aun cuando dicha altura sea menor a 15 m.
- Cuando la construcción se localice terreno con altura sobresaliente respecto a la población donde se ubique.
- Cuando la construcción se encuentre aislada o alejada una distancia radial de 500 m de cualquier construcción.

Para el aterrizaje del pararrayos se ocupa el cable forrado del número 2/0 THW (negro) que se conecta directamente al electrodo. Utilizando para su sujeción abrazaderas con una separación de 1.5 m.

El lugar por donde baja el cable del pararrayos de la torre es la cara opuesta de la bajada de la cama de feeder's (normas TELCEL).

El ángulo de protección del pararrayos es de 73° a la redonda.

3.7.2 PUESTA A TIERRA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

Las líneas de transmisión se aterrizarán independientemente al sistema del pararrayos, esto será a través de cable forrado # 2 THW (negro), que ira desde el 1er "kit de aterrizaje" (el primero se instalará en la cúspide de la torre y la segunda a 30 m.), hasta el anillo perimetral del cable desnudo, que se instalará en el hueco de entrada del contenedor, para posteriormente conectarse al sistema de tierras del propio contenedor.

A lo largo de las líneas de transmisión y donde se instale el kit de aterrizaje, se colocan 2 soleras de cobre de 80 x 5.0 x 0.9 cm con separación entre sí de 25 cm, barrenada con tornillos de 3/8".

Estas líneas de transmisión se aterrizarán a cada 30 m., pero como obligación será al inicio y final de las líneas, es decir el 1er aterrizaje será inmediatamente debajo de la plataforma celular y el último a 20 cm aprox. antes de entrar las líneas al contenedor. En caso de haber un cambio de dirección horizontal a vertical el aterrizaje se colocará antes de comenzar la curva (de arriba hacia abajo) aún existiendo los 2 aterrizajes anteriormente mencionados.

La sujeción del cable # 2 THW a lo largo de la cama guía de onda será por medio de cinturones negros para intemperie y la conexión de soleras de cobre a cama guía de onda por medio de tornillos con barriles aisladores de resina para 15 KV.

Para unir las líneas de transmisión con el anillo del contenedor se utiliza una barra de cobre de 15.24 x 50.8 x 0.625 cm ubicada en la parte inferior a la entrada de las líneas de transmisión al contenedor utilizando cable del # 2 THW color verde, utilizando una zapata ponchable con tornillo de 3/8" de diámetro. Esta barra se encuentra ubicada a 2.4 m. de la altura total del contenedor.

3.7.3 PUESTA A TIERRA RBS 884

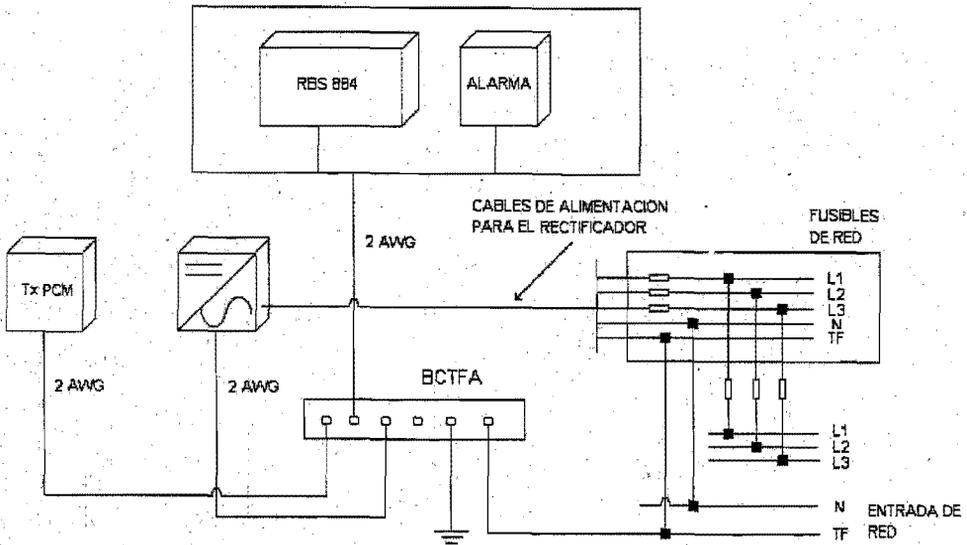


Fig. 3-9 Conexión de equipos a barra de tierra.

3.8 B.C.T.F.C.A. Y B.C.T.F.A.

Para el aterrizaje de los equipos de conmutación, transmisión y electrónicos se utiliza una barra de cobre ubicada de bajo del tablero de distribución, el cuál se encuentra en el interior del contenedor. Esta barra de cobre de tierra física aislada (B.C.T.F.A), se conectará a un electrodo que forma parte del anillo de tierras, con objeto de no tener diferencia de potencial que pueda dañar al equipo de comunicaciones. El aterrizaje de esta barra se realiza por medio de tubo P.V.C de uso rudo, color verde de 19 mm de diámetro.

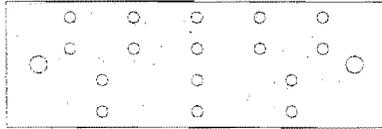


Fig. 3-8 Detalle de placa para conexión a tierra.

Para los equipos de fuerza, aires acondicionados e iluminación se utiliza una barra de cobre ubicada en el interior del tablero de distribución. Esta barra de cobre de tierra física de corriente alterna (B.T.F.C.A) se conecta al neutro que a su vez está conectado al anillo de tierras.

3.9 VARILLA COPPERWELD

El aterrizaje de esta varilla se utiliza para aterrizar el nicho en donde se encuentra ubicada la acometida eléctrica, esta se realiza con el fin de aterrizar el neutro a tierra física y de esta manera tener una diferencia de potencial entre el neutro y la tierra física menor de 0.3 V.

Esta varilla se encuentra ubicada en el registro eléctrico ubicado en el mismo nicho de la acometida eléctrica y para su unión se utiliza la soldadura exotérmica GR con una carga de 90 ya que la varilla utilizada cuenta con un diámetro de 5/8" y utilizando un cable de cobre para el aterrizaje del número 2/0 desnudo.

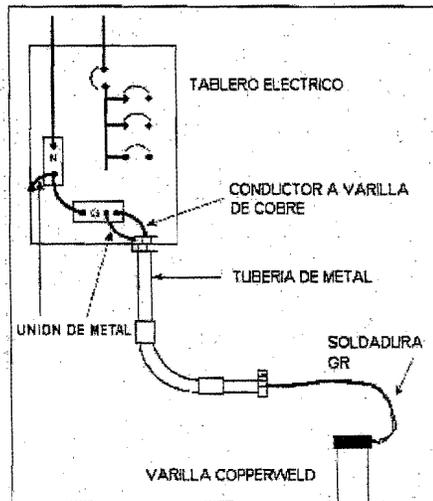


Fig. 3-10 Detalle de conexión de varilla de tierra Copperweld.

CAPÍTULO 4

EQUIPO QUE CONTIENE UNA RADIO BASE.

4.1 EQUIPO DE TRANSMISIÓN- RECEPCIÓN.

El equipo con el que transmite y recibe la información una radio base, es el RBS 884 de ERICSSON. Este equipo tiene las siguientes características:

La RBS 884 utiliza transreceptores (TRX) multifuncionales. Esto quiere decir que un módulo TRX puede ser utilizado tanto para voz analógica o digital, así como para propósitos de control y monitoreo de recepción de señal y verificación de señal.

Su diseño interno en base a redundancia asegura la operación continua del equipo en el caso de falla de alguna unidad. Tiene la capacidad de retirar componentes electrónicas para su reparación durante las visitas de mantenimiento programadas sin tener que apagar todo el equipo.

Una sola radio base puede soportar a una, dos o tres células. Una célula es un área definida que será cubierta por un sistema de antenas, y cada célula tiene un canal de control para el modo digital y/o uno para el modo analógico. Existe una sola célula de cobertura para la configuración omnidireccional y 2 o 3 para la configuración sectorizada.

La RBS 884 esta diseñada para poder ser monitoreada a control remoto, permitiendo así su manejo y fina sintonización de todos sus parámetros y funciones, tales como potencia de salida, frecuencia y conmutación de las unidades de redundancia.

Todo el software está almacenado en una memoria no volátil dentro de la RBS y el software de la parte de control se carga desde el Centro de conmutación de servicios móviles, lo cual asegura un corto tiempo de servicio y puesta en marcha.

La RBS 884 está diseñada para su instalación dentro de un contenedor aislado (Indoor) y está constituida en base a un número de gabinetes de tamaño y diseño uniformes, que le dan la capacidad de ser modular.

La función de el Centro de Conmutación de telefonía móvil es controlar la actividad de todas las radio bases conectadas a ésta, incluyendo el monitoreo de Hardware y del tráfico, dando así al Centro de conmutación de telefonía móvil un estatus de la red actualizado en tiempo real. El centro de conmutación también proporciona las conexiones de voz a la red pública de telefonía conmutada y otras centrales de conmutación de telefonía móvil.

Las radio bases se comunican con los centros de conmutación de telefonía móvil a través de enlaces de transmisión PCM (modulación por código de pulsos)

Las RBS contienen el equipo necesario para poder controlar y manejar la comunicación entre las centrales de conmutación y los teléfonos móviles. La configuración del equipo en un sistema específico depende del número de sectores, la banda de frecuencia, el número y tipo de antenas y si el sitio es analógico, digital o análogo y digital.

El gabinete de POWD se alimenta con 27.2 VCD a los gabinetes de la RBS. Cada POWD contiene dos unidades de distribución, las cuales a su vez cuentan con 16 breakers. Es decir que un solo POWD nos proporciona un total de 32 conexiones de CD.

4.2 EQUIPO RECTIFICADOR DE CORRIENTE ALTERNA:

Para la operación de las radiobases es necesario contar con un sistema de rectificación de voltaje que garantice el suministro de energía a los equipos de comunicación. Este equipo es un sistema de fuerza configurado para proporcionar voltajes de $+24$ Vcc como sistema principal y -48 Vcc como subsistema para cumplir con las necesidades del equipo de comunicación.

Este equipo tiene las siguientes características:

- a) Un gabinete inteligente con acceso frontal que alberga las unidades de conversión de potencia. También incluye una tarjeta de medición-control-alarma, la cual controla la operación de las unidades de control de potencia.
- b) Dos gabinetes de expansión con acceso frontal. Cada uno alberga las unidades de conversión de potencia.
- c) Hasta 12 unidades de conversión de potencia que proporcionan la fuerza a la carga, corriente de flotación de batería y corriente de recarga de batería durante las condiciones normales de operación.
- d) Un ensamble de gabinete de distribución el cual proporciona distribución de cc a través de fusibles y/o breakers.
- e) Un ensamble de gabinete de convertidores que proporciona un voltaje de -48 V a partir de $+24$ V para un subsistema con capacidad de 30 A.
- f) Nueve módulos convertidores de $+24$ Vcc a -48 Vcc de 3 A cada uno.

Este sistema está diseñado para alimentar a una carga mientras carga una batería con tierra negativa. Este sistema tiene la capacidad de funcionar con la batería fuera de operación para propósitos de mantenimiento o en una instalación sin batería. El sistema está diseñado para su operación con tierra de salida negativa para la distribución principal (sistema) y con tierra de salida positiva para una distribución secundaria (sub sistema).

La función principal del sistema consiste en tomar la alimentación comercial de C.A. y convertirla en C.C. Cada una de las 12 unidades de conversión de potencia tiene una capacidad de 100 A.

Los rangos de salida son:

Voltaje: $+24$ V nominales, tierra negativa.

Corriente:

- a) Unidad de conversión de potencia y gabinete 100 A
- b) Planta convertidora: cuenta con una planta que proporciona un voltaje de subsistema de -48 Vcc con capacidad instalada de 27 A.

Los rangos de entrada son:

Voltaje: 208-240 Vac, una fase, 60 Hz, con un rango de operación de 176 a 264 Volts. La frecuencia aceptable de entrada es de 45 a 70 Hz.

Potencia: 3000 Watts.

4.3 BATERIAS DE EMERGENCIA.

Las baterías se utilizan telecomunicaciones para proporcionar energía de reserva a los equipos de transmisión y recepción en caso de falla en el suministro eléctrico. Esta es la razón por la cual son posibles las llamadas por teléfono durante tormentas eléctricas, cortos circuitos, e interrupciones de la energía. Las baterías se diseñaron para proporcionar la energía requerida durante la interrupción, típicamente de tres a ocho horas.

Estas baterías requieren un mantenimiento mínimo, la capacidad de ser apliado para reducir el espacio, y la expulsión mínima de gas. Estas tienen una capacidad de 105 amperes-hora a 4800 amperes-hora

Los sistemas continuos de alimentación proporcionan energía limpia y continua a las cargas críticas tales como sistemas de transmisión, recepción, control y conmutación. El corazón de la unidad es una batería, que proporciona una fuente de energía virtualmente instantánea en el acontecimiento de las fluctuaciones o de la interrupción para uso general de la energía.

4.4 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

Hoy en día la industria de las telecomunicaciones equipados con sistemas de conmutación sensibles y equipo electrónico requieren de sistema de aire acondicionado para su buen desempeño.

Debido a que los sistemas electrónicos que utiliza una radio base producen calor, es necesario enfriar estos equipos para que no se dañen o se altere la información que manejan. Para esto se cuenta con equipos especiales de enfriamiento que desempeñan tal tarea.

Los contenedores de las radio bases se equipan con dos equipos de aires acondicionados que trabajan alternadamente día y noche para un mejor desempeño de los mismos.

Estos equipos se montan sobre las paredes frontales del contenedor y están provistos de una unidad de control, la cual, regula a través de un sensor o termostato la temperatura ideal del interior del contenedor (17°C).

El controlador de los aires tiene la posibilidad de ser programado a través de un menú con pantalla de cristal líquido e integrado. Se puede programar temperatura, tiempo de trabajo entre uno y otro equipo y programar alarmas remotas para avisar cuando los equipos no están trabajando. Esta pantalla de cristal líquido muestra también la temperatura y el porcentaje de humedad.

Operación:

Voltaje	220V ,3 Ø
Frecuencia	60 Hz.
Potencia	9900 W

4.5 LUCES DE OBSTRUCCIÓN

Debido a la necesidad de contar con sistemas que permitan la seguridad aérea, se crearon normas para señalar las diferentes torres de comunicaciones que se encuentran ubicadas alrededor del mundo. Estas normas contemplan colocar franjas de pintura de color rojo y blanco en la estructura de la torre. Además, se contempla la colocación de luces de obstrucción visibles a la navegación aérea que impidan el colapso de las aeronaves con dichas torres.

Se tienen diferentes tipos de señalizaciones luminosas. Todas ellas dependen de la cercanía con los aeropuertos y de la altura de la torre.

La luz BEACOM es de tipo estroboscópico y se utiliza para distancias cercanas a algún aeropuerto. El faro está provisto por una luz roja estroboscópica que trabaja en las noches y una luz estroboscopia blanca que trabaja por el día.

Las luces sencillas no son más que dos focos con pantalla roja de 116 Watts de larga vida que trabajan todo el día y la noche. Se utilizan principalmente en lugares alejados del tráfico aéreo, pero que son necesarios por si alguna aeronave se acercara.

El sistema de está provisto de un controlador diseñado para realizar operaciones inteligentes y determinar prioridades en condiciones de falla del sistema.

Monitorea electrónicamente la tensión nominal de entrada, el número exacto de luces encendidas y el funcionamiento correcto.

El controlador está provisto con la versatilidad de avisos en alarmas visuales y audibles, para su más oportuna revisión y corrección de al falla indicada.

El encendido y apagado de las luces se hace a través de una foto celda.

Especificaciones.

Alimentación:	120 VAC / 60 Hz.
Cableado interno:	Calibre 16 AWG.
Luces:	116 Watts, 120 VCA Luces sencillas. 620 Watts, 120 VAC Luces Beacom.
Fotocelda:	Tres terminales de seguridad 120 VAC.
Interruptor:	Termomagnético 16 A.

4.6 CONVERTIDOR CD-CD

El convertidor de C.D.-C.D. modelo MZHA30CAB de LORAIN puede acomodar hasta diez módulos del convertidor de C.D.-C.D. modelo MZHA3B. Estos módulos se piden por separado del convertidor C.D.-C.D. El convertidor C.D.-C.D. con dos a diez módulos del convertidor de C.D.-C.D. modelo MZHA3B enchufados abarca un convertidor redundante C.D.-C.D. que se diseñó para convertir 24 volts positivos o negativos de entrada de C.D. a 48 volts de salida de C.D.. La salida se aísla totalmente de la entrada. Los circuitos de conversión de energía del módulo del convertidor C.D.-C.D. utilizan la conmutación de alta frecuencia para mantener niveles de ruidos indeseables.

Protección de la sobre tensión:

La operación de un módulo del convertidor C.D.-C.D. se abrirá automáticamente si el voltaje de la salida del módulo del convertidor excede de 115% a 135% del voltaje nominal.

Protección de la sobre intensidad de corriente:

Cuando la corriente de salida de un módulo del convertidor C.D.-C.D. aumenta a un valor actual de sobre intensidad de corriente entre la gama de 105% a 125% de la carga completa clasificada, el voltaje de la salida del módulo del convertidor disminuirá automáticamente a la corriente del límite a este valor. La salida se recuperará dentro de los límites específicos cuando se quite la condición de sobrecarga.

Alarma de caída del módulo del convertidor:

Un diodo emisor de luz (LED) está situado en la tapa de cada módulo del convertidor C.D.-C.D. El LED se iluminará si, por cualquier razón, el voltaje de la salida del módulo respectivo del convertidor C.D.-C.D. baja debajo del límite de 40 Vcd. Una señal se activará también en el circuito de control de la alarma si el voltaje de la salida del convertidor C.D.-C.D. debajo de 40 volts de C.D.

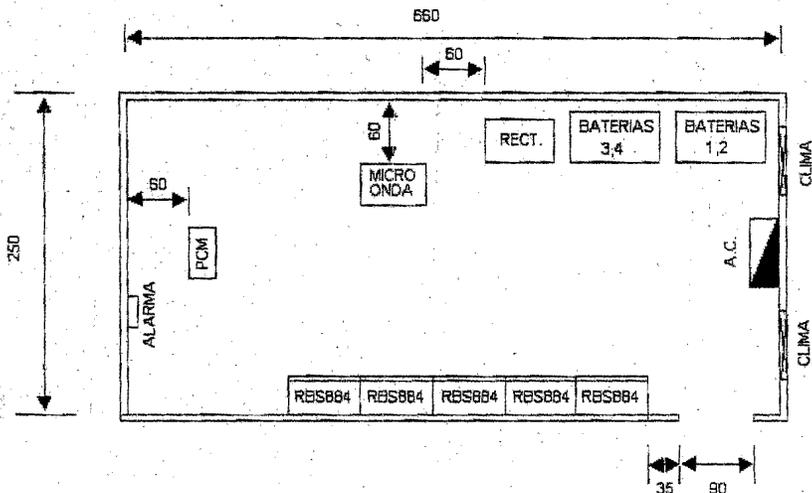
Rangos de entrada:

Voltaje: 24 volts de C.D., con un rango de 21 a 28 volts de C.D.

Protección de la entrada: los fusibles de 12 amperes están situados en la entrada de cada módulo del convertidor C.D.-C.D.

4.7 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO.

El equipo de comunicaciones y complementario se encuentra ubicado dentro de un cuarto de material prefabricado. Para cualquier radiobase que utilice la tecnología TDMA, se utiliza esta distribución de equipo y que obedece a las necesidades y requerimientos.



ACOT CM FLOOR PLAN

Fig. 4-1 Distribución del equipo para una radio base. También llamado floor plan.

Se puede observar que hay sistemas de comunicación a través de microondas y de fibra óptica (PCM).

Se cuenta con sistemas de respaldo de energía a base de baterías que son controladas y alimentadas por los equipos de rectificación de corriente.

Se observan los sistemas RBS 884 que controlan el flujo de llamadas entrantes y salientes a la radio base.

El contenedor esta provisto de un tablero de distribución con interruptores termomagnéticos para alimentar a todo el sistema.

Cuenta también, con sistemas de alarma conectados a centrales en donde se monitorea el buen funcionamiento y la seguridad de los sistemas que ella alberga.

Elementos de una radio base.

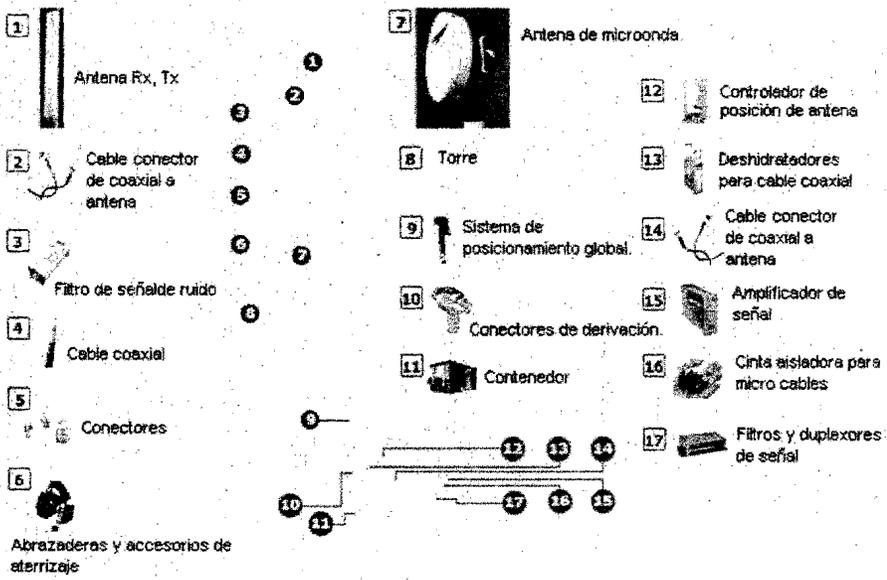


Fig. 4-2 Elementos de una radio base.

CAPÍTULO 5

CÁLCULOS Y PLANOS CONSTRUCTIVOS.

5.1 MEMORIA DE CÁLCULO ELÉCTRICO.

SITIO: RBS ZACATENCO.

CONFIGURACIÓN RECTIFICADORES: 7

CUADRO DE CARGAS.

EQUIPO	UNIDADES	CORRIENTE P/U (A)	VOLTAJE (V)	f.p.	POTENCIA REAL UNIDAD (W)	Factor de demanda	POTENCIA REAL TOTAL (W)
RECTIFICADOR	7	10.71	220	0.9	3000	0.9	18900
UNIDAD A/C 1	1	28.86	220	0.9	9900	0.9	8910
UNIDAD A/C 2	1	28.86	220	0.9	9900	1	9900
LUZ OBSTRUCCION	1	5.42	127	0.9	620	1	620
LAMPARA FLUOR.	4	0.69	127	0.9	80	0.9	288
CONTACTO	6	1.57	127	0.9	180	0.6	648
REFLECTOR	4	5.25	127	0.9	300	0.9	810
LUZ SHELTER	1	1.31	127	0.9	150	0.9	135

TOTAL 40211 W

1. CÁLCULO DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * V * f.p.} \quad \text{Formula 1}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.
V= Voltaje de línea en Volts.
I = Corriente de línea en Amperes.
f.p. =Factor de potencia.

W= 40211
V= 220 V
f.p. = 0.9

I= 117.25 A

Por lo tanto, se instalará un interruptor termomagnético de valor 3Φ, 220V a 125 Amperes.

2 CÁLCULO DEL CALIBRE DE CONDUCTORES PARA EL CIRCUITO ALIMENTADO.

a) Cálculo por conducción de corriente.

De la formula 1

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

$$W= 40211$$

$$V= 220 \text{ V}$$

$$f.p. = 0.9$$

$$I = 117.25 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 146.56 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 146.56 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 2/0 AWG para cada fase y el neutro.

Se instalará en tubería de 63 mm Pared Guesa Galvanizada y PVC. Ya que:

4-2/0 AWG = 590.48 mm^2 de área total de cobre de los conductores.

1- 2 AWG = 43.24 mm^2 del conductor para Tierra física de C.A.

Por lo que, la suma de los 5 conductores nos da un total de 633.72 mm^2 y que es menor al 40% (1376 mm^2 del tubo de 63mm) requeridos por norma.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%, sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Par un circuito 3 Φ , 220 V.

$$e \% = \frac{2 * L * I}{En * S}$$

Formula 2

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L= Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

En = Voltaje de línea en Volts.

S= 88.91 mm²

L= 10 mts.

I = 117.25 A

En = 220 V

e%= 0.11

3 CÁLCULO DEL CALIBRE DE CONDUCTORES DE CIRCUITOS DERIVADOS.

Se instalará un tablero de distribución de C.A. 220/127 V, 3 Φ , 4 hilos y 42 posiciones con interruptor principal de 125 A.

RECTIFICADOR 1.

a) Cálculo por conducción de corriente.

Dé la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{2} * V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

W= 3000 W
V= 220 V
f.p= 0.9

I= 10.71 A

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

I= 13.38 A

Para una conducción de corriente de I = 13.38 A corresponde un conductor calibre 12 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 2 Φ , 220 V.

$$e \% = \frac{2 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².
L = Longitud en un solo sentido en mts.
I = Corriente a plena carga.
En = Voltaje de línea en Volts.

S= 4.23 mm²
L= 16 mts.
I = 10.71 A
En = 220 V

e%= 0.36

Nota. Se consideran los mismos criterios de selección del conductor para los restantes módulos de rectificación.

UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO 1.

a) Cálculo por conducción de corriente.

De la formula 1

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

W= 9900

V= 220 V

f.p. = 0.9

$$I = 28.86 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 36.07 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 36.07 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 10 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 3 Φ , 220 V.

$$e \% = \frac{2 * L * I}{E_n * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

E_n = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 6.83 \text{ mm}^2$$

$$L = 10 \text{ mts.}$$

$$I = 28.86 \text{ A}$$

$$E_n = 220 \text{ V}$$

$$e\% = 0.38$$

Nota. Se consideran los mismos criterios de selección del conductor para la segunda unidad de aire acondicionado.

LUMINARIA DE OBSTRUCCIÓN

De la fórmula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

W= 620 W

V= 127 V

f.p. = 0.9

I = 5.42 A

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

I = 6.77 A

Para una conducción de corriente de I = 6.77 A corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

c) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

En = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 2.66 \text{ mm}^2$$

$$L = 30 \text{ mts.}$$

$$I = 5.42 \text{ A}$$

$$E_n = 127 \text{ V}$$

$$e\% = 1.92$$

LÁMPARAS FLUORESCENTES

Se consideran en un solo circuito.

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

$$W = 320 \text{ W}$$

$$V = 127 \text{ V}$$

$$f.p. = 0.9$$

$$I = 2.79 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 3.48 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 3.48 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

c) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S = Sección del conductor en mm².
L = Longitud en un solo sentido en mts.
I = Corriente a plena carga.
En = Voltaje de línea en Volts.

S = 2.66 mm²
L = 10 mts.
I = 2.79 A
En = 127 V

$$e \% = 0.33$$

CONTACTOS 2

Se consideran dos contactos dobles polarizados.

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

W= 360 W

V= 127 V

f.p. = 0.9

I = 3.14 A

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

I = 3.92 A

Para una conducción de corriente de I = 3.92 A corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

En = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 2.66 \text{ mm}^2$$

$$L = 10 \text{ mts.}$$

$$I = 3.14 \text{ A}$$

$$E_n = 127 \text{ V}$$

$$e\% = 0.371$$

CONTACTOS 3

Se consideran tres contactos dobles polarizados.

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

$$W = 540 \text{ W}$$

$$V = 127 \text{ V}$$

$$f.p. = 0.9$$

$$I = 4.72 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 5.9 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 5.9 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

En = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 2.66 \text{ mm}^2$$

$$L = 10 \text{ mts.}$$

$$I = 4.72 \text{ A}$$

$$En = 127 \text{ V}$$

$$e \% = 0.55$$

CONTACTOS 1

Se considera un contacto doble polarizado.

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Dónde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

W= 180 W

V= 127 V

f.p. = 0.9

I = 1.57 A

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

I = 1.96 A

Para una conducción de corriente de I = 1.96 A corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{En * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

En = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 2.66 \text{ mm}^2$$

$$L = 10 \text{ mts.}$$

$$I = 1.57 \text{ A}$$

$$E_n = 127 \text{ V}$$

$$e\% = 0.18$$

REFLECTORES 3

Se consideran en un solo circuito.

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

$$W = 900 \text{ W}$$

$$V = 127 \text{ V}$$

$$f.p. = 0.9$$

$$I = 7.87 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 9.83 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 9.83 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{E_n * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

E_n = Voltaje de línea en Volts.

$$S = 2.66 \text{ mm}^2$$

$$L = 21 \text{ mts.}$$

$$I = 7.87 \text{ A}$$

$$E_n = 127 \text{ V}$$

$$e \% = 1.95$$

Se instalará en tubería de 13 mm, ya que para alimentar a los reflectores se necesitan:

2-12 AWG

1-12 AWG T.F.

Lo que da un total de 22.81 mm² de sección de cobre, el cual es menor al 40% requerido por norma para un tubo de 13 mm (240mm²).

LUZ AUXILIAR DE SHELTER

De la formula:

$$I = \frac{W}{V * f.p.}$$

Donde:

W= Potencia real en Watts.

V= Voltaje de línea en Volts.

I = Corriente de línea en Amperes.

f.p. =Factor de potencia.

$$W= 150 \text{ W}$$

$$V= 127 \text{ V}$$

$$f.p. = 0.9$$

$$I = 1.31 \text{ A}$$

Considerando un incremento del 25% de la carga nominal:

$$I = 1.63 \text{ A}$$

Para una conducción de corriente de $I = 1.63 \text{ A}$ corresponde un conductor calibre 14 AWG para cada fase y el neutro.

b) Cálculo por caída de tensión.

La caída total en circuitos alimentadores más derivados no debe de exceder del 5%; sin exceder en ninguno de ellos del 3%.

Para un circuito 1 Φ , 127 V.

$$e \% = \frac{4 * L * I}{E_n * S}$$

Donde:

S= Sección del conductor en mm².

L = Longitud en un solo sentido en mts.

I = Corriente a plena carga.

E_n = Voltaje de línea en Volts.

S= 2.66 mm²

L= 6 mts.

I = 1.31 A

E_n = 127 V

e%= 0.09

DESBALANCE ENTRE FASES

En cada una de las fases se conectará la siguiente carga:

Fase A: 13416 Watts.

Fase B: 13371 Watts.

Fase C: 13424 Watts

Por lo que el desbalance entre fases será:

$$Desbalance = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_{max}} \times 100$$

Desbalance: 0.39 %

Que está dentro del límite permisible de hasta 5%.

5.2 MEMORIA DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

Datos.

Tipo de inmueble: Terreno

Método utilizado: del 62% (3 puntos).

Medición 1: 120 Ω

Medición 2: 330 Ω

Medición 3: 390 Ω

EL MÉTODO A UTILIZAR PARA OBTENER LA MEDICIÓN QUE DETERMINA LA RESISTIVIDAD PROMEDIO EN GRANDES VOLUMENES DE TIERRA NO HOMOGÉNEA, EN UN EDIFICIO O TERRENO ES EL MÉTODO DE TRES PUNTAS QUE CONSISTE EN DOS ELECTRODOS DE PEQUEÑA LONGITUD ENTERRADOS EN LA TIERRA A UNA PROFUNDIDAD "C" (50cm) Y ESPACIADOS EN UNA LÍNEA RECTA ENTRE SI EN INTERVALOS DE SEPARACIÓN "A" Y "B", Y EN UNA REFERENCIA DE TIERRA (TUBERÍA DE AGUA, ESTRUCTURA O VARILLA) DONDE SE HACE CIRCULAR UNA CORRIENTE DE PRUEBA Y UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL. SE MIDE CON UN POTENCIÓMETRO O VOLTMETRO DE ALTA IMPEDANCIA. POR LO QUE V/I PROPORCIONA LA RESISTENCIA DE R OHMS.

EL MÉTODO DE PRUEBA DE LOS 3 PUNTOS ES UTILIZADO PARA DETERMINAR LA RESISTIVIDAD EN $\Omega \cdot m$. LA RESISTIVIDAD DE LA TIERRA PUEDE CALCULARSE PARTIENDO DE LAS MEDICIONES DE RESISTENCIA A TIERRA EFECTUADAS CON EL MEDIDOR DE TIERRAS, COMO SE MUESTRA EN EL ESQUEMA SIGUIENTE.

DE LOS RESULTADOS DE LA MEDICIÓN, SE PROCEDE A CALCULAR LA RESISTENCIA DEL TERRENO, YA QUE CON ESTE DATO DE DISEÑO EL ARREGLO DEL SISTEMA DE TIERRAS DEBERA DE SER LO SUFICIENTEMENTE SEGURO (MENOR A 3 OHMS TOTALES), CONTRA DESCARGAS DE POTENCIAL GRANDES.

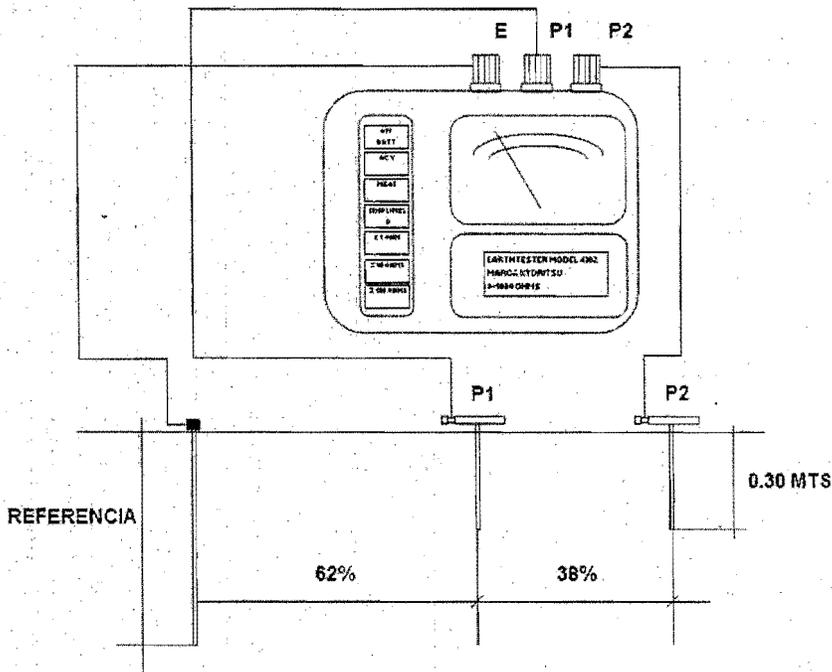


Fig.5.1 Instrumento de medición .

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL TERRENO

LA RESISTIVIDAD EN LOS TERMINOS DE LAS UNIDADES DE LONGITUD EN LA QUE SON MEDIDOS LA REFERENCIA Y LA DISTANCIA A Y B SE DETERMINA POR:

$$\rho = \frac{2 * \pi * L * R}{Ln \left[\frac{2.934 * L}{d} \right]}$$

DONDE:

L = LONGITUD DE LA VARILLA DE TIERRA	0.5 mts.
d = DIÁMETRO DE LA VARILLA	0.015875 mts.
R = RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN OHMS x METRO	280.00 Ω *m

POR LO TANTO LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO ES:

$$\rho = 194.344 \Omega^*m$$

CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS.

PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PUESTA A TIERRA DEL SITIO "RBS ZACATENCO", SE PARTE DE LOS VALORES OBTENIDOS DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

A CONTINUACIÓN TENEMOS LOS SIGUIENTES DATOS:

RESISTENCIA REQUERIDA PARA LA PUESTA A TIERRA: MENOR A 3.0 OHMS
EQUIPO DE MEDICIÓN EMPLEADO: MEGGER DE TIERRAS DE TRES ELECTRODOS DE REFERENCIA.

MÉTODO DE MEDICIÓN EMPLEADO: 62% (3 PUNTOS)

RESISTIVIDAD MEDIDA EN SITIO:

$$\rho = 194.344 \Omega/m$$

Donde:

ρ = resistividad del terreno en Ω/m

a = distancia entre electrodos en mts.

R = lectura directa en Ω

SE CONSIDERA COMO EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ELECTRODOS QUÍMICOS DE MARCA ELECTROSTATICA TIPO PARRES. DE ACUERDO CON LA MEDICION REALIZADA EN EL SITIO LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO ES DE:

$$\rho = 194.344 \Omega/m$$

EN ESTUDIOS DE LABORATORIO, LA RESISTENCIA DE UN ELECTRODO DE COMPLETOS QUIMICOS ES MENOR A LA DE LAS VARILLAS COOPERWELD, POR LO QUE EL ESTUDIO SE HARA CON VARILLAS ACERADAS CON RECUBRIMIENTO DE COBRE DE ESPESOR MÍNIMO 0.254 mm Y DIMENSIONES 5/8" x 3.00 mts.

LA RESISTENCIA DE UNA VARILLA DE TIERRA ESTA DADA POR

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

$$R_v = 65.172 \Omega$$

DONDE:

R_v RESISTENCIA DE LA VARILLA DE PUESTA A TIERRA EN OHMS

L LONGITUD DE LA VARILLA A INSTALAR EN mts

r RADIO DE LA VARILLA A INSTALAR EN mts.

ρ RESISTIVIDAD DEL TERRENO [Ω / m]

CÁLCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

El 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 LA TABLA

VARILLA	FACTOR A APLICAR
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.8
16	1.92
20	2
24	2.16
N=7	F=1.68

APLICANDO LA SIGUIENTE EXPRESIÓN:

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

POR LO TANTO TENEMOS QUE:

$$R1 = 15.641 \Omega$$

DONDE:

R1 RESISTENCIA DE VARILLAS DE PUESTA A TIERRA.

R RESISTENCIA DE LA VARILLA DE PUESTA A TIERRA.

N NÚMERO DE VARILLAS.

F FACTOR DE CORRECCIÓN CUANDO SE USAN MAS DE UNA VARILLAS.

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:

$$R_{\text{ELECTRODO}} = \frac{R1}{20} \quad R_{\text{(ELECTRODO)}} = 0.7821 \Omega$$

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL CABLE CONDUCTOR EN EL CAL. 2/0 AWG (MALLA) PARA CALCULAR LA RESISTENCIA DEL CABLE CONDUCTOR (MALLA), CON UNA LONGITUD DE 60 MTS, ENTERRADO A UNA PROFUNDIDAD DE 0.6 MTS. SE APLICAN LAS SIGUIENTES FÓRMULAS:

$$R_{\text{MALLA}} = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{20(A)} \left(1 + \frac{1}{1 + H \left(\frac{\sqrt{20}}{A} \right)} \right) \right] \Omega$$

DONDE

R_{MALLA} = RESISTENCIA DEL CABLE ENTERRADO (MALLA)

A = ÁREA DE LA MALLA DE TIERRAS EN m^2 .

L = LONGITUD DEL CABLE EN METROS

H = PROFUNDIDAD DEL CABLE ENTERRADO

r = RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

SUSTITUYENDO LOS VALORES EN LA FÓRMULA TENEMOS:

$$R_{\text{MALLA}} = 17.407 \Omega$$

LA RESISTENCIA TOTAL EQUIVALENTE DE LAS MALLAS DE LAS VARILLAS Y CABLES ENTERRADOS (MALLA), SE APLICA LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$R_{\text{TOTAL}} = \frac{R_1 \times R_{\text{CABLE}}}{R_1 + R_{\text{CABLE}}} \quad R_{\text{TOTAL}} = 0.748 \Omega$$

SITI O No.	MEDICION Resistividad del terreno ρ/m	RESISTIVIDAD DE VARILLA Ω	NUMERO DE VARILLA S	FACTOR DE # VARILLA S	LONG. CABL E MALL A Mts.	RESIST. CABLE MALLA (ELECTRODO) $R_1 \Omega$	RESIST. CABLE MALLA RCABLE Ω	RESIST. TOTAL EQUIV. RTOTAL Ω
0	194.344	65.172	7	1.68	60	0.7821	17.407	0.748

El valor de resistencia de puesta a tierra, es menor al criterio del cliente (3 ohms), por lo que se cumple con los requisitos de seguridad que marca la Norma Oficial Mexicana.

EN CONCLUSION: POR EL ARREGLO, Y DEBIDO AL CRITERIO DEL CLIENTE, SE REQUIEREN 7 ELECTRODOS QUIMICOS DE MARCA PARES Y 60 MTS DEL CABLE CAL. 2/0 DESNUDO ENTERRADO A UNA PROFUNDIDAD DE 0.6 MTS. CONECTADOS ENTRE SI, POR MEDIO DE CONEXIONES CADWELD, PARA OBTENER UNA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE 0.748 OHMS, ADEMÁS, SE REQUIERE DE UNA VARILLA COPPERWELD DE 5/8 X 3.05 MTS DE LONGITUD PARA EL ATERRIJAJE DE EL NEUTRO DE ACOMETIDA (A.N.A).

NIVEL DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

Para determinar el diámetro del conductor para el sistema de tierra, se considera como corriente máxima de corto circuito $I_{cc} = 30000$ A.

CALIBRE DEL CONDUCTOR

Se determina el calibre del conductor por medio de la fórmula Onderdonk (pág. 17 del std. 80-IEEE)

$$A = \frac{I}{\frac{\log\left(\frac{tm - ta}{234 + ta}\right) + 1}{33 * s}}$$

DONDE:

- A Sección del conductor en Circular Mil.
- I Corriente de falla a tierra ($I_{cc} = 30000$ A)
- tm Temperatura máxima admisible en °C (°C)
450 °C para conectores soldables.
250 °C para conectores mecánicos.
- ta Temperatura ambiente en °C (30 °C)
- s Tiempo de falla en segundos (0.1 seg.)

por lo tanto:

$$A = 49715.3 \text{ MCM}$$

Esto equivale al calibre 2 AWG con 66.370 MCM, el cual es menor al calibre mínimo que marca la norma que es de 4/0 AWG, por lo que, (NOM-001-semp-1994), ART. 2403-2C:

CALIBRE A UTILIZAR EN LA MALLA 2/0, CON 133.100 MCM (CRITERIO TELCEL)

CONCLUSIONES

Gracias al desarrollo de este trabajo, se llevó a cabo la construcción y puesta en marcha del sistema eléctrico y de tierras la Radio base de telefonía celular en Zacatenco, D.F.

Para esto fue necesario contar con un marco teórico que nos permitiera conocer como trabajan los sistemas electrónicos y de comunicaciones. Con esta teoría desarrollamos un sistema eléctrico y de tierras que garantizara un buen funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos.

Con el conocimiento previo de la teoría de ingeniería eléctrica y de los materiales eléctricos utilizados, se desarrolló el proyecto eléctrico completo.

Este proyecto incluye los cálculos eléctricos que determinaron los calibres y tipos de conductores utilizados, las tuberías por las que se canalizaron dichos conductores y los sistemas de protección contra fallas eléctricas.

Estos cálculos permitieron garantizar un buen funcionamiento del sistema eléctrico, ya que se garantiza que no haya pérdidas de energía o alguna falla de índole eléctrica. Se seleccionaron los mejores materiales eléctricos que garantizaran el buen funcionamiento del sistema eléctrico.

Para el cálculo que permitiera desarrollar un sistema de tierras confiable, se utilizó el equipo de medición conocido como de tres puntas, el cual mide la resistencia del terreno en el que se instalará el sistema. Tomando en cuenta las mediciones correspondientes se determinó, con la ayuda de fórmulas, la cantidad de electrodos y la selección del cable desnudo que se requirió para la instalación del sistema de tierras.

Gracias a los conocimientos previos y la experiencia obtenida en la construcción de sistemas electromecánicos y de sistemas de tierras, se pudo llevar a buen termino la construcción de la radio base de telefonía celular Zacatenco. Lo que cabe recalcar, es la importancia de un buen proyecto previo a la construcción de cualquier sistema que se construya. Esto nos garantizará una organización adecuada que reedituará en minimizar gastos y tiempos.

BIBLIOGRAFIA

TOMASI, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas.
Ed. Prentice Hall.
México, 1998.

NERI, Rodolfo. Líneas de transmisión.
Ed. Mc. Graw Hill.
México, 1999.

ALVARADO RIOS, Jesús. Fundamentos de radiotelefonía.
Ed. IPN.
México, 1998.

FLORES MENDOZA, Roberto. Técnicas PCM de primer orden.
Ed. INTELMEX.
México, 1994.

ERICSSON. Microwave System Installation Manual.
Sweden, 1999.

TELCEL. Normas TELCEL para radio bases de telefonía celular.
México, 2003.

GRUPO CONDUMEX. Manual del electricista.
Ed. Grupo Condumex.
México, 1995.

SQUARE D. Catálogo de productos de distribución y control.
Ed. Maclago.
México, 2001.

HARPER, Gilberto. Instalaciones eléctricas.
Ed. LIMUSA.
México, 2000.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. Normas de diseño de ingeniería eléctrica.
IMSS
México, 1987.

BECERRIL, Diego. Instalaciones eléctricas prácticas.
Ed. IPN
México, 1995.

PAGINAS WEB CONSULTADAS.

www.ericsson.com

www.telcel.com.mx

www.condumex.com.mx

www.nec.com