

01126  
40



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UNA RADIOBASE  
DE TELEFONÍA CELULAR**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
ÁREA ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA**  
P R E S E N T A N :  
**MAGALLANES CHÁVEZ FRANCISCO JAVIER  
MORALES GUTIÉRREZ BENITO  
MORALES MAXIMINO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. GUILLERMO LÓPEZ MONROY**



MÉXICO, autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo intelectual

NOMBRE: Magallanes Chávez Francisco Javier

FECHA: 16-Julio-03

FIRMA: [Firma]

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**TESIS  
FALLA  
DE  
ORIGEN**

# PAGINACION DISCONTINUA

*La presente tesis esta dedicada con cariño a:*

*Mi Señor por darme una guía en los tiempos difíciles y por darme toda la sabiduría para llegar a este momento.*

*Papá y Mamá, siempre me brindaron el apoyo y el amor, nunca me dejaron solo. Siempre quisieron que yo forjara y lograra las metas que me propusiera.*

*Mis Hermanas, la compañía que me brindaron y los momentos de apoyo sirvieron para que luchara por alcanzar mis sueños.*

*Rocío que nunca me dejó solo y siempre me brindó su apoyo, ternura, comprensión y amor; al principio como novia ahora como esposa. Dentro de ella ahora se forja una semilla, esperamos que siempre siga adelante y nunca se deje vencer por nada.*

*Mi tío José que durante mi niñez fue un ejemplo a seguir, a pesar de los problemas que enfrento siempre salió adelante y nunca se ha dejado vencer. A mi tía Juana que me apoyo incondicionalmente para lograr mis metas.*

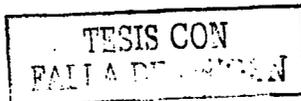
*No puedo dejar de expresar mi gratitud a mis compañeros de tesis, por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.*

*Ingeniero Guillermo López Monroy su guía y su experiencia nos ayudo a culminar con éxito la tesis.*

*A todos los anteriores les debo toda mi gratitud y les doy las gracias por su valioso apoyo, ayuda y comprensión. En mi han dejado una valiosa enseñanza que nunca se borrara de mis recuerdos y por siempre vivirá en mí. Esta enseñanza espero compartirla con las personas que me rodean y que luchan por lograr sus metas.*

*Muchas personas han pasado en mi vida enseñándome cosas nuevas, de las cuales he aprendido algo más cada día. A todas ellas también muchas gracias, aunque no las mencione anteriormente.*

*Francisco Javier Magallanes*



3

**Dedico esta tesis con mucho cariño:**

**A Dios por permitirme llegar a este momento,  
trascendental en mi vida.**

**A la memoria de mi Madre,  
que siempre velo por mí.**

**A Mi Padre que siempre ha sido,  
un apoyo muy importante en mi vida.**

**A mis hermanos Juan, Trinidad y en especial a María y mi cuñado Víctor.  
Quienes tuvieron comprensión, paciencia y cariño, para que saliera  
adelante como persona, así como para concluir mis estudios.**

**A mis amigos, compañeros, y demás  
personas que quiero mucho que siempre  
me apoyaron incondicionalmente.**

**A Carlos (Charly Lab. de Eléctrica de la F.I.).  
Quien siempre nos tendió la mano  
y nos daba ánimos para continuar.**

**BENITO MORALES GUTIÉRREZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

C

## **Agradecimientos**

**A mis seres**

**La suerte la fabricamos  
y el trabajo es lo único  
que nos proporciona lo  
que deseamos sin él no  
Obtenemos nada.**

**Para las personas sin nada mas  
que su manos para el trabajo, es  
el único bien que poseen .  
Gracias por está enseñanza a:**

**Maximino Morales Soria.**

**A mi Madre Gracias por  
darme la oportunidad de vivir.**

**Clotilde Morales Soria.**

**A mis hermanos  
Gracias a su ayuda y  
comprensión.**

**Enrique Hernández Morales  
Irma Hernández Morales**

**A mis profesores  
Gracias por compartir su saber  
con los demás.**

**MAXIMINO MORALES**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

D

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

## CAPITULO 1

<b>LA TELEFONIA CELULAR</b>	<b>3</b>
1 GENERALIDADES	3
1.1 GENERACIONES DE LA TELEFONIA CELULAR	4
1.1.1 EL SISTEMA DE LA TELEFONIA CELULAR	4
1.1.2 LA TECNOLOGÍA DIGITAL	5
1.1.3 DATOS CURIOSOS	7
1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES	8
1.2.1 MEDIOS NO CONFINADOS	9
1.2.2 MEDIOS CONFINADOS	12
1.3 COMPONENTES DE UNA RADIOBASE	17
1.4 ANTENAS UTILIZADAS EN LAS RADIOBASES	18
1.4.1 TIPOS DE ANTENAS	19
1.5 TIPOS DE CONTENEDORES (GSM, TDMA, SALA DE RADIO)	21
1.6 TIPOS DE TORRES	22
1.7 IMÁGENES REFERENTES A UNA RADIOBASE	31

## CAPITULO 2

<b>LA SALUD HUMANA Y LOS TELEFONOS CELULARES.</b>	<b>38</b>
2.1 GENERALIDADES	38
2.2 BREVE RESEÑA DE INVESTIGACIONES REALIZADAS ENTORNO A LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN DE LOS TELEFONOS CELULARES.	38
2.3 RADIACION ELECTROMAGNÉTICA.	39
2.4 FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.	40
2.5 EFECTOS DE LA RADIACIÓN QUE EMITEN LOS TELEFONOS CELULARES EN EL ORGANISMO HUMANO.	41

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

  I

2.6	EFFECTOS EN LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DE UNA ANTENA FIJA DE TELEFONIA CELULAR.	42
2.7	¿AFECTAN LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EMITIDAS POR LOS CELULARES A ALGUNOS INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS?	43
2.8	CONSEJOS AL UTILIZAR UN TELEFONO CELULAR	43

### CAPITULO 3

<b>DESCARGAS ATMOSFERICAS</b>		<b>45</b>
3.1	GENERALIDADES	45
3.2	DEFINICIÓN	45
3.3	EFFECTOS DEL RAYO	46
3.4	MÉTODOS DE PROTECCIÓN	47
3.5	NORMA NFPA 780, STANDARD FOR THE INSTALLATION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEM 1995 EDITION. (NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS).	50

### CAPITULO 4

<b>SISTEMA ELÉCTRICO EN UNA RADIOBASE</b>		<b>52</b>
4.1	GENERALIDADES	52
4.1.1	SISTEMAS DE CORRIENTE CONTINUA	52
4.1.2	SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA	52
4.1.3	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	52
4.2	OBJETIVO DE UNA INSTALACIÓN	53
4.3	CALIDAD EN EL SERVICIO	53
4.3.1	RÉGULACIÓN DE TENSIÓN Y FRECUENCIA	53
4.3.2	CONTENIDO DE ARMONICAS	54
4.3.3	DESBALANCE DE TENSIÓN	54
4.4	ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	55
4.5	DETERMINACION DE LA CARGA EN UNA INSTALACION ELECTRICA.	75

TESIS CON  
FECHA DE ORIGEN

4.5.1	ESTIMACION DE CARGA.	75
4.5.2	CALCULO ANALÍTICO.	76
4.5.2.1	FACTOR DE CARGA.	76
4.5.3	DETERMINACIÓN DE CARGA PARA EQUIPOS ESPECIFICOS.	76
4.6	SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL CENTRO DE CARGA.	77
4.6.1	CRITERIOS PARA EL CALCULO DE CONDUCTORES.	77
4.6.2	CALCULO DE ALIMETADORES CON CARGAS DISTRIBUIDAS.	83
4.6.3	CRITEROS PARA LA ESPECIFICACIÓN DE CENTROS DE CARGA.	84
4.6.3.1	DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR TABLEROS.	84
4.6.3.2	DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR CIRCUITO.	85
4.6.3.3	LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE CARGA.	86
4.7	CANALIZACIONES.	87
4.7.1	CALCULO Y ESPECIFICACIÓN DE TUBERIAS Y DUCTO CUADRADO.	87
4.8	IMÁGENES DE UNA INSTALACIÓN ELECTRICA EN UNA RADIOBASE	89

## CAPITULO 6

<b>SISTEMA DE TIERRAS EN UNA RADIOBASE</b>	<b>94</b>	
5.1	GENERALIDADES	94
5.2	SISTEMA DE TIERRAS	94
5.3	LIMITES DE CORRIENTE TOLERABLES POR EL CUERPO HUMANO	95
5.3.1	PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA A TRAVES DEL CUERPO HUMANO.	95
5.3.2	INTENSIDADES DE CORRIENTE QUE PUEDE SOPORTAR EL CUERPO HUMANO	100
5.3.3	RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO	101
5.3.4	EFFECTOS TERMICOS DE LA CORRIENTE	105
5.3.5	ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD SOBRE PERSONAS	105
5.3.5a)	MEDIOS GRÁFICOS DE PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE OBTENIDOS POR MEDIOS EXPERIMENTALES.	107
5.3.5b)	ESTUDIOS MÉDICOS REALIZADOS EN CASOS DE ACCIDENTES POR CONTACTO.	108
5.4	COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE TIERRAS	113

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

5.4.1	ELECTRODOS PARA PUESTA A TIERRA	114
5.5	MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO	122
5.6	SISTEMA DE TIERRA EN UNA RADIOBASE	128
5.7	SISTEMA DE TIERRA PARA RADIOBASES INSTALADAS.	127
5.8	IMÁGENES DE SISTEMA DE TIERRAS EN UNA RADIOBASE	128

## CAPITULO 6

<b>EJEMPLOS TIPO</b>		<b>132</b>
6.1	GENERALIDADES	132
6.2	INSTALACIÓN ELECTRICA	132
6.3	LINEAMIENTOS DE DISEÑO DEL PROYECTO.	133
6.4	COMPOSICIÓN DEL PROYECTO.	133
6.5	TIPOS DE TORRES.	134
6.6	TIPOS DE PLANOS.	134
6.6.1	PLANOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	134
6.6.2	PLANOS PARA SISTEMA DE TIERRAS.	135
6.6.3	PLANOS DE FIBRA OPTICA.	135
6.7	COMPOSICIÓN Y CONTENIDO EN PLANO DEL PROYECTO ELÉCTRICO.	135
6.8	EJEMPLO 1: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIOBASE TIPO AUTOSOPORTADA	138
6.8.1	ALCANCES DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN ELECTRICA	138
6.8.2	ESPECIFICACIONES PARA UNA INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA.	139
6.8.3	MEDICION DE LA DISTANCIA DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.	140
6.8.4	MEMORIAS.	140
6.8.5	MEMORIA DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.	140
6.8.6	ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO.	160
6.8.7	RESISTENCIA A TIERRA.	160
6.8.8	MEDIDOR DE RESISTENCIA DE LA TIERRA (MEGGER).	160
6.8.9	ESPECIFICACIONES PARA UN SISTEMA DE TIERRAS DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA.	162
6.8.10	MEMORIA DE SISTEMA DE TIERRAS.	163

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

6.8.11	PLANOS DEL PROYECTO DE RADIOBASE TIPO AUTOSOPORTADA	167
6.9	EJEMPLO 2: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIOBASE TIPO ARRIOSTRADA	167
6.9.1	ESPECIFICACIONES PARA UNA INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA TORRE ARRIOSTRADA.	167
6.9.2	ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO.	181

## CAPITULO 7

<b>MANTENIMIENTO DE UNA RADIOBASE</b>	<b>188</b>
7.1 ASPECTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO	188
7.2 DEFINICIÓN	188
7.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	188
7.4 CARACTERISTICAS	189
7.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA RADIOBASE	189
<b>APÉNDICE 1: PLANOS</b>	<b>193</b>
<b>APÉNDICE 2: ARTICULOS DE LA NORMA NOM-001-SEDE-1999</b>	<b>195</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>215</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>217</b>

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**I N S T A L A C I Ó N  
E L É C T R I C A      E N  
U N A   R A D I O B A S E    D E  
T E L E F O N Í A    C E L U L A R**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

F

## INTRODUCCIÓN

El hombre a través del tiempo ha ido formulando ideas para comunicarse de una forma más rápida con sus semejantes, debido a que no existían los medios necesarios para realizarlo.

Con el paso de los años el hombre fue haciendo inventos que beneficiaron a la humanidad, uno de ellos fue el telégrafo, el cual por medio de cables y un aparato se recibían noticias y datos importantes, en cuestión de minutos recorriendo grandes distancias, que si se enviaban por medio de cartas tardaban días o hasta meses en llegar a su destino, y por lo mismo con el telégrafo la comunicación fue un suceso que hizo que el mundo sufriera cambios considerables en cuestión de enviar y recibir datos en una forma más rápida y sencilla.

Otro de los inventos y creemos de los más importantes es el teléfono, con este invento la comunicación entre la humanidad se estrechó de una manera asombrosa, ya que permite comunicar a una persona con otra, de una población a otra o de un continente a otro, sin importar los kilómetros a recorrer. Con el paso del tiempo el teléfono se volvió un aparato indispensable para la vida cotidiana de millones de personas a tal grado que lo ocupan todo el tiempo.

Debido a los adelantos tecnológicos que ha habido durante los últimos años, el teléfono ha evolucionado de tal manera que ya no necesita un cable para poderse comunicar, sino que surgieron los llamados teléfonos celulares o inalámbricos, los cuales permitieron al usuario estar comunicado todo el tiempo.

Para que un teléfono celular funcione, existe una estación transmisora y receptora que contiene todo el equipo necesario para realizar esta función, esta estación se llama radiobase, la cual por medio de antenas le permite al teléfono celular enlazarse y así hacer llamadas desde cualquier parte del país al mundo como cualquier teléfono convencional.

Lo anterior requiere de energía eléctrica; para recargar las baterías de los teléfonos celulares, el suministro de energía eléctrica confiable, para el funcionamiento y la conservación de la radiobase.

Las instalaciones eléctricas en las radiobases juegan un papel fundamental, ya que sin un buen diseño de estas, pueden ocasionar serios accidentes en los equipos y al personal que labora ahí. La distribución y el sistema de tierras deben de ser fundamental aquí, ya que si no

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

se consideran los mejores diseños a corto o largo plazo, pueden ocasionar el mal funcionamiento de la radiobase.

Cabe señalar que los sistemas eléctricos en la actualidad son indispensables para la vida diaria de la humanidad; muchos procesos industriales requieren de energía eléctrica, como en las telecomunicaciones, en el hogar se requiere a cada instante; con unos cuantos minutos que falte la energía eléctrica nos damos cuenta de la gran necesidad que tenemos en ella. Es por eso que cualquier sistema requiere de la energía eléctrica para que funcione, siendo muy importante en todas las actividades del ser humano.

Los sistemas de tierra son importantes en cualquier instalación eléctrica, debido a que las corrientes peligrosas para los equipos y las personas se descargan en ellos. Cabe destacar que en una radiobase la parte más visible y más fundamental es la antena, esta antena es la que por sus características puede ser alcanzada por un rayo, un sistema de tierras bien diseñado y confiable debe de ser capaz de eliminar los efectos que produce la caída de un rayo, así como cualquier corriente que pueda producir daño en los equipos y en las personas que en un momento impredecible pueda ocurrir.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 1

### LA TELEFONIA CELULAR

#### 1. GENERALIDADES

En el año de 1876 Alexander Graham Bell (\*)<sup>1</sup> invento el teléfono, mientras que la comunicación inalámbrica se da con la invención del radio por Nikolai Tesla en el año de 1880, y formalmente presentado en 1894 por un joven italiano llamado Guillermo Marconi.

El primer radioteléfono, fue hecho en 1973, en Estados Unidos por Martin Cooper que se le considero como "el padre de la telefonía celular", y siendo hasta 1983 cuando se pone en operación al primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

Con esto en varios países se adopto a la telefonía celular, lo cual permitió un gran avance en desarrollar e implantar otras formas de acceso, con el objeto de darle cabida a más usuarios por lo que sea convertido en una necesidad primordial para la gente común y de negocios.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para voz, hoy en día es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video con algunas limitaciones.

---

<sup>1</sup> El Congreso estadounidense aprobó una resolución que atribuye la invención del teléfono a un italo estadounidense, llamado Antonio Meucci. Según el texto dice que «la vida y obra de Antonio Meucci debe ser reconocida, y admitida» presentado por el diputado republicano neoyorquino Vito Fossella, señala que Meucci instaló un dispositivo rudimentario de telecomunicaciones entre el sótano de su casa y la habitación de su mujer, en la primera planta en Staten Island, Nueva York. Meucci presentó su invento en 1860 en un diario local en lengua italiana, y en diciembre de 1871 presentó una petición provisional de patente, que no pudo pagar y dejó expirar en 1874. La patente entonces se le concedió, dos años después, a Alexander Graham Bell, el cual había trabajado en el laboratorio de Meucci, según explica la resolución. Las autoridades trataron de anular, en 1887, la patente concedida a Bell en un juicio por fraude, pero a causa de la muerte de Meucci, en 1889, y la expiración de la patente de Bell hicieron que el asunto quedase olvidado en determinar quien era en realidad «el verdadero inventor del teléfono», según informa France Presse.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.1 GENERACIONES DE LA TELEFONÍA CELULAR

La telefonía celular a través del tiempo ha tenido diferentes generaciones que son:

--Primera generación (1G)

La primera generación apareció en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz, tenía deficiencias como la calidad de los enlaces era muy baja, es decir, tenía mucha interferencia y no se oía bien.

--Segunda generación (2G)

Esta generación se da a conocer en 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. EL sistema 2G es empleado actualmente en los sistemas de telefonía, ofrece servicios auxiliares como datos, fax y un sistema de mensajes cortos, de ahí que en Estados Unidos y otros países se le conozca también como PCS (Personal Communication Services o servicios de comunicación personal)

--Generación 2.5 G

Esta generación tiene capacidades adicionales a la de los sistemas con que contaba su generación anterior, pero sin presentar ningún cambio radical en sus servicios ni en su modo de operar.

--Tercera generación 3G.

La 3G se caracteriza por sus nuevas aplicaciones, por ejemplo, en audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, entre otras funciones.

### 1.1.1 EL SISTEMA DE LA TELEFONIA CELULAR

El sistema de la telefonía celular consiste en dividir una ciudad en pequeñas células o celdas, esto permite para que miles de personas puedan usar su teléfono al mismo tiempo, cada celda o célula generalmente abarca 26 kilómetros cuadrados. Cada celda tiene una estación base que esta formada por una torre y un pequeño edificio que contiene el equipo de radio. En cualquier celda pueden hablar 56 personas en su teléfono celular al mismo tiempo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El teléfono celular tiene un transmisor de baja potencia. Muchos tienen dos intensidades de señal: 0.6 Watts y 3.0 Watts (en comparación, con la mayoría de los radios de banda civil que transmiten a 4 Watts.). Los transmisores de baja potencia tienen dos ventajas:

- La transmisión de la base central a los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo que cada celda puede re-utilizar las mismas 56 frecuencias a través de la ciudad.

- El consumo de energía del teléfono celular, es relativamente bajo por lo que generalmente pueden funcionar con baterías.

La tecnología celular requiere un gran número de bases o estaciones en una ciudad de cualquier tamaño, por lo que cada ciudad debe tener una oficina central la cual maneja todas las conexiones telefónicas a teléfonos convencionales, y controla todas las estaciones de la región.

### 1.1.2 LA TECNOLOGÍA DIGITAL

Un sistema analógico no utilizan al máximo la señal entre el teléfono y la red celular. Las señales analógicas no pueden ser comprimidas y manipuladas tan fácilmente como las señales puramente digitales, es por eso que los teléfonos digitales convierten la voz en información binaria (ceros y unos), y entonces la comprimen. Esta compresión permite que entre 3 y 10 llamadas digitales ocupen el mismo espacio que una llamada del sistema analógico. Por ello los celulares son dispositivos electrónicos con diseños intrincados, con partes encargadas de comprimir y descomprimir el flujo de voz.

Un teléfono celular, esta formado por las siguientes partes:

Un circuito integrado que contiene el cerebro del teléfono.

Una antena

Una pantalla de cristal líquido (LCD)

Un teclado pequeño

Un micrófono

Una bocina

Una batería

En México existen varias marcas de teléfonos celulares como son:

Audiovox, Ericsson, Motorola, NEC, Nokia, Panasonic, Samsung, Sony, entre otras más.

En la actualidad existen tres tecnologías comunmente usadas para transmitir información en las redes telefónicas:

Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés)

Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés)

Acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés)

La diferencia primordial esta en el método de acceso, el cual varía entre:

Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA

Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA

Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en la tecnología CDMA.

La primera parte de los nombres de las tres tecnologías (Acceso múltiple), significa que más de un usuario (múltiple) puede usar (accesar) cada celda.

Detallando cada una de las tres tecnologías tenemos.

La tecnología FDMA es muy utilizada para la transmisión analógica, pero no se recomienda para la transmisión digital, aun cuando es capaz de llevar información digital.

La tecnología TDMA comprime la señal de voz debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros), por eso tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. Debido a que comprime entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA no deben interferirse o degradar la calidad, sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volúmen y calidad, entre ambas tecnologías

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una buena manera de entender lo sofisticado del teléfono celular es compararlo con los radios de banda civil o los walkie-talkies (transmisor de onda corta).

Los radios de banda civil y los walkie talkies son dispositivos simples, es decir, que cuando dos personas se comunican, utilizan la misma frecuencia, por lo que una sola persona habla mientras la otra escucha al mismo tiempo. Un teléfono celular es un dispositivo bidireccional, eso significa que utiliza una frecuencia para hablar y otra para recibir, de esa manera dos personas pueden platicar al mismo tiempo.

**Canales:** Un walkie-talkie puede transmitir en un canal, un radio de banda civil tiene 40 canales, mientras que un teléfono celular típico puede comunicar en 1,664 canales o más.

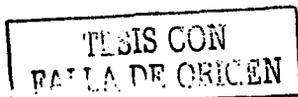
**Rango:** Se va a poder medir en distancia de alcance como por ejemplo, un walkie-talkie puede transmitir alrededor de 1.5 Kms. de distancia utilizando un transmisor de 0.25 Watts. Un radio de banda civil puede transmitir alrededor de 7.5 Kms. con un transmisor más potente de 5 Watts, mientras que los celulares trabajan en base a celdas (que se mencionaron anteriormente), ya que con ellas se pueden manejar distancias muy grandes debido a que la transmisión se hace de celda a celda.

La tecnología celular fue diseñada para su uso en autos, pero la de PCS fue diseñada debido al constante movimiento del usuario, esta tecnología utiliza celdas más pequeñas, por lo que se utilizan más antenas para cubrir un área geográfica.

El término PCS (Personal Communications services) o Servicios Personales de Comunicación, es un servicio telefónico inalámbrico similar al telefónico celular pero poniendo énfasis en el servicio que se presta al usuario. Este término se utiliza porque en el teléfono celular se incluyen otros servicios tales como: identificación de llamada, radiolocalizador, correo electrónico entre otras funciones mas.

### **1.1.3 DATOS CURIOSOS**

Los teléfonos celulares actuales tienen programas de entretenimiento, que abarcan varios tipos de juegos, así como agendas electrónicas, pueden tocar archivos de música en formato mp3, permiten utilizar la videoconferencia a través de Internet, entre otras funciones más.



A menos de 15 años de efectuarse la primer llamada por teléfono celular en México, el número de teléfonos celulares ha rebasado al de los teléfonos convencionales.

Con los nuevos planes de pago los teléfonos celulares son accesibles para estudiantes, plomeros, mensajeros, amas de casa y para cualquier persona que lo requiera desde cualquier lugar.

El teléfono celular presenta grandes ventajas, pero como existen gran cantidad de estos aparatos, presentan diferentes tipos de problemas, como: riesgos al manejar, interrupciones indeseadas en lugares públicos, que suceden cuando se abusa del uso de estos.

## 1.2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES

Las comunicaciones sirven para mover información de un lugar a otro, por medio de una señal que se presenta en dos estados diferentes representada por un cero o un uno, encendido o apagado, etc. Las combinaciones que se hacen con estos estados se conocen como códigos que pueden ser transmitidos en forma de información pura que permite su reconocimiento por parte de los humanos. Esto se hace por un canal de transmisión o medio que soporta la propagación de señales: acústicas, electromagnéticas, de luz u ondas.

Estos canales son cables metálicos o fibra óptica, que conducen la información. Son de dos tipos: los confinados (bounded) o limitados y no confinados (unbounded). En un canal o medio confinado, las señales se limitan por el mismo y por ello no salen de él, excepto por fugas del canal (pérdidas), por otra parte en un canal o medio no confinado, las señales electromagnéticas que se originan por alguna fuente son libres en este medio, donde se esparcen por ejemplo. el aire.

Su clasificación es la siguiente:

MEDIOS NO CONFINADOS	MEDIOS CONFINADOS
a) Microondas terrestre	a) Alambre
b) Satélite	b) Par Trenzado
c) Ondas de Radio (radio frecuencias)	c) Cable Coaxial
d) Infrarrojo / Láser	d) Gula de Onda
	e) Fibra Óptica

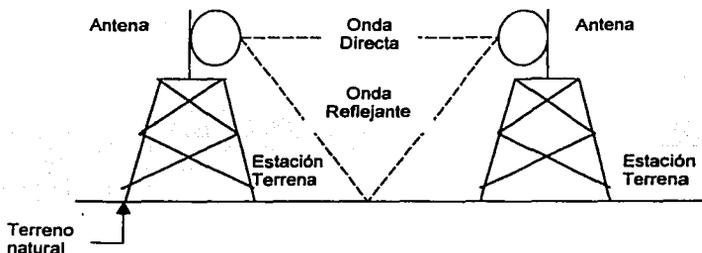
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se explican cada uno de los medios

### 1.2.1 MEDIOS NO CONFINADOS

#### a) Microondas terrestre (radio relay system)

Este medio permite la conectividad entre dos sitios o estaciones terrenas. Un sistema de microondas tiene tres componentes que son: una antena, una unidad externa y una unidad interna de RF (Radio Frecuencia). Las frecuencias utilizadas en microondas son de alrededor de los 12, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de enlazar dos localidades que se encuentran a varios kilómetros de distancia una de la otra. Como se ve en la figura.



**ENLACE POR MICROONDAS**

Para este tipo de enlace el clima y el terreno son factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. Un ejemplo de esto es que no se recomienda instalarlo en lugares donde no llueva mucho; otro es la ausencia de montañas o grandes cuerpos de agua lo que puede causar reflexiones de multi-trayectorias.

Las aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

Telefonía básica (canales telefónicos)

Datos

Telegrafo

Canales de Televisión.

video

TESIS CON  
FALLA DE CALIDAD

Telefonía Celular.

## b) Comunicación Vía Satélite

La idea del uso de satélites fue de Arthur C. Clarke utilizando las matemáticas y las ecuaciones de Newton y de Kepler, que uniéndolas con aplicaciones y tecnología existente en la década de 1940 y dando como propuesta en 1945 lo siguiente:

El satélite serviría para repetir las comunicaciones

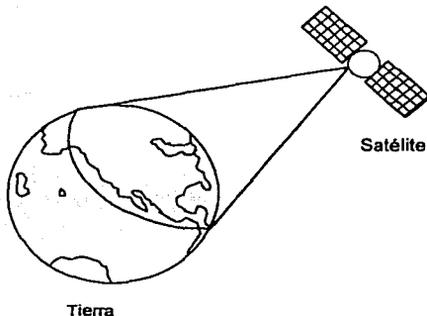
Tres satélites separados a  $120^\circ$  entre sí cubrirían toda la tierra

Se obtendría la energía eléctrica mediante energía solar

El satélite sería una estación espacial tripulada.

Con el tiempo se pudieron cumplir casi todos los puntos, con la excepción del último punto. Este no se cumplió por el alto costo que implicaba el transporte y mantenimiento de la tripulación a bordo de la estación espacial y por cuestiones de seguridad médica y orgánica en los tripulantes.

En la figura se muestra la cobertura de un satélite.



El satélite actúa como un repetidor que recibe la señal de un transmisor, luego la amplifica y la retransmite hacia la tierra con una frecuencia diferente. Por eso el satélite puede enviar a cualquier estación terrena receptoras en su área de cobertura.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La transmisión por este medio tiene varias ventajas para una compañía. El precio de renta es más estable que el de las compañías telefónicas. Ya que no es sensitiva a la distancia. Y además existe un gran ancho de banda disponible.

Los beneficios que tiene la comunicación por satélite son:

Transferencia de información a velocidades altas (Kbps, Mbps)

Ideal para comunicación en puntos distantes y no fácilmente accesibles geográficamente.

Permite hacer la comunicación entre dos usuarios distantes evitando las redes publicas telefónicas.

Las desventajas de la comunicación por satélite son las siguientes:

Sensitividad a efectos atmosféricos

Sensibles a eclipses

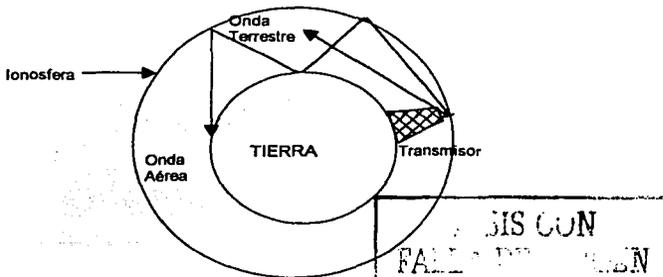
Falla del satélite (no es muy común)

Requieren transmitir a mucha potencia

A pesar de las anteriores limitaciones, la transmisión por satélite es muy utilizado.

### c) Radio Frecuencia

La radio transmisión en la banda entre 3 y 30 Mhz. es llamada radio de alta frecuencia (HF) u ondas cortas. Las ondas de radio de HF transmitidas desde antenas en la tierra siguen dos trayectorias, una es la onda terrestre (groundwave) que sigue la superficie de la tierra, y la otra es la onda aérea (skywave) que rebota de ida y vuelta entre la superficie de la tierra y varias capas de la ionosfera terrestre, teniendo una confiabilidad en la trayectoria del 90 %.



TRAYECTORIA DE ONDA DE RADIO HF

#### d) Infrarrojo / Láser

La transmisión en láser de infrarrojo se hace al aire libre. Este medio se utiliza en el caso en que la instalación de cable no se pueda conectar entre sitios, pero debe tenerse mucho cuidado, al instalarse ya que los haces de luz son dañinos para el ojo humano. Este medio en distancias cortas es una excelente opción, que resulta ser mejor con el tiempo, que emplear estaciones terrenas de microondas.

### 1.2.2 MEDIOS CONFINADOS

#### a) Alambre (open-wired)

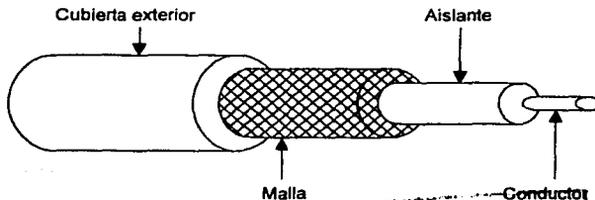
Los alambres son utilizados para el flujo de corriente eléctrica.

#### b) Par trenzado (twisted pair)

Los cables de par trenzado se llaman así porque están trenzados en pares, esto ayuda a disminuir el ruido y la interferencia, estos cables tienen la ventaja de no ser caros, ser flexibles y fáciles de conectar, entre otras. Como medio de comunicación tiene la desventaja de tener que usarse a distancias limitadas debido a que la señal va disminuyendo llegando a ser imperceptible; por lo que a determinadas distancias se deben colocar repetidores que regeneren la señal.

#### c) Cable coaxial

Este tipo de cable consiste en un alambre interior, que se mantiene fijo en un medio aislante que después lleva una cubierta metálica. La capa exterior evita que las señales de otros cables o que la radiación electromagnética, afecte la información conducida por el cable coaxial. En la figura se muestra un cable coaxial típico.



ESTRUCTURA TÍPICA DE UN CABLE COAXIAL

FALLA DE GRIDEN

#### **d) Guía de Onda (Wave Guide)**

Este medio de comunicación opera en el rango de las frecuencias comunmente llamadas como microondas. Su construcción es de material metálico por lo que no es considerado como cable. El ancho de banda que trabaja es extremadamente grande y se usa cuando se requieren bajas perdidas en la señal bajo condiciones de muy alta potencia como en el caso de una antena de microondas el receptor/transmisor de radio frecuencia. Las aplicaciones de este medio se dan en las centrales telefónicas para bajar o subir señales que vienen de antenas de satélite o estaciones terrenas de microondas.

#### **e) Fibra Óptica (fiber optic)**

La comunicación por la fibra óptica es relativamente corta ya que en 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; pero en 1959 debido a los estudios que se realizaron en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, que se llamó rayo láser, el cual se uso en las telecomunicaciones con el fin que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo el uso del láser fue limitado debido a que no existían canales o conductos adecuados para transportar las ondas electromagnéticas que se originan en la fuente denominada láser. Fue entonces cuando en 1966 surge la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Debido a esto en menos de 10 años la fibra óptica vino a revolucionar los procesos de comunicación, desde lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias y así multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

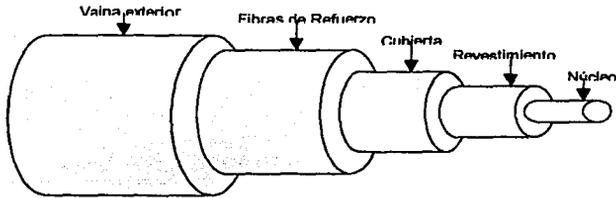
La fibra óptica son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos: El grosor de una fibra es similar a la de un cabello humano, entre sus principales características mencionaremos que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y son de gran confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio-frecuencia. Estas fibras no conducen señales eléctricas por lo que son ideales para usarse en cables sin ningún componente conductivo y pueden utilizarse en condiciones peligrosas de alta tensión y su ahorro es considerable al compararlos con los cables comunes.

TESIS CON  
FALLA DE ...

Con el paso del tiempo la fibra óptica se ha planeado para un amplio rango de aplicaciones como la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable, entre otros.

### e.1) Estructura del cable de fibra óptica

Un cable de fibra óptica está compuesto por una o más fibras, cada una con recubrimiento individual y que consta de varios componentes colocados en forma concéntrica, por lo que partiendo del centro hasta el exterior del cable de fibra óptica se tiene un núcleo, un revestimiento, una cubierta, unas fibras de refuerzo y una vaina exterior, como se ve en la figura.



El núcleo es el que transporta las señales ópticas de datos desde la fuente de luz al dispositivo de recepción, y esta hecho de vidrio ultra-puro de cuarzo o dióxido de silicio de diámetro muy pequeño, es por eso que cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.

El revestimiento o aislante de vidrio, que rodea el núcleo actúa como capa reflectora que ayuda a que las ondas de luz permanezcan dentro del núcleo.

La cubierta protectora o recubrimiento, añade varias capas de plástico para proporcionar una protección extra contra las curvas excesivas del cable, es decir, para darle mayor fuerza a la fibra.

El conjunto de fibras de refuerzo envolventes sirven para proteger al núcleo de aplastamientos o tensiones fuertes durante la instalación del cable.

TESIS CON  
FALLA DE ...

Por último esta la vaina que se trata de la capa exterior del cable, normalmente es de color naranja, negro o amarillo.

Conociendo como esta constituido un cable de fibra óptica se deberá tener cuidado de protegerlo de peligros mecánicos, del calor, los contaminantes, de colocar objetos pesados, como un cable de cobre ya que puede deformar la fibra y todo esto repercute al reducirse la cantidad de luz que pasa a través de la conexión, llegando así a una incorrecta operación del cableado.

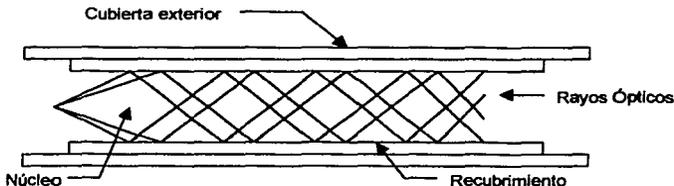
## e.2) Tipos de fibras

Tipos básicos de fibras ópticas:

- a).-Multimodales
- b).-Multimodales con Índice graduado
- c).-Monomodales

### a).-Fibra multimodal

En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos (ver la figura). Y que recorren diferentes distancias desfasándose al viajar dentro de la fibra. Por lo que la distancia en la que se trasmite es limitada.

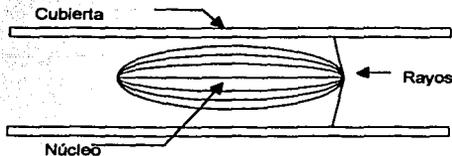


### b).- Fibra multimodal con Índice graduado

En este tipo el núcleo esta hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes tipos de refracción, en este caso los rayos siguen un patrón similar al de la figura,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

pero debido a que el número de rayos ópticos es menor, sufren menos el severo problema que presentan las multimodales.



### c).- Fibra monomodal

El nombre de "monomodo" significa modo de propagación, o camino del haz luminoso, único. Esta fibra ofrece la mayor capacidad de transporte de información pero a su vez es la más compleja de implantar.

Estos tipos de fibras tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmite, es por eso que los elevados flujos que se pueden alcanzar son la principal ventaja, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

Por ello por todo lo que se ha dicho la fibra óptica también es una alternativa muy interesante, que representa una nueva corriente tecnológica muy eficaz para el desarrollo de las comunicaciones.

### e.3) La fibra óptica en una radiobase

La fibra óptica en una radiobase se utiliza en la conexión que se hace entre las antenas que se colocan en la torre y el contenedor. Este cable de fibra óptica se conoce como feeder, que dependiendo del número de antenas colocadas en la torre, será el número de cables que bajen por medio de una cama guía colocada en todo el trayecto de la torre al contenedor, los cables entrarán por un lugar específico que son las esquinas del contenedor, ya en el interior, los cables se colocan en una charola y de ahí pasan al equipo de recepción de la señal de frecuencia que se genera entre radiobases.

### 1.3 COMPONENTES DE UNA RADIOBASE

#### DEFINICIÓN DE RADIOBASE:

Una radiobase se define como el sitio donde se reciben y parten las ondas de radio frecuencia y microondas; hacia otras radiobases por medio de antenas, es decir, es una estación repetidora de comunicación celular, es el mediador entre la central celular y la terminal celular móvil.

La radiobase tiene diferentes equipos entre ellos antenas celulares, que para su correcto funcionamiento se colocan a diferentes alturas, que estarán en estructuras en forma de torre capaces de soportar las cargas de los equipos y de las fuerzas externas a las que se someten durante su vida útil, como son sismos y vientos.

A continuación se presentan los componentes que constituyen una radiobase.

#### A) TORRE:

La torre es una parte muy importante para la radiobase, en ella se colocan los equipos de telecomunicaciones como son las antenas, está hecha de estructura metálica con forma angular o tubular, la cual está fabricada conforme a las normas de la compañía de telefonía celular.

Dentro de los componentes existen varios tipos de plataforma que son:

#### B) PLATAFORMA DE DESCANSO:

Esta plataforma sirve para tener descansos alternados en las torres con altura mayor a 45 m, es necesario instalar una plataforma cada 30 mts. de altura a partir del nivel de piso, el numero de plataformas de descanso se muestra en la siguiente tabla:

ALTURA	No. DE PLATAFORMAS DE DESCANSO
51m - 66m	1
72m - 90m	2
96m - 120m	3

TESIS CON  
FALLA DE CONTEN

#### **B.1) PLATAFORMA CELULAR TRIANGULAR:**

Se usan para facilitar la instalación y orientación de las antenas, cuando sea necesaria se instala una plataforma de descanso en la cúspide de la torre.

#### **B.2) PLATAFORMA CELULAR CIRCULAR:**

Se usa en torres tipo monopolo (que veremos mas adelante) para acceso del personal al nivel de las antenas, y que tiene un pasamanos directo al cuerpo del monopolo. En este caso las antenas se fijan a la pared del monopolo.

#### **C) CAMA GUIA DE ONDA:**

Es una estructura que sirve para alojar los feeders (cable de fibra óptica) en su trayectoria hacia el contenedor, para el caso de la torre monopolar, los feeders se alojaran libremente por dentro de la estructura utilizando para ello registros de entrada y salida.

#### **D) ESCALERA Y ACCESO A PLATAFORMA:**

Toda torre debe llevar escalera y acceso a plataforma para dar mantenimiento al sistema. La escalera se instala en el exterior del cuerpo de la torre, que a su vez se coloca un cable de seguridad en toda la longitud de la escalera en la torre. En el caso de torres arriostradas si la posición de la plataforma obstruye su acceso, la escalera se colocará por el interior de la estructura.

Para torres arriostradas la escalera se colocará en la cara izquierda, viendo de frente la cara de la torre en donde se encuentra instalada la cama guía de onda. Para el caso de torre autosoportada si lo permiten las dimensiones del lado, la escalera se colocará junto a la cama guía de onda.

### **1.4 ANTENAS UTILIZADAS EN LAS RADIOBASES**

Definición: Una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión, en ondas electromagnéticas que viajan por el espacio libre. En otras palabras, una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia o

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

que conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana para este fin existen diferentes tipos de antenas y fabricantes de las mismas que a continuación se dan:

TIPO DE SERVICIO	FABRICANTE	TIPO DE ANTENA
GSM	DECIBEL PRODUCTS	Dual DB930
		Dual D932
TDMA	KATHEREIN	Dual 739498
		Dual 738546
	DECIBEL PRODUCTS	DB 812 KE
		DB 910C-M, 906C
		DB862H90, DB 864H90
SCALA	AP 13-850/065/HV	
	AP 13-880/065/HV	
	AP 15-880/065/XP	

Las antenas tienen parámetros que nos permiten evaluar el efecto que produce sobre un sistema; uno de estos son:

a) Impedancia.

La antena se conecta a una línea de transmisión y debe radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas, la línea influye también en el acoplamiento, debe considerarse su atenuación y longitud.

#### 1.4.1 TIPOS DE ANTENAS

a) Antena colectiva:

Es una antena receptora que con la conveniente amplificación y el uso de distribuidores, se utiliza para diversos usuarios.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) Antena de reflector o parabólica:

Está provista de un reflector metálico en forma parabólico, esférica o de bocina, que limita las radiaciones a un cierto espacio, concentrando la potencia de las ondas su utilización es especialmente para la transmisión y recepción vía satélite.

c) Antena multibanda:

Permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias.

Para nuestro caso las antenas mas utilizadas en radiobases son la parabólica de reflector y las colectivas, las cuales permiten tener una mayor cobertura de radiación

A continuación se muestran algunos tipos de antenas

#### ANTENAS PARA RADIO FRECUENCIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANTENAS PARA MICROONDAS



### 1.5 TIPOS DE CONTENEDORES (GSM, TDMA, SALA DE RADIO)

Los contenedores como su nombre lo indica van a servir para albergar todo el equipo de telecomunicaciones, que se va a utilizar para la radiobase. Veremos cada uno de los modelos.

a) TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo por sus siglas en ingles):

Este contenedor o Shelter en ingles es el más usado por las compañías de telefonía celular, en su interior alberga todos los equipos que se requieren para que funcione la radiobase, como son los cables que bajan de las antenas colocadas en la parte alta de la torre, o el centro de cargas con los que se alimentan los equipos tanto al interior como al exterior.

También cuenta en su exterior con dos equipos de refrigeración de capacidad de 5 toneladas, esto se hace con el fin de que los equipos que están dentro no tengan problemas de calentamiento o temperatura, y debido a esto el contenedor estará cerrado herméticamente

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

para que no haya fugas en cuestión del refrigerante y todo funcione de acuerdo a lo establecido por la empresa de telefonía celular.

El peso aproximado de todo el equipo instalado dentro del mismo es de capacidad de 6 toneladas, cabe señalar que en sus inicios fueron muy funcionales (aunque en algunos casos se siguen colocando) por la demanda del teléfono celular y también se pueden encontrar los sitios para las radiobases más fácilmente, pero en la actualidad de acuerdo al nuevo reglamento de la Ciudad de México en cuestión de obra civil, se están restringiendo las áreas para que se puedan colocar este tipo de contenedores por su tamaño de medidas de 6.80X2.70X3.00 mts. para las radiobases de las compañías de telefonía. Ver figura 1 al término del capítulo.

b) GSM (Global System for Mobile communications o en español Sistema Global para Comunicaciones Móviles):

Este es un sistema tipo normal para la comunicación, que incorpora tecnología digital la cual se comenzó a introducir en México en el año 2001. Este tipo de contenedores es mas pequeño y práctico que el TDMA, ya que no ocupan mucho espacio por lo que es mas fácil de transportar, sus medidas son 1.62X1.30X0.76 mts y su peso aproximado es de 550 Kg; este tipo de contenedores serán los mas utilizados dentro de poco tiempo. Ver figura 2 al termino del capítulo.

c) SALA DE RADIO:

Este tipo de contenedor en si no es como tal, sino es un cuarto que se construye tomando en cuenta las mismas medidas que el del TDMA, pero salvo en este caso se usa cuando en el sitio elegido para colocar la radiobase no es lo demasiado grande para poder albergar un contenedor, y también por el acceso que se tendría por lo angosto del sitio. Este cuarto se construye de tabique o de otro tipo de material, existe otra forma que es el acondicionar un cuarto de la casa o edificio, esto se hace con el fin de minimizar el impacto que es el colocar todo el equipo de una radiobase.

## 1.6 TIPOS DE TORRES

Las torres que se usan para las radiobases son de varios tipos, las cuales dependen de algunos factores como son:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fuerzas que actúan sobre ella: El viento y los sismos, y según sea su intensidad de propagación se definirá el tipo de torre a emplear.

Sitio ó lugar: Se refiere al terreno ó azotea donde se va a colocar la radiobase.

Los tipos de torres que se colocan, dependen del tipo de sitio y las especificaciones que da la compañía de telefonía celular, estas torres son del tipo arriostradas, autosoportadas, mástiles y estructuras especiales.

A continuación veremos cada una de ellas.

#### a) TORRES AUTOSOPORTADAS.

Estas torres junto con el contenedor se colocan a nivel de piso (terreno natural), en las que se manejan alturas de mas de 50 m.; existen tres tipos de torres que son:

##### a.1) Torre tipo esbelta.

Esta como su nombre lo indica es de sección constante, es decir, que desde su inicio hasta donde termina tiene la misma proporción. Ver figura 3 al termino del capítulo.

##### a.2) Torre tipo de sección variable.

La torre de sección variable es una torre tipo trapecio su base tiene una abertura mucho mayor a la esbelta y conforme se va alzando su abertura se va haciendo menor hasta que llega a tener una forma de tipo piramidal. Ver figura 4 al termino del capítulo.

##### a.3) Torre tipo monopolo.

Su estructura consiste en tubos de sección circular o poligonal. Se utiliza para sitios en donde el espacio disponible para la torre no es muy grande, ya que la cimentación de estas torres es más pequeña que la requerida como para los otros tipos de torres autosoportadas. El monopolo se puede camuflajear de manera que no cause un gran impacto visual, y puede ser tipo árbol, palmera, reloj monumental, poste de alumbrado entre otros. Ver figura 5 al termino del capítulo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### b) TORRES TIPO ARRIOSTRADAS

Estas estructuras se pueden utilizar cuando es necesario instalar una Radiobase dentro de un inmueble existente como son casas y edificios, ya que es posible ubicarlas en las azoteas y en sitios donde no hay problemas de espacio, ya que requiere grandes claros por la posición de las retenidas. Estas estructuras son de sección triangular constante y para su estabilidad estructural óptima deben contar con 3 retenidas, estas estructuras son esbeltas y son una buena solución si el impacto visual no es relevante. Ver figura 6 al termino del capitulo.

#### c) MÁSTILES.

Por sus características de ligereza, facilidad de instalación y bajo costo, son una excelente opción para instalaciones en las que por la altura de la azotea no se requiere una torre, su altura será de hasta 6m, deben ser utilizados para cargas moderadas. Cuando el mástil es de más de 3 metros de altura se debe contar con peldaños para el ascenso.

#### d) ESTRUCTURAS ESPECIALES.

Estructura de sección constante similar a la autosoportada pero con altura máxima de 6m, se utiliza en azoteas donde se requiere poca altura pero con plataforma celular triangular.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

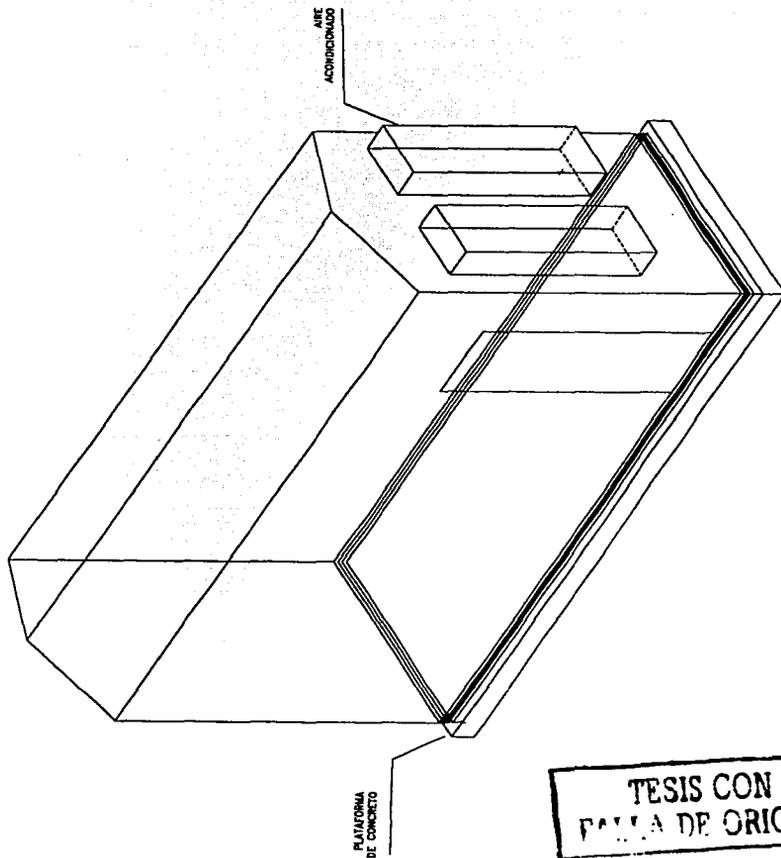


FIGURA 1. CONTENEDOR  
TIPO TONA

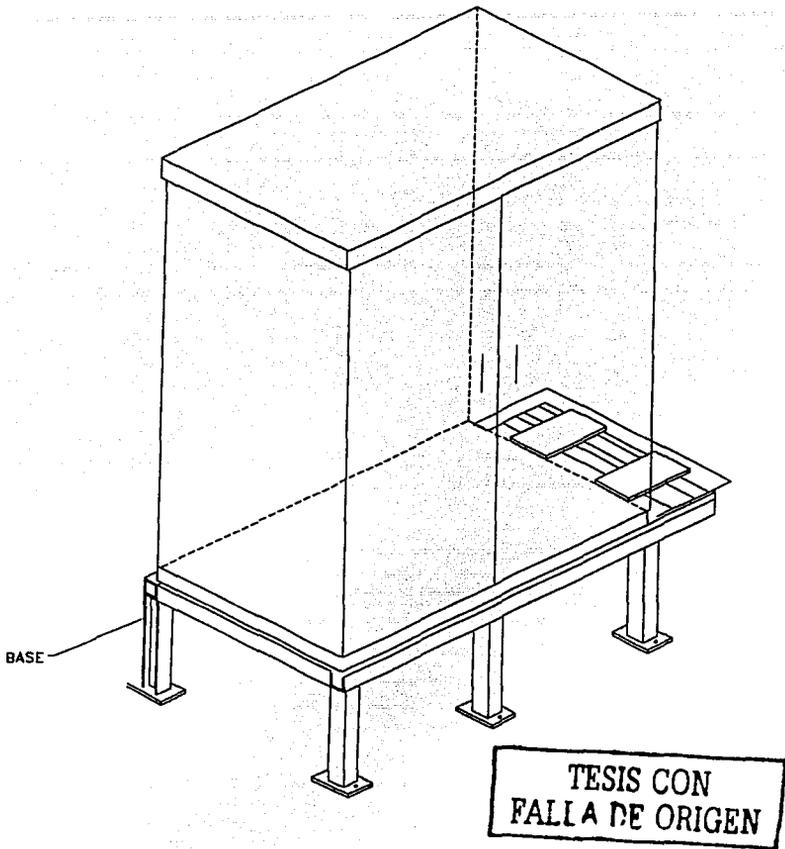


FIGURA 2 CONTENEDOR  
TIPO GSM

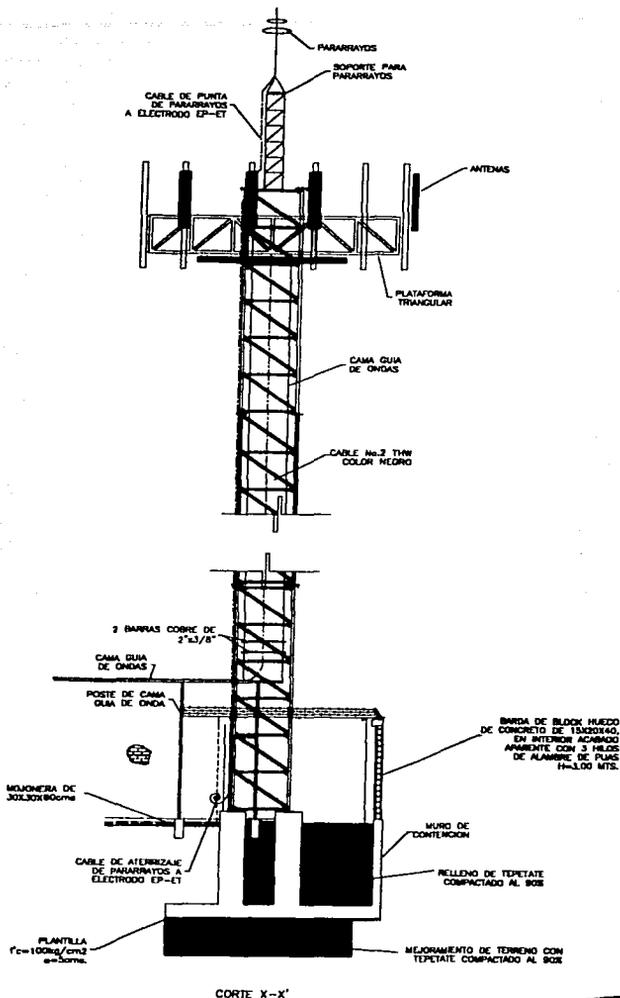
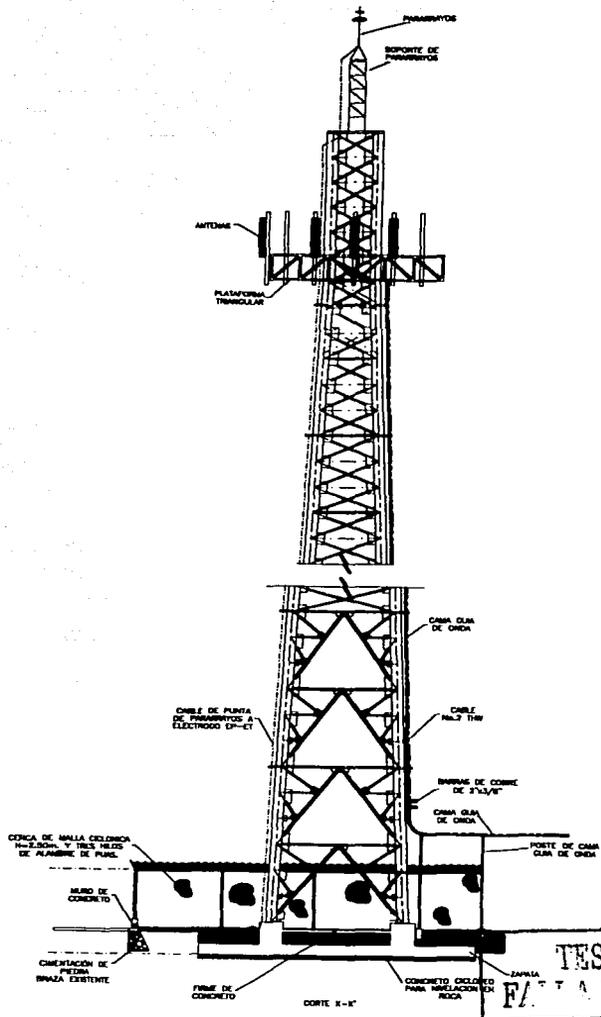


FIGURA 3 TORRE AUTOSOPORTADA TIPO ESBELTA

...SIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
 EL TITULO DE INGENIERO

FIGURA 4 TORRE AUTOSOPORTADA SECCION VARIABLE

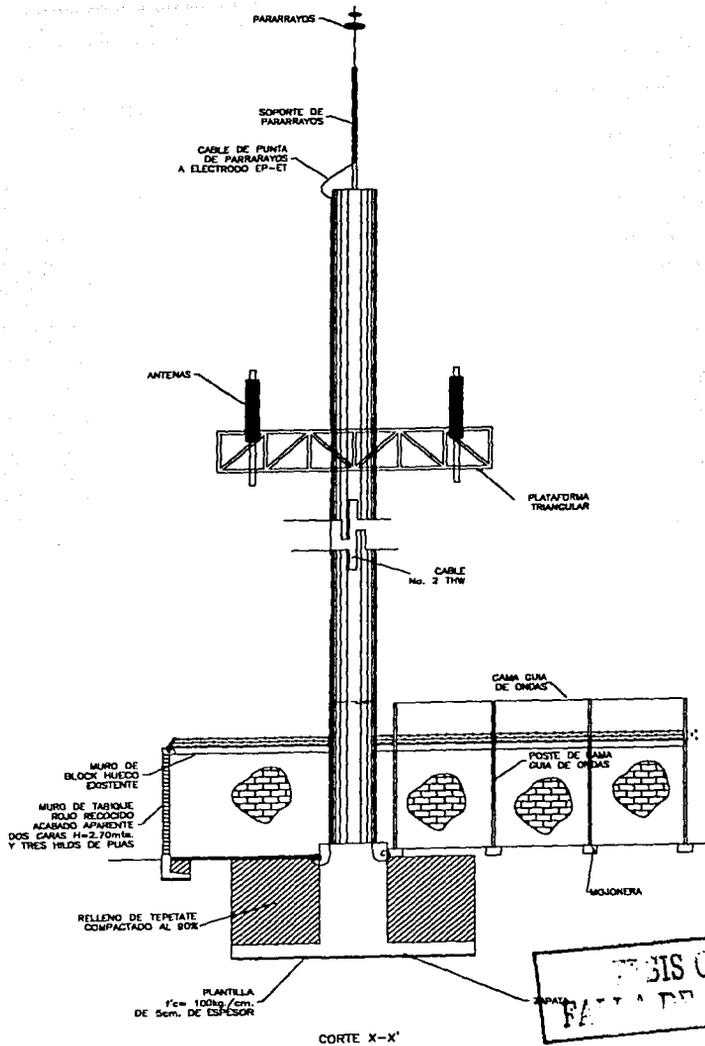


FIGURA 5. MONOPOLO

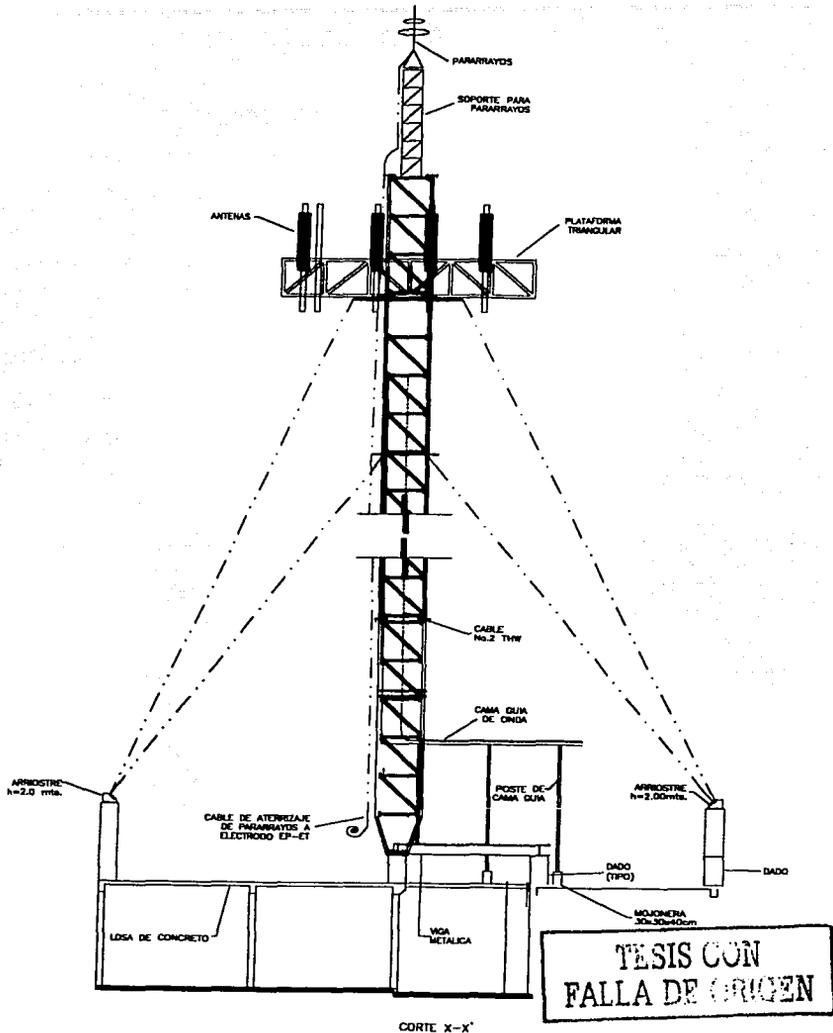


FIGURA 6. TORRE ARRIOSTADA

## 1.7.- IMÁGENES REFERENTES A UNA RADIOBASE

La fotografía muestra una antena autoportada de sección variable, se observan las antenas de telecomunicaciones



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La fotografía muestra una torre arriostrada con plataforma triangular.



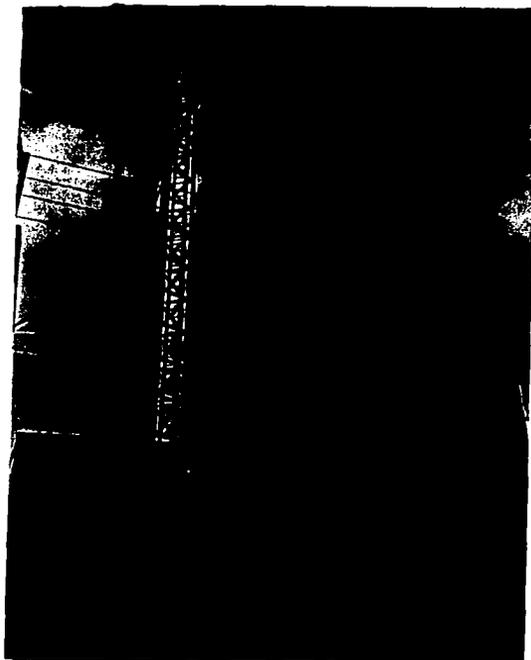
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La fotografía muestra una torre arriostrada con plataforma triangular, en donde se observa el pararrayos de corona y unas antenas instaladas.



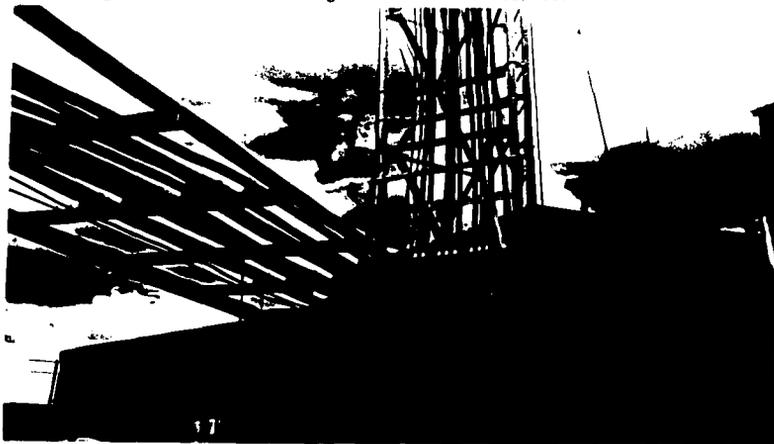
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La fotografía muestra todo el conjunto de una torre arriestrada, el contenedor y el sistema de aire acondicionado.

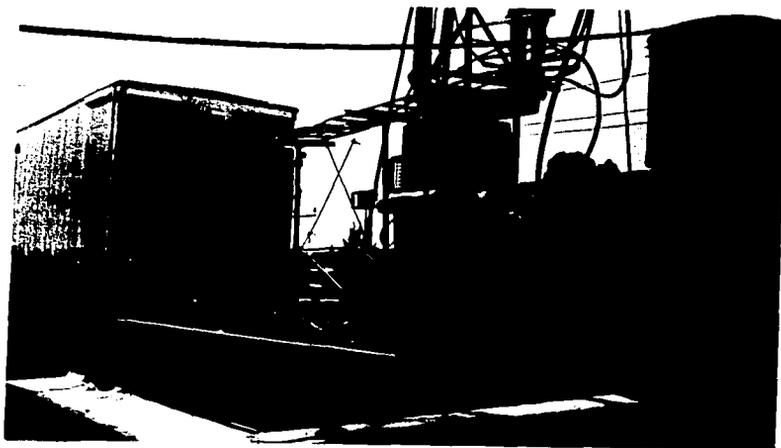


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la fotografía se muestra la cama gula de una torre arriostrada.

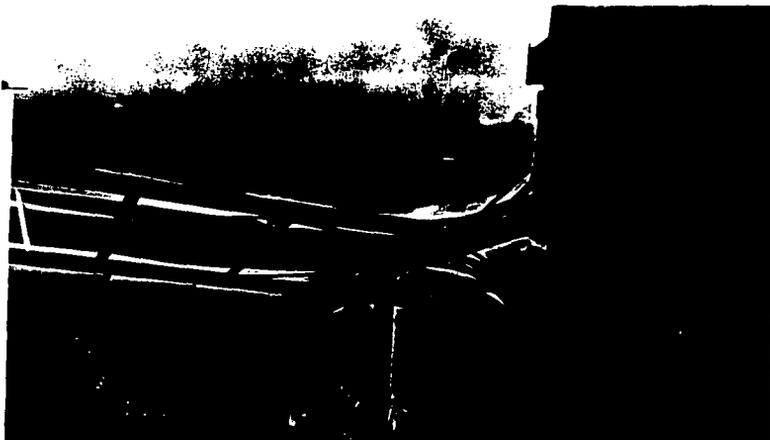


La fotografía muestra un contenedor localizado en la azotea de una casa. Se puede observar la cama gula y la base de la torre.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La fotografía muestra la entrada y salida de cables de energía eléctrica y fibra óptica (feeders) hacia el contenedor.



#### INTERIOR DE CONTENEDOR

En la siguiente fotografía se muestra el banco de baterías localizadas en la parte inferior del centro de carga



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la fotografía se muestra el banco de baterías, las rejillas del aire acondicionado así como el rack el cual contiene los módulos de comunicación



En la siguiente fotografía se muestra el arreglo de las luminarias en el interior del contenedor



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 2

### LA SALUD HUMANA Y LOS TELEFONOS CELULARES.

#### 2.1 GENERALIDADES

En la actualidad por el uso frecuente de los teléfonos celulares; algunas organizaciones de consumidores; preocupados por la salud humana se han preguntado si las frecuencias utilizadas en las señales de telefonía celular producen daños al organismo.

Por estas preocupaciones la OMS (Organización Mundial de la Salud), ha realizado algunos estudios de laboratorio sin obtener algún resultado hasta la fecha.

Los fabricantes de teléfonos celulares afirman que sus equipos cumplen con algunas normas americanas y europeas.

#### 2.2 BREVE RESEÑA DE INVESTIGACIONES REALIZADAS ENTORNO A LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN DE LOS TELEFONOS CELULARES.

En ocasiones no es fácil determinar si alguna tecnología es o no perjudicial para la salud; y solo se puede determinar su daño con el paso del tiempo o estudios en laboratorio que requieren un tiempo considerable.

En la actualidad el uso del teléfono celular ha provocado la preocupación de los mecanismos de defensa de los consumidores en todo el mundo.

En México la Procuraduría Federal del Consumidor en su revista del mes de febrero de 2002 , publicó un artículo dedicado a los efectos del uso del teléfono celular. El primer caso reportado de daños en la salud humana fue en 1993, cuando un usuario del teléfono celular desarrolló un tumor cerebral fatal a consecuencia supuestamente del uso frecuente del teléfono celular.

A consecuencia de este suceso la dirección de alimentos y fármacos de Estados Unidos alertó sobre la radiación que emite el teléfono celular y el daño causado al organismo.

A partir de este caso varios países se han dado a la tarea de tratar de establecer una relación precisa de causa y efecto entre el uso de teléfonos celulares y la aparición de cáncer.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En Australia un grupo de científicos expusieron a varios ratones con predisposición a padecer linfomas (cáncer que se inicia en los ganglios linfáticos) a una dosis diaria de 30 min. de radiaciones de teléfonos celulares durante 18 meses. El estudio concluyó que los ratones desarrollaron dos veces más cáncer que en los ratones que no fueron sometidos a radiación.

- Un estudio realizado por el departamento de oftalmología de la universidad de Essen Alemania se encontró que las personas con cáncer eran usuarios frecuentes de teléfonos celulares, lo que no sucedía en el caso de personas sanas.

Tomando en cuenta los estudios realizados en varios países; la OMS con sede en Ginebra Suiza en 1996 establece el proyecto internacional de campos electromagnéticos (CEM) para evaluar los riesgos que amenazan a los usuarios de aparatos que emiten radiaciones electromagnéticas.

El proyecto ha establecido un mecanismo formal para la revisión de los resultados de la investigación y evaluación de los riesgos de exposición a radio frecuencias.

También la agencia internacional de investigación del cáncer (IARC) perteneciente a la OMS, lleva a cabo un estudio epidemiológico a gran escala en más de 10 países; para identificar si existe relación entre el uso de teléfonos celulares y el cáncer de cabeza y cuello.

En Inglaterra se llevo a cabo una investigación sobre la posible existencia de leucemia y linfoma cerca de una antena emisora de alta potencia de radio FM y televisión situada en Sutton. Coldfield, Inglaterra.

Encontrándose que la incidencia de leucemia en adultos y cáncer de piel era mayor de lo esperado en un radio de 2 km de la antena, y la incidencia de estos cánceres disminuían, con la distancia. No se encontró ninguna asociación con los tumores cerebrales, cáncer de mama en las mujeres, linfomas o cualquier otro tipo de cáncer.

### **2.3 RADIACION ELECTROMAGNÉTICA.**

Es la emisión de las ondas electromagnéticas a través del aire y del espacio; dependiendo de la potencia de la señal es el área de cobertura, esta cobertura también depende del tipo de antena que se instale.



## 2.4 FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

La contaminación electromagnética es un subproducto del desarrollo tecnológico basado en la electricidad y las comunicaciones. Cuando hablamos de contaminación electromagnética, nos referimos a la contaminación producida por los campos eléctricos y electromagnéticos como consecuencia de la multiplicidad de aparatos eléctricos y electrónicos que nos rodean por todas partes tanto en nuestro hogar como en el trabajo.

Por la proliferación incontrolada de contaminación electromagnética a nuestro alrededor podemos mencionar entre las mas cercanas a nosotros las siguientes:

a) Tendidos de alta y mediana tensión incluyendo subestaciones y transformadores.

Estos son fuentes de campos electromagnéticos de alta intensidad cuyo alcance es variable y los efectos pueden ser perjudiciales para la salud.

b) Emisoras de radio y TV.

La contaminación en el nivel de radio frecuencia, Las antenas transmisoras de AM y FM emiten radiaciones de tipos no ionizantes.

Las antenas de FM se encuentran colocadas en los techos de edificios y en algunas casas hay varias en un mismo sitio.

c) Estaciones base de telefonía celular.

La contaminación es en el nivel de microondas desde 100 KHz – 300 GHz. Los campos electromagnéticos producidos son pequeños, pero cerca de las antenas emisoras, alcanzan niveles de densidad de potencia y campo eléctrico perjudiciales para la salud.

Como que estas radiaciones tienen un gran alcance y se encuentra en crecimiento, por tanto, afectan a un sector cada vez mas amplio de la población.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

d) Electrodomésticos e instalaciones eléctricas residenciales e industriales.

El creciente uso de electrodomésticos nos somete a un mayor riesgo de radiación en nuestras casas, en el caso de que los electrodomésticos no dispongan de las adecuadas medidas de seguridad (microondas, calefactores y vitrocerámicos) y las instalaciones eléctricas no posean una correcta toma de tierra.

Lo anterior es un hecho poco conocido que todas las antenas transmisoras emiten radiación, así como los satélites y los radares.

## **2.5 EFECTOS DE LA RADIACIÓN QUE EMITEN LOS TELEFONOS CELULARES EN EL ORGANISMO HUMANO.**

Algunos seres vivos emplean electricidad para llevar a cabo sus funciones vitales y se ha detectado que en algunas bacterias los campos magnéticos son muy importantes para su forma de vida, así como en el organismo humano emplea señales eléctricas para desarrollar sus funciones vitales.

En la medicina moderna, se ha encontrado que los nervios funcionan con corrientes eléctricas, así como el cerebro y el corazón, en consecuencia se ha desarrollado la electrofisiología, la cual se encarga de desarrollar instrumentos que detecta el funcionamiento de los diversos órganos que componen el organismo humano.

Diversos investigadores afirman que las ondas utilizadas por los teléfonos celulares son de la misma frecuencia que las ondas alfa que utiliza el cerebro humano, a pesar de ser de intensidad baja, el cerebro se encuentra sensibilizado a esta frecuencia.

Las neuronas como todas las células, están recubiertas de una membrana que las protege del exterior y las microondas provocan una dilatación de los poros de dicha membrana, la cual se hace permeable a determinadas sustancias que no deberían entrar en las mismas. Este proceso permite relacionar a las microondas, con tumores cerebrales, enfermedad de alzheimer y pérdidas de memoria.

Por ejemplo, la melatonina es una hormona producida por la glándula pineal, la cual es responsable de la regulación del sueño y la vigilia, una alteración en su producción conlleva a desarreglos del sueño, depresión, cansancio, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Algunos experimentos de laboratorio, han demostrado que las radiaciones de baja intensidad producen alteraciones en el ADN, el cual es el encargado de fabricar células especializadas y la alteración de estas provoca la fabricación de células no especializadas, es decir, cáncer. Por ello, Jerry Phillips plantea que durante una llamada de un teléfono celular aproximadamente un 40 % de la energía radiada es absorbida por la mano y la cabeza.

Permitiendo que las ondas de radio frecuencia penetren a profundidad en los tejidos expuestos a esta radiación, que dependen de la frecuencia utilizada por los teléfonos celulares. La energía que absorbe el cuerpo humano produce calentamiento; este es disipado en forma de calor por el proceso temoregulatorio del cuerpo humano.

Los diversos efectos que provocan estas radiaciones en el organismo humano depende de varios factores, tales como la cantidad de radiación a que se expone un organismo, a la predisposición genética del cáncer. Por esta situación se han realizado observaciones para determinar los efectos de estas radiaciones que se manifiestan a largo plazo. Considerando todos estos efectos reportados, las compañías mas importantes que elaboran teléfonos celulares; incluyen entre los datos técnicos de sus aparatos, la cantidad de radiación que emiten la cual es medida en SARS (Specific Absortion Rates o Rangos Especificos de Absorción) que se refiere a la energía en Watts por Kg. que un tejido corporal absorbe de un teléfono celular.

## **2.6 EFECTOS EN LA ZONA DE LOCALIZACIÓN DE UNA ANTENA FIJA DE TELEFONIA CELULAR.**

Para mejorar la calidad del servicio de telefonía celular, la colocación de antenas ha proliferado enormemente en los últimos años en las ciudades y en zonas Interurbanas.

Lo que ha llevado a las empresas prestadoras del servicio a desarrollar cada una, su propio sistema de antenas; y por la necesidad de contar con una antena a cierta distancia máxima del lugar donde se presta el servicio, la falta de espacios adecuados para colocar antenas por lo cual las empresas ofrecen una suma importante de dinero a las personas para que acepten una antena en su propiedad sin pensar en las consecuencias y sin consultar a sus vecinos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

En consecuencia los campos electromagnéticos generados por las antenas son sospechosos de originar graves enfermedades en las personas que habitan en sus proximidades. Entre los síntomas que se pueden observar están: Dolor en los senos de las mujeres, dolor de espalda y hombros, espasmos musculares, dolor de cabeza y otros mas.

## **2.7. ¿AFECTAN LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS EMITIDAS POR LOS CELULARES A ALGUNOS INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS?**

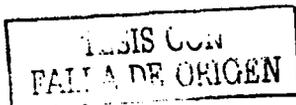
Podemos afirmar que si, ya que la banda de frecuencias comprendida entre 800 a 1900 MHz han sido utilizadas originalmente por los hornos de microondas y siendo este rango de frecuencias utilizadas por los teléfonos celulares por lo que es mejor para este fin, por sus características de propagación.

Entre los efectos indeseables de estas ondas electromagnéticas podemos mencionar: la desactivación de la bolsa de aire (airbag) en automóviles; alteración en equipos médicos, como marca pasos y audifonos; se recomienda no utilizar estos aparatos en aviones por que puede interferir con los sistemas de navegación, error en los equipos de despacho de combustibles, por que pueden producir una explosión.

## **2.8 CONSEJOS AL UTILIZAR UN TELEFONO CELULAR**

Estas recomendaciones fueron publicadas en la revista del consumidor de febrero de 2002.

- 1.- Razone y racione el uso de su teléfono, utilícelo solo para comunicarse en situaciones muy particulares y no en todo momento, sea breve en sus llamadas.
- 2.- Esté o no este usted en su automóvil, prefiera el uso del manos libres que le permite hablar sin tener el aparato cerca de los ojos o la cabeza.
- 3.- Si usted dispone de un teléfono celular o PCS, trate de usar los sistemas de manos libres, a modo de alejar las ondas de radio frecuencia de su cabeza, para disminuir los riesgos de radiación.
- 4.- Evite que los niños y jóvenes menores de 16 años utilicen estos aparatos, ya que su sistema nervioso está en desarrollo y es mas vulnerable. También el menor tamaño de sus



cabezas y la alta conductividad de sus tejidos incrementa la absorción proporcional de radiación electromagnética.

5.- Los científicos están de acuerdo en que el uso de teléfonos celulares puede ser potencialmente dañino en los niños por la inmadurez del cerebro infantil, que lo vuelve susceptible de absorber, mayor cantidad de radiación que la tolerada por un adulto. Los niños deben evitar al máximo utilizar estos aparatos y limitarse a los teléfonos convencionales.

6.- Evite mantener cerca de su cabeza el teléfono durante los periodos de inicio de la llamada. Cuando el equipo esta entrando en la red y llamando , cuando el teléfono de destino aun no responde.

7.- Siempre utilice para hablar la antena en modo desplegado cuando la antena esta completamente guardada el teléfono entero funciona como antena incrementando el nivel de radiación que emite, la cual es esparcida por la cabeza, la mandíbula y la mano.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 3

### DESCARGAS ATMOSFERICAS

#### 3.1 GENERALIDADES

Desde los inicios de la humanidad, los truenos y los rayos eran fenómenos inexplicables e impresionantes. Algunas civilizaciones poseían dioses con las virtudes de los truenos y los rayos, por ejemplo con los griegos.

En el siglo XVIII Benjamín Franklin con su experimento del cometa o papalote demostró, que los rayos eran una chispa que provenían del cielo hacia la tierra, con esto comenzó a experimentar con los primeros pararrayos.

El rayo es el fenómeno más natural que conocemos siempre que hay una tormenta; este rayo no siempre sigue una línea recta hacia la tierra siempre lo hace a través de ramificaciones.

La primera descarga, llamada "rayo líder", sigue un trayecto curvo y zigzagueante hacia la Tierra. Cuando llega a la superficie, completa el camino conductor a través del cual la corriente eléctrica circula.

La intensidad del rayo puede fluctuar entre los 1000 y los 500,000 amperes con una duración entre 5 y 500 microsegundos. Esta energía es suficiente para convertir las rocas en vidrio, incendiar árboles y producir la muerte ya sea por contacto directo o por proyección de objetos. La madera verde de un árbol explota debido a la vaporización instantánea del agua que contiene al sufrir el impacto del rayo.

#### 3.2 DEFINICIÓN

Un rayo es una gigantesca chispa o descarga eléctrica proveniente de la electricidad estática acumulada en las nubes, que se produce en la atmósfera entre nubes de lluvia, o entre una de esas nubes y la tierra. Complicados procesos provocan la separación de las cargas eléctricas dentro de las nubes de tormenta. En general, las cargas eléctricas (los electrones) se acumulan en la parte inferior mientras que- y correlativamente- las cargas positivas (los protones) se encuentran en la parte superior, aunque no se conoce por completo el modo en que se cargan de electricidad. El aire del interior de las nubes tiene características aislantes,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

con lo cual retiene las cargas eléctricas. Cuando la carga acumulada llega a sobrepasar la capacidad aislante del aire, salta la chispa bajo la forma de arco voltaico gigantesco, es decir lo que conocemos como rayo.

Esta descarga puede desplazarse hasta 13 kilómetros, provocar una temperatura de unos 68,000 °C, un potencial eléctrico de más de 100 millones de Volts. La velocidad de un rayo puede llegar a los 140,000 km/s.

Cuando presenciamos una tormenta, se distinguen cuatro elementos, además de la lluvia. Estos elementos son: los rayos, los truenos, la centella y los relámpagos.

#### a) EL RELÁMPAGO O RAYO

Es la chispa producida cuando las cargas emigran desde la nube a tierra, o de nube a nube.

#### b) LA CENTELLA

Una centella es una rama secundaria que parte del rayo principal, una descarga menos potente que se ramifica del rayo protagonista. Su carga eléctrica es mucho menor.

#### c) EL TRUENO

Además de la luz, el aire propaga un sonido característico: El trueno. Es el ruido u onda sonora que produce la descarga eléctrica (rayo, relámpago).

### 3.3 EFECTOS DEL RAYO

Los rayos tienen los siguientes efectos:

a) Efectos térmicos: Están relacionados con la intensidad de la corriente de descarga. (Efecto Joule). El calor desprendido puede fundir los materiales metálicos que forman la estructura de un edificio y evaporar el agua rápidamente de un árbol o cualquier ser vivo haciéndolo hervir produciendo el efecto de un estallido.

b) Efectos acústicos: Las fuerzas electrodinámicas crean una dilatación del aire en el canal del rayo y una elevación de la presión lo que provoca una onda de choque.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

c) Efectos luminosos: Pueden sobrevenir lesiones oculares y ceguera temporal de las personas que se encuentren muy cerca del rayo.

d) Efectos eléctricos: Sobretensiones por conducción: Cuando el rayo cae en la red eléctrica, la descarga se propaga como una onda a lo largo del conductor. Se trata de una corriente de muy alta tensión que viaja a través de la línea eléctrica y casi siempre provoca el disparo de los fusibles y otros sistemas de protección de la red.

e) Inducción magnética: El impacto del rayo va acompañado de una radiación electromagnética que si alcanza un conductor cercano produce tensiones inducidas muy elevadas.

### 3.4 MÉTODOS DE PROTECCIÓN

Para la protección de los equipos y para la misma red de distribución se emplean los siguientes equipos que se describen a continuación:

a) Apartarrayos o supresores de tensiones transitorias (picos de voltaje)

Cuando las descargas atmosféricas inciden directamente en los circuitos aéreos de alimentación de energía eléctrica, bien sean conductores de fase, hilos de guarda o postes, se producen tensiones transitorias excesivas en el sistema. Aunado a esto, las descargas que inciden cerca de un poste también pueden inducir tensiones excesivas en la línea y causar trastornos en el servicio.

Para limitar estos valores tan elevados de tensión hasta valores que puedan considerarse como seguros, se utilizan apartarrayos o supresores de tensiones, que proporcionan un camino a tierra para la disipación de la energía de la onda. Para que esta protección sea satisfactoria los dispositivos de protección deben cumplir con las siguientes funciones:

1.- No deben permitir el paso de la corriente a tierra cuando los valores son nominales.

2.- Cuando la tensión se eleva a un determinado valor por encima del nominal, deben procurar una derivación a tierra para la disipación de la energía del impulso, sin que la tensión continúe elevándose.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3.- Tan pronto como la tensión sea inferior al valor para el cual el dispositivo esta calculado, debe detenerse el paso de la corriente a tierra, de manera que por si mismo aislé de tierra al conductor.

4.- No debe ocasionarse ningún desperfecto a causa de la carga y debe ser automáticamente capaz de cumplir otra vez su servicio tan frecuentemente como sea necesario.

Todos los circuitos de comunicación que entran a un edificio deben estar provistos de una protección contra tensiones anormales respecto a tierra, no solo causada por un rayo sino también por contacto accidental entre circuitos de comunicación y los circuitos de potencia.

Los equipos de comunicación deben de protegerse contra sobretensiones de la siguiente forma:

Cada conductor que provenga de una antena exterior debe proveerse de un apartarrayos adecuado excepto donde los conductores de entrada vayan en el interior de un tubo metálico, en cuyo caso basta instalar un apartarrayos para proteger al tubo metálico o incluso prescindirse del apartarrayos si el tubo esta permanentemente y rigidamente conectado a tierra. El apartarrayos debe estar colocado en el exterior o el interior del edificio entre el punto de entrada del conductor y el aparato de comunicación o transformador. El apartarrayos no debe instalarse cerca de materiales combustibles o en sitios peligrosos.

Si los relámpagos provocan raramente daños a las instalaciones eléctricas en las grandes ciudades, son bastantes frecuentes en las áreas rurales. Mientras mas aislado este el lugar, mayores probabilidades existe de daño. Sucede con frecuencia en granjas, y menos en las áreas periféricas de las ciudades y en las pequeñas ciudades.

Los rayos no forzosamente caen en forma directa sobre los alambres; un rayo que cae cerca de los alambres puede inducir tensiones muy elevadas en los conductores, lo que daña al equipo eléctrico y a la instalación eléctrica. A veces el daño no es inmediatamente visible, pero aparece mas tarde bajo la forma de fallas misteriosas.

La puesta a tierra reduce mucho la probabilidad de daño, el apartarrayos también llamado protector contra ondas disruptivas secundarias, cuando se instala correctamente reduce la probabilidad de daño a un nivel bajo. El equipo electrónico no está completamente protegido, pero la energía que llagará a el será muy reducida.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## b) Pararrayos

Se puede definir el pararrayos como aquel sistema de protección de los edificios y de los bienes materiales y las personas que se encuentren dentro del mismo.

El inventor del primer pararrayos fue Benjamín Franklin. Su invento consistió en una varilla de unos dos metros de largo colocada en la parte alta de los edificios y unida eléctricamente a tierra por medio de un cable conductor. En caso de producirse la descarga, la chispa es conducida sin peligro a tierra. En la actualidad, aún se sigue utilizando el invento aunque ha sido bastante mejorado desde entonces.

Los principales tipos de pararrayos son los de punta, dentro de ellos tenemos algunas variantes que son:

a) Tipo Franklin. Este tipo de pararrayos consiste en la teoría que las descargas se dirigen a la parte más alta de cualquier edificio o estructura. El sistema está formado por una varilla de unos 6 metros de acero galvanizado de 50 mm. de diámetro cuya punta está recubierta de wolframio (p.f. 3,650 °C) con el fin de soportar las altas temperaturas que produce el rayo al caer. La zona de cobertura es un cono.

b) Tipo radioactivo. Contiene una caja con una pequeña cantidad de isótopo radioactivo cuya finalidad es ionizar el aire de forma suplementaria. Los iones que se producen favorecen el canal que ha de seguir el rayo lo que hace que su campo de protección sea el de una semiesfera de unos 600 m. de radio que cae hasta el suelo en forma de cilindro. Algunos países prohíben el uso de este tipo de pararrayos debido a la radiación que emiten.

c) Tipo piezoeléctrico. Su funcionamiento está basado en el fenómeno que presenta el cuarzo que al ser presionado produce una descarga eléctrica entre dos electrodos. En este caso, la fuerza la produce el viento al actuar sobre el vástago del pararrayos, por lo que funciona mejor en caso de temporal

d) Tipo ión-corona solar. Incorpora un dispositivo productor de iones de forma permanente. Es más eficaz que el radioactivo y no es peligroso. Dispone de dos electrodos entre los que se producen emanaciones eléctricas y una pequeña luminosidad (efecto corona). El dispositivo

necesita energía eléctrica para el ionizador y que se consigue generalmente con un panel solar .

### **3.5 NORMA NFPA 780, STANDARD FOR THE INSTALLATION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEM 1995 EDITION (NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS).**

La norma en su totalidad indica los lineamientos para la protección contra rayos, que van desde la protección en árboles hasta la protección en estructuras especializadas (tales como hangares, casas con áticos, estructuras, naves industriales, etc.).

En nuestro caso se tomó un apartado de la norma para las estructuras de las torres.

A continuación se cita acerca de la protección para estructuras de acero:

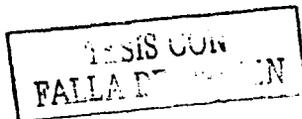
**General.-** El armazón de una estructura de acero debe de permitir que sea utilizada como el conductor principal de un sistema de protección contra rayos si es eléctricamente continúa.

**Pararrayos.** Los pararrayos deben conectarse a la estructura de metal por medio de una conexión directa, con conductores individuales dirigidos desde el extremo superior de la estructura y a través de las paredes de la estructura de acero, o por un conductor que es conectado a la estructura de acero. Donde los conductores externos deben de ser conectados a la estructura de acero a intervalos que no excedan 100ft (30m).

**Conexiones a la estructura.** Los conductores deben conectarse a las áreas de acero del armazón, limpiando la base de metal si se hace uso de herrajes, estos deben de tener una superficie de contacto no menor de 8 in<sup>2</sup> (5200 mm<sup>2</sup>) o por medio de una soldadura. Taladrando en la base y haciendo derivaciones.

**Terminales de tierra.** Deben conectarse en cada una de las columnas o bases alrededor de la estructura a intervalos en promedio no más de 60 ft (18 m). Las conexiones deben estar cerca de la base de la columna.

**Antenas de metal, torres y soportes.** Estos deben protegerse conectándolos a los sistemas de protección contra rayos usando los conductores principales, uniéndolos y ajustando a menos que ellos estén en una zona de protección.



Como los fabricantes de pararrayos exaltan las cualidades de sus productos y nos pueden dar más contratiempos que beneficios, tal es el caso de los pararrayos radioactivos es conveniente ajustarse a la normatividad existente, en este caso a la NFPA-780.

ANÁLISIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 4

### SISTEMA ELÉCTRICO EN UNA RADIOBASE

#### 4.1 GENERALIDADES

Desde el descubrimiento de la electricidad, la humanidad se ha transformado, progresando cada vez más. Por lo anterior los sistemas eléctricos se han vuelto más eficientes y a su vez se ha desarrollado una gran tecnología para su uso y su cuidado.

##### 4.1.1 SISTEMAS DE CORRIENTE CONTINUA

La corriente continúa tiene un potencial constante, ésta no varía con respecto al tiempo. Este tipo de corriente es la más utilizada para sistemas de transporte eléctrico, además de algunas aplicaciones industriales.

##### 4.1.2 SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna varía con respecto al tiempo. En un principio este tipo de corriente fue monofásica posteriormente se desarrollo el sistema de corriente trifásica. En la corriente alterna cada una de las fases esta defasada  $120^\circ$ , pero tienen la misma magnitud.

##### 4.1.3 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Para la distribución de la energía eléctrica se pueden clasificar en tres topologías de arreglos: radial, anillo y red.

Cada una de las anteriores topologías presentan ventajas y desventajas, aunque la más usada por tener el menor número de interrupciones es la de red, debido a que tiene mayor número de interconexiones entre la misma red.

El sistema radial tiene una sola alimentación por lo cual cualquier corte en la línea de distribución provoca la desconexión de las cargas subsecuentes.

El sistema de anillo posee una doble alimentación y puede interrumpirse una de ellas sin causar una interrupción del suministro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 4.2 OBJETIVO DE UNA INSTALACIÓN

El objetivo primordial de una instalación eléctrica es la de suministrar energía a los equipos y herramientas que la necesiten, pero se necesita que la energía sea distribuida de una forma segura y eficiente. La seguridad se logra al hacer que la energía eléctrica sea una fuerza de trabajo y no un riesgo. La eficiencia se logra al hacer que la energía no tenga pérdidas y no haya interrupciones en su distribución.

En una instalación eléctrica se deben conseguir que sea económica; debe ser flexible capaz de sufrir modificaciones sin alterar para nada la instalación; debe de ser accesible para permitir el acceso hacia cualquier parte para hacer mantenimiento.

## 4.3 CALIDAD EN EL SERVICIO

La energía eléctrica debe tener la calidad que permita una continuidad del servicio, una buena regulación de tensión, la frecuencia debe ser la adecuada, debe ser de preferencia nulo el contenido de armónicas y sin desbalance entre fases.

La continuidad del servicio es fundamental, en ocasiones una falla en el suministro provoca paros indeseados y pérdidas económicas considerables.

### 4.3.1 REGULACIÓN DE TENSIÓN Y FRECUENCIA

Cuando se produce una disminución en la tensión los aparatos pueden no funcionar o funcionar a una menor capacidad para la cual fueron diseñados. Se pueden tener previsiones para evitar estos daños, tales como bancos de baterías, plantas de emergencia, etc. En algunos casos la compañía que da el servicio de energía puede implementar en sus transformadores un sistema de regulación automática de tensión, ya sea con transformadores provistos de cambiadores automáticos de derivaciones.

La frecuencia representa otra parte importante de la energía eléctrica, si no existe una buena regulación de la frecuencia los equipos pueden no funcionar, con una eficiencia deficiente o en ocasiones hasta arruinarse. En México la frecuencia que se utiliza desde 1976 es la de 60 Hz.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 4.3.2 CONTENIDO DE ARMÓNICAS

Las plantas generadoras deben de producir ondas de tensión cercanas a una senoide, para conseguirlo las máquinas se deben hacer con un diseño cuidadoso.

A pesar de la dificultad para generar estas ondas senoidales, estas se utilizan ya que tienen la propiedad de conservar su forma a todo lo largo de la red. La ventaja más importante de las ondas senoidales es que son funciones cuya integral o derivada es otra senoide desfasada en el tiempo.

Las ondas de tensión que se reciben son imperfectas, esto se debe a que en su generación tienen pequeños defectos o que en la distribución las líneas de transmisión no respondan de una manera lineal, otro ejemplo es: si el valor de la inducción magnética en el núcleo de un transformador está cerca de la saturación, la corriente de magnetización puede propiciar la aparición de armónicas. Entre mayor sea el contenido de armónicas en una onda, mayor será su desviación de la forma senoidal.

A pesar de lo anterior, el contenido de armónicas producido por los elementos de un sistema de potencia tradicional todavía no sea muy grande, y el problema no es tan importante. Sin embargo a medida que crezca el número de equipos con dispositivos de electrónica de potencia, aumentará el contenido de armónicas en la red y será necesario instalar filtros que las eliminen.

### 4.3.3 DESBALANCE DE TENSIÓN

La corriente alterna como se dijo anteriormente en un principio era monofásica en la actualidad es trifásica por las ventajas económicas que trae, cada una de las fases tiene la misma tensión pero con un defasamiento de  $120^\circ$  en el tiempo, con esto se consigue un sistema equilibrado.

Las cargas trifásicas producen corrientes de la misma magnitud en las tres fases. Este no es el caso de las cargas monofásicas que pueden producir desequilibrios entre las corrientes que circulan por las líneas. Este desequilibrio en las cargas puede provocar que las tensiones ya no sean iguales en magnitud y los ángulos entre ellos cambien, a este fenómeno se le conoce como desbalance de tensión.

19810001  
FALLA DE ORIGEN

Algunos autores recomiendan que este desbalance no sea mayor al 5 % ya que en la práctica, se ha observado que un desbalance mayor causa serios problemas en los conductores de alimentación, pero cabe aclarar que algunos sistemas no se podrán balancear a pesar de todas las combinaciones posibles que se hagan entre fases.

#### 4.4 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Algunos por no decir que los esenciales elementos que constituyen una instalación eléctrica se describen a continuación.

##### a) Acometida

La acometida es el punto donde se hace la conexión de la red eléctrica proveniente de la compañía suministradora a la instalación eléctrica, esta instalación eléctrica puede ser residencial o industrial.

##### b) Equipo de medición

El equipo de medición es el que cuantifica cuanta energía eléctrica se consume, este se coloca entre la acometida y la instalación eléctrica del local.

##### c) Interruptores

Los interruptores son dispositivos que se diseñan para abrir o cerrar un circuito eléctrico. Se puede utilizar como un medio de desconexión o conexión, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o corto circuitos. Entre ellos existen:

- Interruptor general o principal

Se le denomina así porque va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación; y que se utiliza como medio de desconexión y protección de la instalación eléctrica del usuario.

Según del tipo de instalación, el interruptor puede ser alguno de los siguientes: caja con cuchillas y fusibles, interruptor termomagnético, cortacircuitos o interruptor de potencia (en aire o al vacío, en algún gas o en aceite).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Interruptor derivado.

Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

- Interruptor termomagnético.

Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para conectar y desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termomagnético. Su diseño le permite soportar un gran número de conexión y desconexión, lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito, para la protección contra la sobrecarga se vale de un elemento bimetalico.

d) Transformador

Es el equipo que se utiliza para cambiar la tensión de suministro a la tensión requerida. En instalaciones grandes (o complejas) puede necesitarse varios niveles de tensiones lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones).

e) Tableros

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores, y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorios) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

f) Salidas para alumbrado y contactos.

Estas son la última parte de la instalación eléctrica, ya que en los contactos es donde se alimenta los equipos y todas las maquinas que necesitan energía eléctrica para trabajar, además también los equipos de alumbrado son la última parte de la instalación eléctrica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGINAL

g) Sistema de emergencia.

Es el sistema que debe suministrar energía eléctrica a áreas críticas o a los equipos necesarios en una instalación; en el caso de falla del suministro normal de energía eléctrica o de los elementos del sistema

Los sistemas de emergencia deben alimentar a equipos tales como ventiladores, sistemas de comunicación, sistema de alarmas, de señalización entre otros.

Entre los sistemas de emergencia se tienen:

- Plantas de emergencia.

Estas son utilizadas cuando es necesaria siempre la presencia de energía eléctrica. Normalmente en todos aquellos lugares de uso público, se requiere de una fuente de energía eléctrica que funcione mientras que la red suministradora tenga caídas de tensión importantes, fallas en alguna fase o interrupciones del servicio.

Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplado a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función de las cargas que deben operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones independientes) artículo 700-9 NOM-001-SEDE-1999 (ver apéndice 2).

En nuestro caso la planta de emergencia (de tipo motor-generador) no es muy utilizada, ya que el espacio que se ocupa para instalar la radiobase es pequeña, y si se instalara en una azotea producirá ruido y vibraciones que pueden dañar la estructura de edificios o casas, que es en donde se instalan, cuando se instalan en patios no se produce lo anterior pero si ruido.

La compañía suministradora de energía eléctrica celebra un contrato con la compañía de telefonía celular, en el cuál se especifica el tiempo que pueda durar una falla ó interrupción del servicio y su reestablecimiento. Si la falla durara más tiempo que lo establecido entonces la compañía de telefonía celular se encargara de llevar un generador portátil.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Generador eólico (viento)

Los generadores de este tipo consisten básicamente en hélices gigantes de 2 o 3 aspas llamadas rotores, montadas en lo alto de torres de acero o concreto. Los rotores hacen girar un eje que acciona un generador eléctrico, el tamaño de las aspas y la altura de la torre determina la cantidad de energía que pueda generarse.

Los generadores de viento no necesitan rachas violentas para poder funcionar, en su mayoría están diseñadas para operar con vientos de 21 a 97 Km/h; para velocidades mayores se apagan automáticamente para así evitar que lleguen a volar en pedazos.

Estos generadores producen la misma energía continuamente, estos son diseñados para producir una cantidad estable de energía más que para aprovechar las ráfagas ocasionales.

Estas máquinas deben orientarse correctamente con las aspas de frente al viento o en sentido opuesto, las hélices se montan en una plataforma giratoria controlada por un motor eléctrico conectado a sensores que determinan la orientación del viento.

Las condiciones de viento en ciertos lugares no son constantes, por lo que no se instala este sistema de emergencia en forma regular. Este sistema se puede emplear para cargar baterías que suministren energía eléctrica.

- Generador a través de energía solar (fotovoltaicos).

Las celdas solares se utilizan para abastecerse de electricidad, su funcionamiento se basa en el descubrimiento hecho por físico alemán Henry Hertz en 1887. Ciertas sustancias generan electricidad al recibir luz (efectos fotovoltaicos).

Las celdas están compuestas por una fina capa de silicio contigua a otra capa aún más delgada de silicio impregnado de boro que altera el comportamiento eléctrico del primero. La luz que incide en las capas externas hace que los electrones emigren al recubrimiento de silicio creando una diferencia de potencial entre ambas capas. Es preciso interconectar series de celdas para que la suma de sus potenciales sea aprovechable.

ANÁLISIS COMPLETO  
FALLA DE ORIGEN

A pesar de que el silicio es barato (los componente básico son la arena y la roca), su conversión en los cristales requeridos para las celdas solares es costosa y por lo general se requiere muchas de ellas.

Este sistema debe de cumplir con lo especificado con el artículo 690 NOM-001-SEDE-1999.

Cabe resaltar que las condiciones de iluminación solar no son constantes (gran parte del tiempo puede haber sol o no lo puede haber, debido a fenómenos meteorológicos), y debido que en la noche y días nublados no se capta energía solar no se puede emplear como una fuente de emergencia. Este sistema se puede emplear para cargar baterías que suministren energía eléctrica salvo los inconvenientes que se describieron anteriormente.

La solución más adecuada y que se apeg a nuestras necesidades es el sistema de emergencia a través de UPS (Uninterruptible Power System por sus siglas en ingles o Sistema de Energía Ininterrumpible) y un banco de baterías. Por esta razón se describe más ampliamente a continuación.

- UPS (Uninterruptible Power System por sus siglas en ingles o Sistema de Energía Ininterrumpible).

Es un dispositivo que permite mantener el suministro de electricidad durante un tiempo, luego de un corte de energía, para que el equipo continúe funcionando normalmente. La funcionalidad más relevante del UPS es actuar ante los cortes de energía, pero también la mayoría, brinda protección ante las bajas tensiones y sobre tensiones. Los UPS tienen una batería que puede proveer de alimentación a los equipos durante cierto lapso de tiempo, éste varía según la potencia de las baterías; las más comunes brindan un tiempo de autonomía de 15 minutos, suficiente para que las aplicaciones y el sistema operativo puedan cerrarse, ya sea en forma automática, por medio de un software provisto por el mismo UPS, o en forma manual. Actualmente la mayoría de los UPS existentes en el mercado permiten la incorporación de módulos de baterías que logran extender el tiempo de autonomía. Todos los UPS tienen los siguientes componentes en común:

Entrada, filtro, inversor, baterías, cargador, conmutador, salida, comunicación, controles, estabilizador, transformador, Un rectificador que transforma la corriente alterna AC de línea (220 o 120 volts) en continua DC generalmente (12 Volts) para mantener la carga de la batería. Un inversor DC / AC que hace justamente el proceso inverso: transforma la corriente

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

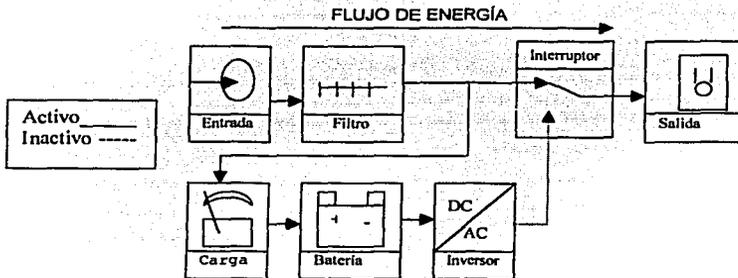
continua DC en otra alterna AC estabilizada (constante) que sirve como alimentación del equipo a proteger, entre otros.

## TIPOS DE UPS.

Existen dos categorías principales llamadas ON-Line y OFF-Line. Ambos diseños proveen de una energía de reserva desde un grupo de baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y extensión de otros beneficios que ellas pueden otorgar.

- 1.- Off-Line (línea fuera): La corriente de la carga es suministrada directamente por la línea en operación normal.
- 2.- ON-Line (línea dentro): El 100 % de la corriente suministrada a la carga en operación normal es entregada por el inversor del UPS.

### UPS OFF-Line



UPS Off-Line / Funcionamiento en modo normal o en espera (stand by)

En la figura se explica un UPS del tipo Stand-by (Off-Line) (en espera con línea fuera) el flujo de la potencia, desde la entrada, a través del filtro y el relevador de transferencia, a la salida en operación normal. Esto no difiere en mucho si se conecta la carga directamente a la línea, ya que solo se protege la carga contra los picos transitorios y ruidos en la línea que con el filtro se atenúa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuando el UPS cambia al modo de reserva, la potencia fluye desde el inversor, siendo la batería la que provee la energía. Cuando se produce una falla en la línea, se transfiere la carga desde la línea de alimentación al inversor. Esta transferencia se hace de 5 a 10 milisegundos, (equivalentes de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  ciclo). Las ventajas que ofrece este tipo de UPS son: su bajo costo, una eficiencia de entre 95 y 98 % y los transitorios eléctricos que produce son aceptados por la mayoría de las cargas eléctricas.

Una importante mejora a este tipo de UPS, fue agregar un regulador de tensión de entrada (estabilizador), constituido por un transformador con derivaciones seleccionables. El estabilizador de tensión, a la entrada del sistema permite operar el sistema en "Modo Normal" aun cuando se producen caídas o sobre tensiones en la línea, sin que sea necesario conmutar al modo Batería. Aquí el inversor arranca, el relevador de conmutación se activa y la energía se provee por la batería.

Este tipo de UPS es el más simple y económico. Se recomienda para instalaciones no críticas.

Otras dos topologías del UPS tipo Off-Line son las del tipo Ferroresonante y Triport (tres puertos).

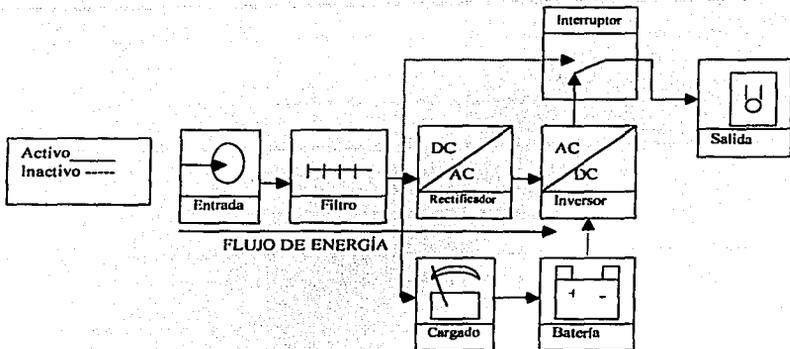
El UPS del tipo Ferroresonante utiliza un transformador especial a la salida. Este transformador con tres bobinados regula la tensión de salida, y puede ser visto como un estabilizador de tensión.

El UPS del tipo Triport. El nombre se debe a que realmente, el inversor, la línea y la carga configuran los tres puertos.

#### UPS ON-Line

En un UPS ON-Line, el flujo normal de la energía es desde la entrada a través del filtro, del rectificador, inversor, conmutador y salida. El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere. Cuando la entrada de potencia desde la línea falla, el inversor entrega energía desde las baterías. Ver figura.

ANÁLISIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### UPS On-Line / Funcionamiento en modo lineal normal

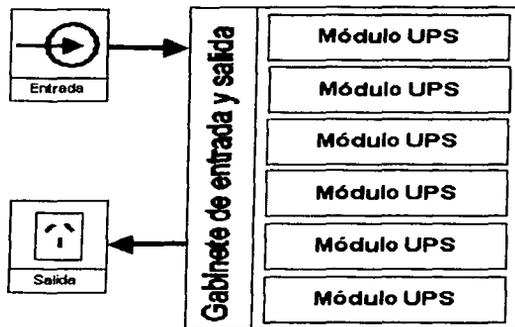
El UPS tiene un inversor que entrega una tensión de salida con una forma senoidal, y ella no cambia cuando conmuta desde el modo normal a modo batería. Este UPS tiene un tercer modo de operación, el modo Bypass, que puede ser utilizado en los casos de tareas de mantenimiento, o si el UPS falla, o para conmutar la carga a la línea si la tensión de salida cae por una sobrecarga, tal como si se enciende un equipo con una alta corriente de arranque.

Este tipo de UPS ofrece grandes ventajas respecto del anterior, ya que provee energía regulada y acondicionada a la carga crítica en todo momento no existiendo variaciones de voltaje ni de frecuencia.

### LOS UPS REDUNDANTES

Este tipo de UPS fue utilizado hace tiempo solo para grandes instalaciones. La figura es un diagrama que muestra múltiples UPS modulares, y un gabinete para las conexiones de entrada y salida. Cada modulo es en realidad un UPS completo, y por lo menos un modulo se encuentra en reserva. Si un modulo falla es excluido del sistema y el UPS continua operando normalmente, algunas de sus ventajas son: la posibilidad de ampliación (por crecimiento de los sistemas a proteger), la facilidad de cambio del modulo con fallas (tiempos mínimos de reparación sin perder la protección del UPS) y su muy alta confiabilidad.

EL SIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## UPS Modular y Redundante

### PROGRAMA (SOFTWARE) DE ADMINISTRACIÓN

Los UPS más modernos incluyen un software de administración que permite cerrar en forma ordenada y automática, las aplicaciones y el sistema operativo del servidor luego de que las baterías operan durante cierto tiempo. Este software permite monitorear las acciones que va realizando a partir de la detección de la falla. Generalmente además del software mencionado, se incluyen otras aplicaciones que permiten al administrador de la red obtener reportes del funcionamiento del UPS a lo largo del tiempo. Estas aplicaciones permiten registrar eventos tales como el estado de las baterías, tensión de la línea eléctrica, diferentes tipos de fallas acontecidas y además realizan diagnósticos de mantenimiento para prevención ante desgastes del UPS. El software mencionado puede correr en una estación de trabajo de la red que se encuentre conectada al UPS por medio de un puerto serial. Existe la posibilidad de conectar el UPS directamente a la red y monitorear el estado de los sistemas a través del software en forma independiente del funcionamiento del servidor. En éste ámbito se incorpora la novedad del manejo de la información mencionada vía interfaces usuales de la Web, por medio de navegadores a través de intranets o Internet.

### ELECCIÓN DE UN UPS.

Los UPS generalmente se especifican en Voltamperes (VA) de forma tal que para determinar qué equipos pueden conectarse al mismo, deberá calcularse el consumo de éstos, en VA. Hay

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

que tener en cuenta que es conveniente que el UPS no opere al máximo de su capacidad para evitar temperaturas elevadas y el consecuente desgaste del mismo. También es importante contemplar que muchas veces el consumo máximo de los equipos puede superar lo estimado y por esta razón es recomendable contar con un margen adecuado para estas posibles variaciones y futuras expansiones. En cuanto a las características de los equipos a proteger se debe mencionar que los dispositivos de tipo mecánico como impresoras y scanners, pueden llegar a consumir el doble del promedio, debido al efecto reactivo del motor. Además, aparte del consumo, (que puede llegar a preverse) los motores de estos dispositivos constituyen cargas muy inductivas para el UPS, igual que los aparatos de aire acondicionado, ventiladores, aspiradoras, etc. Por esta razón no se recomienda que el mismo UPS se utilice para la protección de dispositivos mecánicos y servidores o componentes críticos en el funcionamiento de los sistemas. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se sugiere dejar un 30% de margen, de forma tal que por ejemplo, si la suma del consumo de los equipos indica 1200 VA, se deberán agregar 400 VA de consumo preventivo.

#### - Baterías.

Se denomina batería a un conjunto de celdas conectadas en serie . la tensión nominal de la batería viene dada por la suma de las tensiones de cada una de las celdas.

La tensión de una batería se fija en función de la capacidad de la instalación lo que a su vez repercute, según las cargas, en la sección de los conductores.

Las baterías según el tipo del electrolito pueden ser ácidas o alcalinas.

#### a) Batería de tipo ácido.

Cada celda esta formada por las siguientes partes:

**Recipiente:** Es un envase que puede ser de poli estireno transparente, o de vidrio que permite la inspección visual de los elementos interiores. Dentro de este se localizan las placas activas, el electrolito y los separadores.

**Placas:** Las placas son de dos tipos positivas y negativas.

ESTRUC  
FALLA DE ORIGEN

Las placas positivas están formadas por dióxido de plomo ( $PbO_2$ ) y pueden estar fabricadas en dos formas:

Placa plana empastada de una masa de dióxido de plomo se utiliza en la industria automotriz por ser barata pero de menor duración ya que con el uso y vibración se va degradando la pasta.

Placa multitubular, formada por una hilera de tubos fabricados con malla de fibra de vidrio trenzada, al unir todos los tubos en su parte superior queda formada la placa. Este método tiene la ventaja de producir mayor energía por unidad de peso y además evita la sedimentación del material activo, por lo que llega a tener una duración de hasta 20 años.

Las placas negativas son planas en ambos casos, y están formadas por plomo puro.

Separadores: Son los elementos aislantes que mantienen separadas las placas positivas de las negativas. Son laminas ranuradas, fabricadas de hule micro poroso para permitir la circulación del electrolito, sin que este afecte químicamente.

Electrolito: Esta formado por ácido sulfúrico diluido en agua.

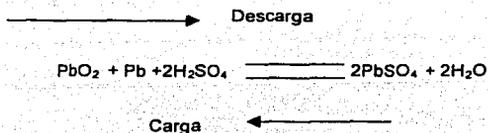
Operación de una celda de tipo ácido.

Cuando una celda esta completamente cargada, en la placa positiva hay dióxido de plomo y en la negativa solamente plomo, aquí ambas placas están bañadas por el electrolito. Al cerrarse el circuito exterior de la batería, comienza la liberación de la energía eléctrica almacenada, y el radical sulfato ( $SO_4$ ) del electrolito, se combina con el plomo contenido en las placas, transformándose en sulfato de plomo y diluyéndose el electrolito.

Al invertir el circuito de nuevo y comienza a cargarse la celda, esta absorbe energía eléctrica, restituye el radical  $SO_4$  al electrolito y regresa a su estado original.

ESTIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La reacción es la siguiente:



En el proceso de carga la densidad crece en proporción a la carga, y es una ventaja sobre las baterías de tipo alcalina.

b) Batería tipo alcalino.

Su descripción es igual que las de tipo ácido y tienen las siguientes partes:

Recipiente: Son de plástico opaco y no permite ver su interior.

Placa positiva: Esta formada por una hilera de tubos de malla de acero, que contiene hidróxido de níquel.

Placa negativa: Es igual a la positiva pero rellena de óxido de cadmio, el cual se reduce a cadmio metálico durante el proceso de carga.

Separadores: Se usan barras de hule o de polietileno.

Electrolito: Es una solución de hidróxido de potasio.

La vida útil de las celdas es de 25 años aproximadamente y durante este tiempo se debe cambiar el electrolito unas 3 veces, debido al envejecimiento que se produce por el dióxido de carbono de la atmósfera. Cada cambio completo dura aproximadamente 50 horas.

LEGIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 1 Valores característicos de baterías.

Tipo	Celdas	Flotación		I / AH	Igualación		Descarga	
		V <sub>pc</sub>	V <sub>t</sub>		V <sub>pc</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>pcf</sub>	V <sub>tf</sub>
Ácida	60	2.15	129	50-100	2.33	140	1.75	105
Alcalina	92	1.4	129	50-100	1.52	140	1.14	105

En donde:

V<sub>pc</sub> = Volts por celda

V<sub>t</sub> = Volts terminales

V<sub>t</sub> = Volts en flotación

I/AH = Corriente en mili amperes por cada 100 AH/8 h de capacidad de las celdas

V<sub>pcf</sub> = Volts por celda finales

V<sub>tf</sub> = Volts terminales finales

Tabla 2 eficiencias en Baterías.

Eficiencia en %	Ácida	Alcalina
Eficiencia en A-H	91	71
Eficiencia en Volts	85	80
Eficiencia en Watts hora	77	57

En donde:

Eficiencia en Ampere-hora (A-H): Es la relación de los ampere-hora de salida entre los de entrada.

Eficiencia en Watts-hora: Es la relación de la energía de salida entre la de entrada.

Observaciones: De las dos tablas los dos tipos de baterías tienen la misma tensión de flotación, aunque la energía que demandan es diferente.

En los dos tipos de baterías se debe reponer agua, que pierden en forma de Hidrógeno y Oxígeno, cuando se dan sobrecargas.

Temperatura: Esta afecta a los dos tipos de batería, ya que influye en la reacción química respectiva. Las dos baterías disminuyen su capacidad al reducir la temperatura como se ve en la siguiente tabla.

LEÍDSE CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3.

Régimen en horas	Ácida en %	Alcalina en %
1	27	36
3	22	22
5	No conocido	10
6	17	No conocido
8	14	7

Cuando se opera a temperaturas inferiores a 0 °C , la batería alcalina es la mas adecuada.

Gases: El hidrógeno que se produce en ambas baterías se debe a la sobrecarga de estas, que al no absorberse en las reacciones electroquímicas, se libera a partir de la electrolisis del agua del electrolito. Lo que obliga a instalar las baterías en locales bien ventilados, ya que a una concentración del 4 %, el hidrógeno se hace peligrosamente explosivo.

Los cuartos en que se instalan las baterías deben estar provistos de un extractor de gases, que deberá arrancar antes de la apertura de la puerta de entrada del personal, con el fin de eliminar el hidrógeno que se acumule durante las descargas intensas de las baterías.

Los locales deben ser secos, bien ventilados, y sin vibraciones que puedan originar desprendimiento excesivo de gases y desgaste prematuro de las placas. La temperatura debe variar entre 5 y 25 °C.

Las baterías se instalan lo mas cerca posible de los tableros para reducir al máximo la longitud de los cables y por lo tanto la posibilidad de la aparición de sobre tensiones, por acoplamiento capacitivo o inductivo.

La capacidad de una batería se da por el valor de los ampere-horas que puede suministrar en condiciones de trabajo normales. La cantidad de electricidad que cede en la descarga es menor que la que recibe en su carga, de acuerdo con su eficiencia, misma que disminuye en las descargas rápidas.

Las baterías se conectas a las barras generales de corriente directa a través de in interruptor termomagnético, que para el caso de una batería de 120 Volts, deberá ser de 250 Volts, dos polos, 400 Amp. nominales y capacidad interruptiva de 10 KiloAmp.

## CARGADORES DE BATERÍA.

Son dispositivos eléctricos (generalmente de cd) o electrónicos que se usan para cargar y mantener en flotación, con carga permanente, la batería de que se trate. El cargador se conecta en paralelo con la batería.

En la actualidad esta más extendido el uso de cargadores electrónicos de estado sólido, que se pueden regular con mucha mayor precisión, son más baratos, requieren menos mantenimiento, no son ruidosos y ocupan menos espacio.

La capacidad de los cargadores va a depender de la eficiencia de la batería, o sea, del tipo de batería que se adquiera. Para una misma demanda impuesta a la batería, se requiere un cargador de mayor capacidad, si es alcalina, por tener esta una eficiencia menor, de acuerdo con lo visto anteriormente.

## SELECCIÓN DE UN CARGADOR.

Para la selección es necesario fijar su capacidad de salida en amperes. Para ambos tipos de baterías, la capacidad se determina como sigue:

$$I_C = \frac{AH_D}{\eta_{AH} \times T_f} + I_{DN} \quad (4.1)$$

En donde:

$I_C$  = Corriente del cargador en Amperes.

$AH_D$  = Ampere-Horas que se necesita devolver a la batería.

$\eta_{AH}$  = Eficiencia de la batería en Ampere-horas

$T_f$  = Tiempo de recarga en horas.

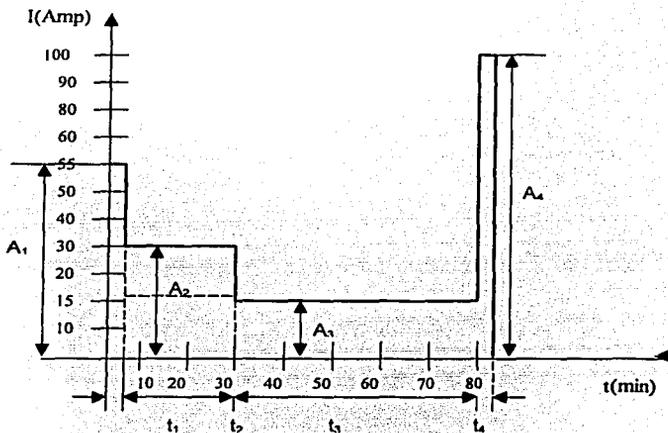
$I_{DN}$  = Corriente de demanda normal en Amperes.

Como ejemplo en la gráfica se muestra la curva de demanda que soporta una batería, con base en la cual se selecciona el cargador adecuado.

Tabulando los valores de la gráfica se tiene:

Tabla 4.

	Descarga en Amperes	Lapso en minutos
A <sub>1</sub>	55	1
A <sub>2</sub>	30	29
A <sub>3</sub>	15	51
A <sub>4</sub>	100	1



GRAFICA CORRIENTE CONTRA TIEMPO

Cargador para batería ácida.

$$AH_D = \sum_{n=1}^{\infty} A_{Dn} T_{Dn} \quad (4.2)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En donde:

$AH_D$  = Ampere-Horas que se necesita devolver a la batería.

$A_{Dn}$  = Corriente de descarga .

$T_{Dn}$  = Tiempo en que ocurre la descarga.

$n = 1, 2, 3, 4, \dots$  etc.

Desarrollando la sumatoria de la ecuación anterior con  $n=4$ :

$$AH_D = A_{D1}T_{D1} + A_{D2}T_{D2} + A_{D3}T_{D3} + A_{D4}T_{D4}$$

sustituyendo los valores de la tabla 4 en la ecuación se tiene:

$$AH_D = 55 \times \frac{1}{60} + 30 \times \frac{29}{60} + 15 \times \frac{51}{60} + 100 \times \frac{1}{60} = 31.83 \text{ Ampere} - \text{horas}$$

$\eta_{AH} = 0.91$  por ser batería ácida

$T_r = 4$  horas. Se considera que 4 horas es un tiempo razonable para recargar la batería sin dañarla.

Sustituyendo en la fórmula (4.1) se obtiene:

$$I_C = \frac{31.83}{0.91 \times 4} + I_{DN} = 8.75 + I_{DN}$$

De la fórmula se utiliza el primer término, que es el único variable con el tipo de batería, ya que el segundo término solo depende de la carga.

Cargador para batería alcalina.

Se hace lo mismo que en el anterior, en el cual solo cambia la eficiencia en Ampere-hora que es  $\eta_{AH} = 0.71$ .

$$I_C = \frac{31.83}{0.71 \times 4} + I_{DN} = 11.2 + I_{DN}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto de los dos casos, suponiendo que el valor de la demanda normal  $I_{DN}$  es cero, se requieren los siguientes cargadores:

Cargador batería ácida = 9 Amp.

Cargador batería alcalina = 12 Amp.

Por lo que para la batería alcalina se requiere un cargador con una capacidad 33.3 % mayor, lo que implica costo en el equipo y en la energía consumida.

Energía consumida en la recarga.

En cualquiera de los dos tipos de batería se requiere reponer la energía descargada, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$KW - H = AH \times V_r \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

$$KW - H = 31.83 \times 140 \times 10^{-3} = 4.46$$

Donde  $V_r$  se toma de la tabla 1 de la columna de igualación.

Por lo que para la batería ácida, los Kw-hora demandados a la red para restituir a la batería los 4.46 Kw-hora son:

$$\frac{KW - H}{\eta} = \frac{4.46}{0.77} = 5.79 KW - hora$$

Donde:

$\eta$  = eficiencia de la batería.

y para la batería alcalina, para reponer los mismos 4.46 Kw-hora son:

$$\frac{KW - H}{\eta} = \frac{4.46}{0.57} = 7.82 KW - hora$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Observaciones:**

Los cargadores de batería de tipo electrónico tienen la ventaja sobre sus antecesores (los equipos motor-generator) de ser más baratos y tener la tensión de salida mejor regulada, lo que aumenta la vida útil de la batería, tienen menor peso y su mantenimiento es muy reducido. La regulación de la tensión de salida (cd) debe ser de  $\pm 1\%$  del valor ajustado para la tensión de carga flotante, con una variación de carga entre 0 y 100 %. Lo anterior debe lograrse con variaciones de la tensión de entrada (ca) dentro del límite de  $\pm 10\%$  y con variaciones de la frecuencia de  $\pm 5\%$ . Durante su operación el rectificador debe poder alimentar simultáneamente, la carga de la batería más la carga que se conecte.

**- Acometida separada.**

Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permite una segunda acometida eléctrica para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea, con diferente bajada de acometida aérea o estar suficientemente separada, tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, con el objeto de disminuir la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro.

**- Conexión antes de los medios de desconexión de la acometida .**

Se permite la conexión antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida normal. La acometida de emergencia debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro debida a una falla dentro del edificio o grupo de edificios servidos.

**- Equipo unitario.**

El equipo unitario para iluminación de emergencia debe incluir: (1) una batería recargable; (2) los medios para la carga de la batería; (3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas, y (4) un relé para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal.

El equipo unitario debe instalarse permanentemente en su lugar (no-portátiles). El circuito derivado que alimenta al equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimenta al

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

alumbrado normal del área, estar claramente identificado en el tablero de distribución y debe estar conectado antes de cualquier apagador.

Los sistemas de emergencia deberán cumplir con el artículo 700-12 de la NOM-001-SEDE - 1999. Colocado en el apéndice 2.

h) Tierra o neutro en una instalación eléctrica.

- Tierra eléctrica.

Se considera que el globo terráqueo tiene un potencial de cero (o neutro) desde el punto de vista eléctrico; se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo, puede suceder que por causas naturales (presencia cercana de nubes o descargas atmosféricas) o artificiales (falla eléctrica en una instalación) una zona terrestre tenga en forma temporal una carga eléctrica negativa o positiva con respecto a otra zona (no necesariamente lejana). Por esta razón pueden aparecer corrientes en conductores en cuyos extremos estén en contacto con zonas de potenciales distintos.

- Resistencia a tierra.

Este concepto se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo (tierra). El valor de la resistencia a tierra debe estar dentro de ciertos límites dependiendo del tipo de instalación.

- Toma de tierra.

Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, varilla o tubo de hierro y en general cualquier estructura que este en contacto con la tierra.

- Sistema de tierra.

Este sistema es fundamental en toda instalación eléctrica para evitar daños al personal y proteger los equipos. Se denomina sistema de tierra a la red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierras y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse puntos de la instalación. El sistema de tierra de una instalación se diseña en

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

función de: el nivel de tensión, la corriente de cortocircuito, la superficie que ocupa la instalación, la probabilidad de explosión y/o incendio, la resistencia a tierra, la humedad, etc.

Se pueden tener varios sistemas de tierra independientes, uno puede ser por ejemplo para conectar los motores, otro para los equipos electrónicos y otros para descargas atmosféricas.

En la práctica ningún sistema de tierra es perfecto, ya que se requeriría que los conductores que lo forman y el suelo tuvieran una resistencia cero.

- Conexión a tierra.

Es la unión entre un conductor y el sistema de tierra.

- Tierra física.

Se dice que un conductor se conecta a una tierra física cuando se une solidamente a un sistema de tierra, que a su vez está directamente conectado a la toma de tierra (sin existencia entre ellos más impedancia que la de los conductores).

Se puede considerar que el potencial de una tierra física se mantiene prácticamente constante, aunque exista un flujo entre este punto y la toma de tierra.

#### **4.5 DETERMINACION DE LA CARGA EN UNA INSTALACION ELECTRICA.**

Para el correcto diseño de una instalación eléctrica se requiere del conocimiento de la potencia o carga que se va a alimentar; la carga es la demanda de energía eléctrica de la instalación y no la suma de las capacidades de los equipos que serán instalados.

##### **4.5.1 ESTIMACION DE CARGA.**

En los inicios de una instalación eléctrica el primer paso es hacer una estimación de la carga, esto se puede hacer con los valores típicos de carga ya sea con estimaciones en base a los datos de los equipos o por conocimientos adquiridos de otras instalaciones. También se deben de hacer estimaciones en caso de que se incremente o disminuya la carga.

TESIS CON  
FALLA DE COMPLETAMIENTO

#### 4.5.2 CALCULO ANALÍTICO.

Cuando se hacen estimaciones acerca de la carga esta resulta insuficientes. Un cálculo más preciso se inicia cuando se conocen los consumos de energía de cada uno de los equipos y servicios que serán alimentados por la instalación.

Algunos términos necesarios para la determinación de la carga son:

a) Carga o potencia instalada.

La carga o potencia instalada es la suma de los consumos nominales de cada elemento consumidor según sus datos de placa.

b) Demanda máxima.

La demanda máxima es la carga o potencia máxima que podría ocurrir en una instalación. En las tarifas, para fines de facturación, la demanda máxima es la carga máxima que subsiste durante 15 minutos en el lapso de un mes, se le llama también demanda máxima medida.

#### 4.5.2.1 FACTOR DE CARGA.

El factor de carga (fc) es el cociente de la potencia o demanda máxima entre la potencia (carga) instalada, por lo tanto:

$$P_{max} = (fc) \times P_{inst} \dots\dots\dots (4.4)$$

#### 4.5.3 DETERMINACIÓN DE CARGA PARA EQUIPOS ESPECIFICOS.

a) Carga de transformadores.

El transformador es uno de los equipos más comunes en las instalaciones eléctricas. En ocasiones el transformador constituye la parte más importante de toda la instalación.

La eficiencia del transformador está en función de la carga que tiene conectada. Si un transformador está permanentemente conectado a la red, habrá un consumo permanente de energía equivalente a sus pérdidas en vacío (especificadas por el fabricante). Por esta razón,

es común que las ampliaciones futuras no se consideren en la especificación del transformador.

Las pérdidas de un transformador son de dos tipos: pérdidas por magnetización del núcleo y pérdidas en el cobre de los devanados. Las pérdidas en el núcleo son independientes de la carga y están presentes de manera constante mientras el transformador esté energizado por una tensión constante. Estas pérdidas dependen de la calidad del material ferromagnético y del tamaño del núcleo, aunque aumentan en menor proporción al aumento de capacidad del transformador. Por esta razón es importante tener cuidado de no excederse al especificar la capacidad del transformador con el pretexto de cubrir posibles aumentos de carga.

#### b) Carga de alimentadores.

Para el cálculo de alimentadores en circuitos de alumbrado el factor de carga se considera unitario. Si se considera que la tensión es constante, la carga puede expresarse en Watts.

### **4.6 SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR Y DEL CENTRO DE CARGA.**

En el diseño de instalaciones eléctricas una de las tareas más importantes (y más repetitivas) es el cálculo de la sección de los alimentadores, es decir, la especificación de los conductores que suministrarán energía eléctrica a una carga. De la precisión de estos cálculos depende, en buena medida, la seguridad y el buen funcionamiento de la instalación, así como el costo de la inversión inicial y de los gastos de operación y mantenimiento.

#### **4.6.1 CRITERIOS PARA EL CALCULO DE CONDUCTORES.**

La intención es encontrar los calibres AWG (American Wire Gauge) o MCM (Miles Circular Mils) que cumplan con los requisitos necesarios de un sistema confiable y económico evitando conductores con secciones sobradas, que se traducen en gastos innecesarios y reflejan un trabajo superficial del proyectista.

Para la aplicación de los criterios se requiere primero de la definición de la corriente que circulará por cada uno de los conductores en condiciones de plena carga (corriente nominal).

Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son: capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación, caída de tensión

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

permitida, capacidad para soportar la corriente de cortocircuito y calibre mínimo permitido para aplicaciones específicas.

Otros criterios menos importantes son: pérdidas por efecto Joule, fuerza de tiro en el proceso de cableado y alimentadores de calibres diferentes que pueden compartir la misma canalización.

a) Capacidad de conducción de corriente.

Los conductores eléctricos están forrados por material aislante. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento.

Para calcular el calibre del hilo neutro se debe considerar la corriente de desbalance máximo posible entre las fases de un sistema.

b) Caída de tensión.

Se le llama caída de tensión a la diferencia que existe entre la tensión aplicado al extremo alimentador de una instalación ( $V_a$ ) y el obtenido en cualquier otro punto de la misma ( $V_t$ ), cuando está circulando la corriente nominal. Si se expresa como por ciento se le conoce como regulación de tensión:

$$e = \frac{V_a - V_t}{V_{no\ min\ al}} \times 100\% \quad (4.5)$$

-La caída de tensión máxima permitida es: 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%; artículos 210-19, 215-2 NOM-001-SEDE-1999 (ver apéndice 2 de la tesis).

Para baja tensión y en calibres hasta 4/0 AWG, la componente reactiva es bastante pequeña comparada con la resistiva. En estas condiciones se puede expresar la regulación de voltaje en términos de la ley de Ohm se puede expresar partiendo de la ecuación 4.5:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$V_a - V_t = R \times I = \rho \frac{L \times I}{S} \quad (4.5.1)$$

Combinando ambas ecuaciones (4.5) y (4.5.1) resulta:

$$S = \rho \frac{L \times I}{e \times V} \times 100 \quad (4.5.2)$$

Donde:

S = Área o sección transversal (conductor) del alimentador en mm<sup>2</sup>

ρ = Resistividad específica (volumétrica) del material conductor en ohms × mm<sup>2</sup>/l

I = Corriente de carga en Amperes

L = Longitud del alimentador en metros

e = Caída de tensión permitida en por ciento

V = Tensión aplicado en Volts (normalmente la tensión nominal)

Considerando que la mayoría de los alimentadores son de cobre de 100% de conductividad y suponiendo una temperatura de operación de 60°C se tiene que: ρ = 1/50; por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{cu} = \frac{2 \times c \times L \times I}{e \times V} \quad (4.5.3)$$

Para circuitos monofásicos c = 2 (debido a que existe un hilo de retorno); para circuitos trifásicos c = √3 ya que el voltaje nominal corresponde al voltaje entre fases:

$$V_{no \text{ min al}} = \sqrt{3} \times V_{fase-neutro} \quad (4.5.4)$$

La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquél que tenga un área transversal igual o mayor.

A partir de la ecuación 4.5.3 se obtiene la regulación de voltaje de la siguiente forma:

$$e\% = \frac{2 \times c \times L \times I}{S_{cu} \times V} \quad (4.5.5)$$

ESTO CON  
FALLA DE ORIGEN

Algunas compañías fabricantes de conductores hacen pruebas a sus productos han llegado a obtener otras expresiones para el calculo de caída de tensión, han obtenido las expresiones:

$$e\% = \frac{I \times L \times Z}{V_n} \times 100 \quad (4.5.6)$$

Donde:

I = Corriente nominal en Amperes

L = Longitud en kilómetros

Z = Impedancia del conductor (en la tabla de resistencias e impedancias del libro "Industrial Power System" Handbook, ver apéndice 2)

V<sub>n</sub> = Tensión de fase a neutro

e% = caída de tensión

Otra expresión para determinar la caída de tensión es la siguiente:

$$e\% = \frac{Fc \times L \times I_n}{10 \times V_n} \quad (4.5.7)$$

Donde:

I<sub>n</sub> = Corriente Nominal (Amp.)

L = Longitud (m.)

V<sub>n</sub> = Tensión nominal (volts)

e% = Caída de tensión

Fc = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condumex ver apéndice 2)

c) Pérdidas por efecto Joule.

El paso de una corriente eléctrica por un conductor produce calor que se disipa por la superficie externa. De acuerdo con la ley de Joule:

$$W = P \times t = R \times I^2 \times t \quad (4.6)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ahora bien la resistencia es inversamente proporcional a la sección del conductor; por lo tanto, aumentando el calibre puede lograrse que se disminuyan las pérdidas por efecto Joule, aunque esto representa una inversión inicial más alta.

d) Capacidad para soportar la corriente de corto circuito.

Para determinar la tolerancia del alimentador a la corriente de un corto circuito, se considera que todo el calor producido por la circulación de esta se destina a elevar la temperatura del conductor según el científico rumano I. Suciú (Publicado en 1980), el balance de energía se puede expresar como sigue:

$$C_0(1 + \beta \cdot \theta) \delta_{cu} \frac{d\theta}{dt} = \rho_0(1 + \alpha_0 \cdot \theta) \delta_i^2 \dots\dots\dots (4.7)$$

En donde:

$\theta$  = Temperatura

t = tiempo

$C_0$  = Calor específico del cobre

$\delta_{cu}$  = Densidad del cobre

$\rho_0$  = Resistividad específica del cobre

$\beta$  = Coeficiente de variación del calor específico en relación con la temperatura

$\delta_i$  = Densidad de corriente

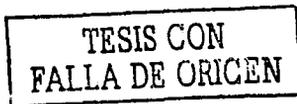
$\alpha$  = Coeficiente de variación de la resistencia en relación con la temperatura

Despejando  $\delta_i dt$  e integrando se tiene:

$$\int_0^t \delta_i^2 dt = \frac{C_0 \cdot \delta_{cu}}{\rho_0} \int_0^{\theta} \frac{1 + \beta \cdot \theta}{1 + \alpha_0 \cdot \theta} d\theta \dots\dots\dots (4.8)$$

El término de la izquierda corresponde a la Ley de Joule y caracteriza el esfuerzo al que esta siendo sometido el alimentador, el término de la derecha representa la rigidez térmica que ofrece el alimentador.

Si se considera que el calor específico y la densidad de corriente no cambia, entonces



$\beta = 0$  y  $\delta_i = \text{constante}$ .

Tomando estas consideraciones e integrando ambos lados de la ecuación se obtiene:

$$\delta_i^2 \cdot t = \frac{C_0 \cdot \delta_{cv}}{\alpha_0 \cdot \rho_0} \ln \frac{1 + \alpha_0 \cdot \theta_t}{1 + \alpha_0 \cdot \theta_0} \dots\dots\dots (4.9)$$

En otra forma:

$$\delta_i^2 \cdot t = K \cdot \log \frac{\frac{1}{\alpha_0} + \theta_t}{\frac{1}{\alpha_0} + \theta_0} \dots\dots\dots (4.10)$$

De acuerdo con Knowlton puede considerarse  $\alpha_0 = 0.00427$ , de tal forma que  $1/\alpha_0 = 234$ ; con lo que se obtiene una relación muy conocida:

$$\left[ \frac{I_{cc}}{A} \right]^2 t = 0.0297 \log \left[ \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right] \dots\dots\dots (4.11)$$

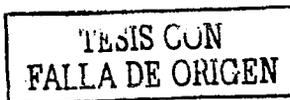
Despejando  $I_{cc}$  se tiene:

$$I = A \sqrt{\frac{1}{33s} \log \left( \frac{Tm + Ta}{234 + Ta} + 1 \right)} \dots\dots\dots (4.12)$$

Donde:

- I - Corriente en amperes
- A - Sección del conductor en circular mils
- s - Tiempo de duración de la falla en segundos ( 8 ciclos )
- Tm - Temperatura máxima permisible ( 450 ° para conectores soldables y a compresión )
- Ta - Temperatura ambiente = 30° C

Denominada ecuación de Onderdonk



e) Fuerza de tiro en el proceso de cableado.

Más que un criterio para calcular el calibre se trata de un elemento que se debe considerar al momento de decidir las distancias entre registros o cajas, el número de cambios de dirección (codos), los recorridos verticales y en general cualquier obstáculo que provoque una tensión mecánica en el conductor a la hora de instalarlo. La fuerza de tiro máxima que puede aplicarse antes de ocasionar alargamientos o rupturas en los cables depende del tipo de conductor utilizado.

La tensión mecánica permitida en los conductores de cobre depende del temple. Este puede ser: suave, semiduro o duro. El suave es el del cobre recocido. Los temples semiduro y duro se obtienen mediante un proceso de estirado en frío del cobre recocido. Los conductores usados en líneas aéreas, por lo general, son de temple semiduro o duro. Los conductores forrados para instalaciones interiores o subterráneas son de cobre recocido, que tiene la ventaja de ser el de conductibilidad eléctrica más alta (el temple duro tiene aproximadamente el 96% de la conductibilidad del temple suave).

Si un conductor se somete durante el proceso de cableado a una fuerza de tiro descontrolada, puede cambiar su temple y aumentar su resistencia eléctrica, y si esta fuerza es muy grande se puede inclusive provocar la ruptura del cable. La carga de ruptura no es siempre proporcional al área transversal ya que en los calibres más delgados el esfuerzo se distribuye más uniformemente que en los calibres gruesos.

Al cablear varios conductores juntos, es muy importante que tengan la misma longitud para evitar que aquel o aquellos que queden más cortos se sometan a esfuerzos mayores. El tipo de forro de los conductores puede ayudar compartiendo parte de los esfuerzos, o puede fracturarse con un ligero estiramiento de los conductores. De cualquier forma es indispensable vigilar que en el proceso de cableado no se dañe por el rozamiento con las paredes de los tubos o ductos.

#### **4.6.2 CALCULO DE ALIMENTADORES CON CARGAS DISTRIBUIDAS.**

Es muy común que un circuito derivado tenga cargas distribuidas a lo largo de su extensión. Es práctica normal que el calibre de las últimas unidades sea menor que el calibre con el que sale del tablero de distribución. Lo que no es común es realizar un cálculo exacto de la

sección de los conductores del circuito, considerando la carga, la distancia y la caída de voltaje en los tramos respectivos.

#### **4.6.3 CRITEROS PARA LA ESPECIFICACIÓN DE CENTROS DE CARGA.**

Por centro de carga se entiende al conjunto de elementos agrupados en determinado lugar desde donde se controla la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona (sección o rama). Puede tratarse de solo un tablero que contenga todos los elementos, o también puede ser un conjunto de interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos colocados en un muro y que juntos desarrollen la función de controlar la distribución de la energía a circuitos derivados.

##### **4.6.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR TABLEROS.**

En esta etapa, el proyectista ya debe de tener una idea clara de las cargas por abastecer, ya sea que exista una carga de motores importante o de otros equipos que no sean alumbrado y contactos de servicio normal, o que exista alambrado para servicios de emergencia que requieran canalizaciones y tableros completamente separados NOM-001-SEMP-1999 artículo 700-9 (ver apéndice 2 de la tesis alambrado de sistemas de emergencia).

Conviene empezar a definir los tableros para equipos que requieran de diseño especial; después de separar la carga por zonas o necesidades de operación. Por lo que respecta a los tableros de alumbrado y contactos debe considerarse por separado y cuidar que tengan un área de servicio bien definida. Por ejemplo en edificios de varios niveles se coloca un tablero en cada piso y por cada área.

La asignación del área o zona de un tablero es decisión del proyectista, pero debe considerar los siguientes elementos: necesidades de control de los circuitos en el área, cantidad de circuitos derivados, la longitud de los circuitos derivados y las facilidades para la localización del tablero. Resulta más costoso tener circuitos derivados largos, cuyos calibres deben de evitar caídas de tensión mayores a las permitidas, que tener un solo circuito que alimente un centro de carga para áreas pequeñas. El único gasto extra en este caso es el marco del centro de carga por que los interruptores termomagnéticos derivados son los mismos para uno y otro tablero.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.6.3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR CIRCUITO.

Al decidir la asignación de carga a los diferentes circuitos deben de tenerse presentes las necesidades lógicas y económicas.

En el artículo 210 (circuitos derivados NOM-001-SEMP1999) los circuitos derivados establece las características de la carga de cada circuito. Ahí se explica la conveniencia de utilizar circuitos separados de alumbrado. Normalmente para áreas habitacionales se usan circuitos de 20 A como máximo; en industrias se pueden usar circuitos con cargas múltiples hasta 50 A. Las salidas para usos especiales deben de tener su propia alimentación y protección. Es posible aunque algunos circuitos queden con muy poca carga convenga tenerlos alimentados por separado (por ejemplo, dos focos de alumbrado de una torre lejana).

De este modo se van decidiendo grupos de cargas que constituyen los circuitos del tablero. Después es recomendable establecer un sistema para asignarles un lugar físico en el tablero. Si se trata de un tablero monofásico se pueden asignar números al azar. Para el caso de tableros bifásicos, se divide la carga en dos, de tal manera que con las combinaciones de los circuitos se obtenga una diferencia mínima entre las cargas conectadas en cada fase.

Para los tableros trifásicos es común dividir la carga total entre tres para conocer el valor exacto de equilibrio. Después se hacen tres grupos cuyos circuitos puedan combinarse para que las sumatorias respectivas sean lo más cercano al valor de equilibrio. El Desbalanceo entre las tres fases debe ser menor a 5%, y se calcula con la siguiente relación práctica.

$$\frac{SM - Sm}{Sp} \times 100 < 5\% \quad (4.13)$$

En donde:

SM = Voltamperes de la fase más cargada.

Sm = Voltamperes de la fase menos cargada

Sp = Voltamperes de la fase promedio (carga total entre tres).

También puede utilizarse en el cálculo anterior los Amperes (si el voltaje se considera constante). Se puede planear la carga del alumbrado en forma alternada, para cuando se requiera tener la posibilidad - durante los días no hábiles - de disminuir el nivel de iluminación

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

en forma considerable. Esto facilita una numeración consecutiva de las cargas de alumbrado y colocando en un lado del tablero los números pares y en el otro lado los impares. La decisión de colocar o no el interruptor principal o general se toma de acuerdo con los criterios de protecciones eléctricas.

Si se requiere dejar circuitos de reserva para el futuro, deben de considerarse como si ya existieran, sumándolos a la carga total del tablero para especificar el alimentador y su protección. Los interruptores derivados de reserva se pueden colocar sin conectar o solamente dejar los espacios correspondientes. Los interruptores termomagnéticos derivados deben cumplir con las tres funciones: control (conexión - desconexión), protección contra cortocircuitos (corrientes muy altas) y protección contra sobrecargas (corrientes ligeramente mayores a la corriente nominal).

#### 4.6.3.3 LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS DE CARGA.

Para ubicar un centro de carga en un área que tiene varias cargas dispersas, se recomienda encontrar el punto de la instalación denominado centro de peso de la carga. Este punto es aquél que cumple con la condición de que la suma de todos los productos de la corriente de cada carga por su distancia al centro del peso es la mínima. Por lo general este punto no resulta accesible para la colocación física del centro de carga, pero puede buscarse un lugar próximo que de preferencia se acerque a este punto.

A continuación se plantea el procedimiento para encontrar el centro del peso de carga:

- a) En el plano constructivo del área considerada se define un sistema de ejes cartesianos y se obtienen las coordenadas (X,Y) para cada carga (con respecto a esta referencia).
- b) Entonces, utilizando las siguientes expresiones se obtienen las coordenadas del punto donde se cumple la condición planteada para el centro de peso de la carga:

$$X_m = \frac{\sum_1^n X_j \times I_j}{\sum_1^n I_j} ; Y_m = \frac{\sum_1^n Y_j \times I_j}{\sum_1^n I_j} ; \quad (4.14)$$

donde:

$$j = 1, \dots, n$$

$I_j$  = Corriente de la carga

$X_j, Y_j$  = Coordenadas de cada carga

Se puede utilizar la potencia en vez de la corriente cuando las cargas tienen el mismo número de fases y se considera el voltaje constante. Para pocas cargas, estos cálculos se pueden realizar a mano, pero también se puede elaborar un programa de computadora para cálculos repetitivos.

#### 4.7 CANALIZACIONES.

Desde el punto de vista de ventilación sería deseable que todos los conductores estuvieran colocados de tal forma que el aire circulara libremente por su superficie. Sin embargo, debido a las necesidades de los proyectos, normalmente van alojados en algún tipo de ducto: tubos de acero, o de materiales plásticos, ductos cuadrados (con o sin bisagras), electro ductos de distintos fabricantes, charolas especiales y otros. Todos estos tipos de ductos pueden fijarse en las paredes o techos, colocarse en trincheras, o enterrarse directamente. En ocasiones tienen que construirse estructuras especiales o compartirse las existentes con otro tipo de instalaciones. Los soportes deben ser suficientemente rígidos para resistir los esfuerzos durante el proceso de cableado.

Además del aislamiento eléctrico, los conductores, así como los ductos, deben protegerse contra daños mecánicos y apartarse de fuentes de calor. En ambientes corrosivos deberán aplicarse los recubrimientos necesarios a las canalizaciones metálicas. Debido a que la capacidad de conducción se calcula para cierta conducción. Debe procurarse que los alimentadores tengan las mismas características de ventilación y agrupamiento en todo su trayecto.

##### 4.7.1 CALCULO Y ESPECIFICACIÓN DE TUBERIAS Y DUCTO CUADRADO.

Para la especificación del diámetro de tuberías para alojar varios conductores eléctricos aislados, debe observarse cierta relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluyendo su aislamiento) y el área transversal del interior del tubo. Esta

relación se conoce como factor de relleno, señalando como valor máximo aceptable del 40%, aunque en proyectos particulares pueden exigir valores menores.

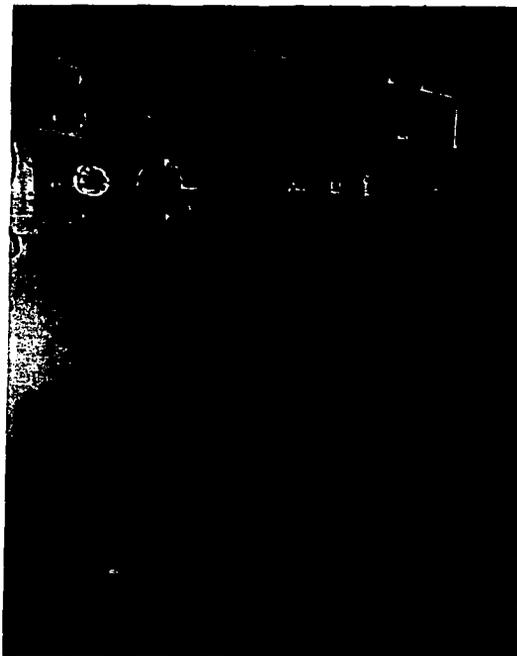
Resulta conveniente mencionar los factores de relleno para dos casos típicos: uno y dos conductores en un ducto. Para un conductor puede ser de 55% para dos conductores se limita a un máximo de 30%. Esto se debe a que en el segundo caso la manera de tener cierta holgura para el cableado es que el diámetro interior del tubo sea un poco más amplio que la suma de los diámetros de los dos conductores. Por esta misma razón debe analizarse la conveniencia de invertir en ductos más amplios para facilitar el proceso de instalación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.8 IMÁGENES DE UNA INSTALACIÓN ELECTRICA EN UNA RADIOBASE

##### ACOMETIDA ELECTRICA

En la siguiente fotografía se muestra la acometida eléctrica, los equipos de medición y el interruptor principal. Estos se localizan junto a la alimentación de la casa en donde se localiza la radiobase.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la fotografía se muestra el registro de la acometida subterránea de energía eléctrica para la radiobase.

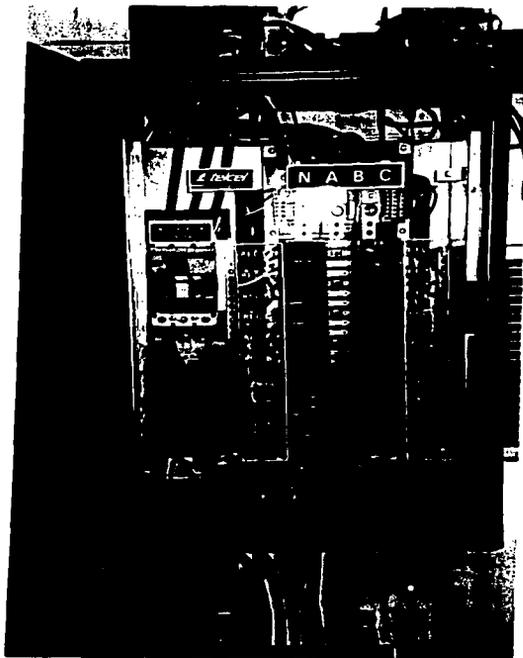


La fotografía muestra la entrada de alimentación de energía eléctrica al contenedor, con tubería de 2 pulgadas de diámetro.



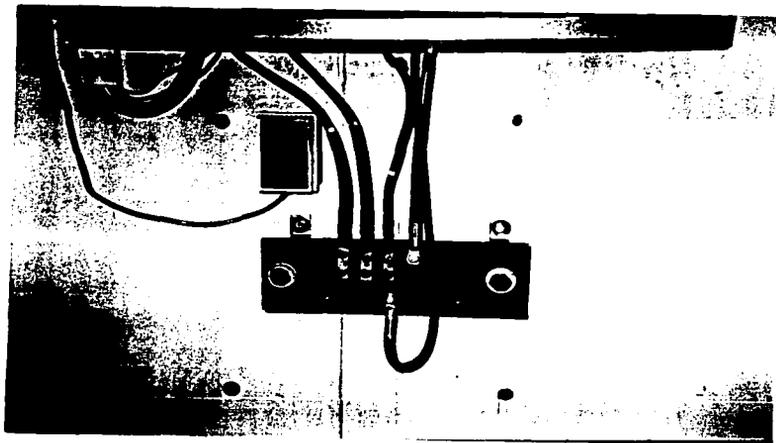
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la fotografía se muestra el frente del centro de carga mostrando los circuitos derivados y el interruptor general



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la siguiente fotografía se muestra la barra de tierra física aislada que se localiza en la parte inferior del centro de carga.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 5

### SISTEMA DE TIERRAS EN UNA RADIOBASE

#### 5.1. GENERALIDADES

El uso creciente de la electricidad en todos los ámbitos de la actividad humana; y debido a los accidentes producidos por este uso; se ha puesto un gran énfasis en la seguridad del usuario. Creándose una rama de la medicina llamada electrofisiología del trabajo la cual estudia el efecto de la electricidad en el cuerpo humano.

Derivado de todo esto se han diseñado diversas técnicas de protección al usuario entre las más usadas es el aterrizamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, tableros, estructuras, etc).

El desarrollo de las telecomunicaciones ha llevado a crear equipos más sensibles a los disturbios eléctricos y por ello se pone mayor énfasis en los sistemas de tierras para disminuir en un porcentaje mínimo estos disturbios

Con la llegada de la telefonía celular se desarrollaron instalaciones especiales para el montaje de las antenas y los equipos de transmisión de éstas.

Debido a la necesidad de protección estas instalaciones es de suma importancia el diseño de un buen sistema de tierras.

#### 5.2. SISTEMA DE TIERRAS

En sus inicios un sistema de tierras se usaba más como una referencia de voltaje que como un medio que para limitar sobretensiones debido a fenómenos transitorios en el propio sistema. En la actualidad se le da otros usos como para disipar la energía de una descarga atmosférica la cual es conducida al sistema de tierras así como estabilizar el voltaje a tierra de circuitos trifásicos, para la referencia de dispositivos de protección de los circuitos eléctricos; aterrizamientos de bastidores, gabinetes y cualquier estructura que pueda conducir electricidad.

Las funciones de un sistema de tierras es la de proteger al personal y el equipo de una descarga eléctrica. Evitando que se produzca diferencia de potencial entre los equipos conectados a tierra; además de disminuir la producción de ruido en los equipos de telecomunicación.

Siendo la función principal del sistema de tierras la de proteger a las personas y es a partir de este conceptos que se desarrollan los sistemas de tierras.

### **5.3 LIMITES DE CORRIENTE TOLERABLES POR EL CUERPO HUMANO**

La electrofisiología del trabajo es el campo de acción de la medicina del trabajo siendo esta última una rama de la medicina. La cual estudia el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano.

La electrofisiología del trabajo y sus aplicaciones se divide en dos ramas importantes que son:

- La acción de la corriente eléctrica en los tejidos y órganos.
- La producción de la electricidad por los organismos vivos.

Siendo la primera parte la que mas nos ocupa ya que estudia los problemas de:

- El paso de la corriente eléctrica a través del organismo y resistencia del cuerpo humano.
- Efectos térmicos, quemaduras y cocimiento de los líquidos de los tejidos.
- Excitación eléctrica de los nervios y de los músculos.
- Electrocutión y electrochoque.

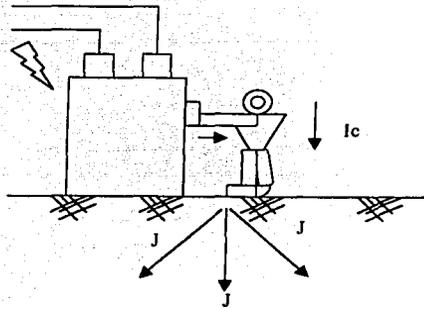
#### **5.3.1 PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA A TRAVES DEL CUERPO HUMANO.**

Durante las actividades realizadas en un recinto que contiene instalaciones eléctricas; los contactos directos e indirectos con los equipos ya sea accidentales o por necesidad de mantenimiento de los mismos, es por lo general con las manos cuando se toca la estructura y por medio de los pies a través del piso.

Debido a esto las trayectorias de la corriente de falla que puede existir en este tipo de establecimientos puede ser de:

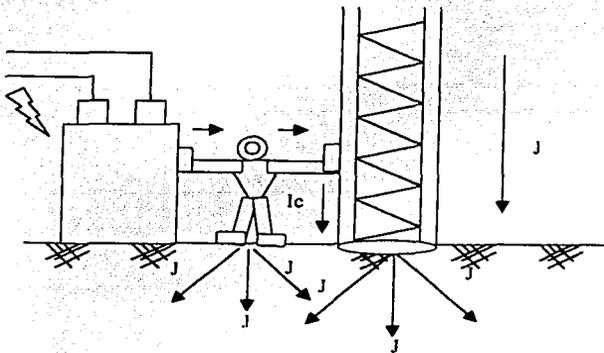
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

a) Contacto con una mano, estando la persona parada sobre suelo conductor; circulación de la corriente longitudinal de mano a pie.



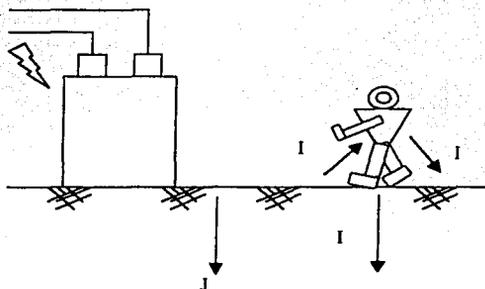
Circulación longitudinal

b) Contacto con las dos manos parada la persona sobre suelo conductor; circulación de corriente longitudinal de manos a pies



Circulación transversal y longitudinal

- c) Contacto con una mano la persona parada con un pie sobre el suelo aislante y el otro sobre piso conductor; circulación de corriente longitudinal de la mano a pie.
- d) Contacto con una mano y con la otra tocando un elemento conductor (columna, muro, etc); la persona parada en un piso aislante; circulación de corriente transversal.
- e) Contacto de mano a cadera; la persona parada sobre suelo aislante; circulación de corriente parcial de manos a cadera
- f) Contacto con un pie la persona parada sobre suelo conductor; circulación de corriente parcial de un pie a otro.



Circulación longitudinal

Los efectos de la corriente, varían en cada caso ya que dependiendo de la trayectoria de la corriente del cuerpo; la resistencia que se presenta tiene diferente valor.

De las trayectorias mencionadas anteriormente el grado de peligrosidad depende del recorrido de la corriente a través del organismo humano; están sustentadas en una larga serie de experimentos efectuados en animales con un peso aproximado al del cuerpo humano, así como el estudio de accidentes ocurridos a personas.

De todo esto se ha concluido que el recorrido de la corriente que pasa a través del torax afecta al corazón directamente; siguiendo en grado de peligrosidad el de la mano izquierda hacia los

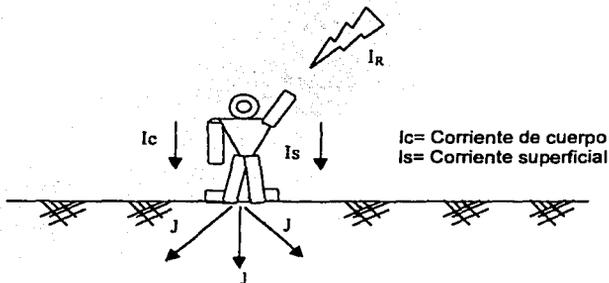
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

pies, ya que también atraviesa el corazón. Algunos investigadores afirman que este recorrido de la corriente el 88% de los accidentes son mortales.

A la caída de un rayo las personas pueden ser afectadas por la corriente que genera este, en dos formas:

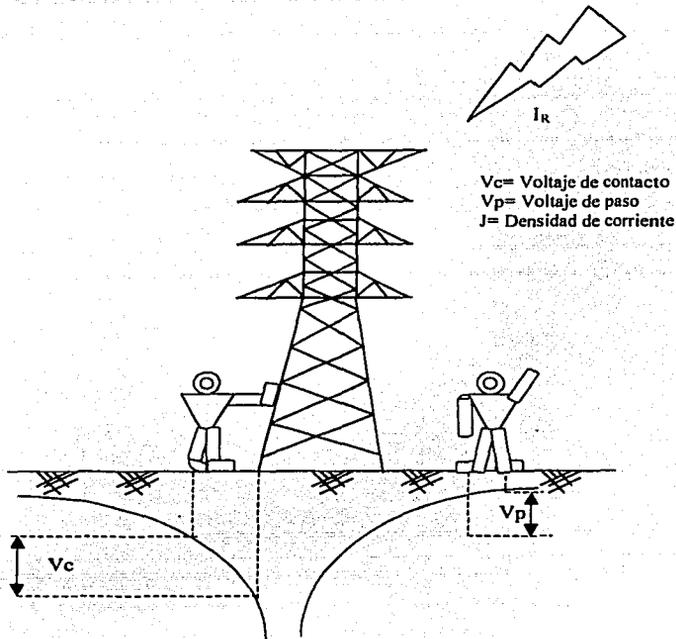
- Impacto directo del rayo (caso 1).

-Al tocar un elemento (estructura metálica, árbol, pared, etc.), por cual circule una corriente de rayo originándose los voltajes de contacto y de paso (caso 2), según se muestra en los dibujos.



Caso 1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Caso 2

En tales casos la corriente del rayo puede recorrer el organismo humano de las siguientes formas:

- 1) De manera longitudinal de brazo o cabeza a pie, en cuyo caso se presenta como un arco o flameo superficial, por la piel de la persona lo que ofrece ciertas posibilidades de sobre vivencia de la persona.
- 2) longitudinalmente, ya sea de brazo (o de brazos) hacia los pies.
- 3) Circulación de la corriente de un pie a otro, es decir, voltaje de paso.

### 6.3.2 INTENSIDADES DE CORRIENTE QUE PUEDE SOPORTAR EL CUERPO HUMANO

En base a las trayectorias antes descritas, se tiene que el valor de la corriente que circula por el cuerpo humano, va a depender de esta así como de la resistencia, teniendo así diferentes valores de intensidades de corriente, las cuales causan diferentes efectos en el organismo.

De una serie de experimentos y observaciones ocurridas por las caídas de rayos, se han resumido los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica en seis rangos de influencia:

- 1) Intensidades de corriente entre 0 a 25 mA. En este rango las personas empiezan a tener sensaciones de cosquilleo, a medida que aumenta la corriente se presenta una sensación de adormecimiento y entumecimiento de las manos, percibiéndose también calambres e iniciándose convulsiones y las personas no se pueden soltar.
- 2) Intensidades de corriente entre 25 a 80 mA. En este rango se presenta un aumento en la presión sanguínea, así como irregularidades en el funcionamiento del corazón, y debido a esto se inicia la fibrilación, interrumpiéndose el bombeo de sangre; debido a esto se llega a la pérdida de conocimiento. La muerte de la persona puede ocurrir en el transcurso de 2 a 3 horas.
- 3) Intensidades de corriente entre 80 mA a 3 A. En este rango de corriente la fibrilación del corazón es inmediata y si dura más de 0.3 seg. se presenta la muerte.
- 4) Intensidades de corriente entre 3 A a 10 A. La pérdida del conocimiento y el paro pulmonar conduce a la muerte inmediata.
- 5) Intensidades superiores a 10 A. A esta intensidad se origina el calentamiento de los líquidos de los tejidos del cuerpo, lo cual puede conducir a la carbonización de las sustancias que este contiene.
- 6) Corrientes por arco eléctrico. Cuando una persona es afectada por un arco eléctrico; este puede encender la ropa, originando efectos de flama, lo cual puede producir quemaduras de la superficie de la piel, llegándose a tener casos de muerte por quemadura de alta tensión de la superficie del cuerpo..

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los efectos conocidos originados por la corriente del rayo son: Estremecimiento de brazos y piernas, daños cerebrales y al sistema nervioso central, elevación de la presión sanguínea, marcas de entrada y salida de la corriente, pérdidas de conocimiento y trastornos mentales, síncope y paro el corazón, fracturas en particular del cráneo, columna vertebral y de extremidades.

### 5.3.3 RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO

La resistencia del cuerpo humano es variable, tal variación repercute en el valor de la corriente que circula por el cuerpo de personas con alta o baja resistencia. Este hecho explica algunos accidentes mortales que han sucedido con solo 80 Volts en corriente continua.

En algunos estudios realizados, se encontró que la resistencia del cuerpo es inversamente proporcional a la humedad relativa del aire y a la temperatura ambiente, por ejemplo se encontró que en personas con 250,000 Ohms a una temperatura de 20° C y una humedad relativa de 50%, al cambiar la temperatura ambiente a 35° C y la humedad relativa en 95% el valor de la resistencia del cuerpo bajo a valores entre 15,000 y 20,000 ohms .

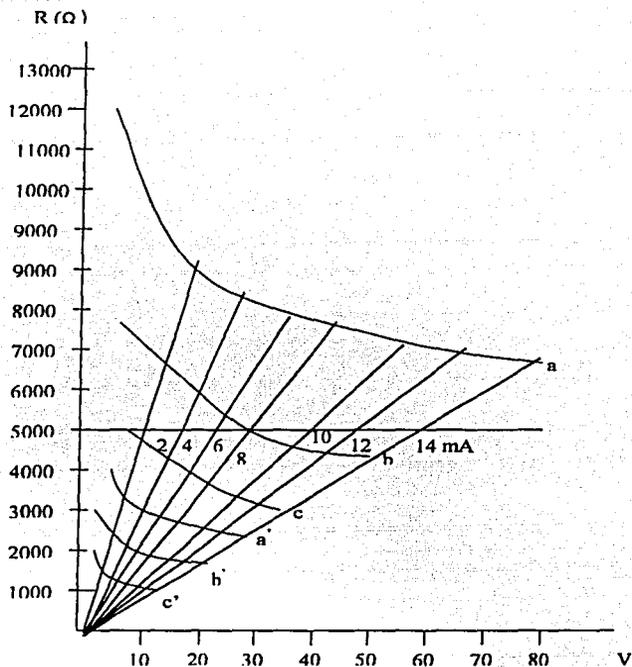
La resistencia del cuerpo varía de manera inversa a la corriente y directamente a la tensión aplicado, así como la condición física de la persona, es decir, si se encuentra seca, húmeda, o mojada, etc.

Por lo que, unos investigadores realizaron pruebas y mediciones; con el propósito de llegar a determinar de manera objetiva valores de tensión para que no se ponga en peligro la vida humana.

Estas investigaciones arrojaron valores mínimos para la resistencia del cuerpo, bajo la piel tiene una resistencia de 500 ohms y 1000 ohms en la superficie de las manos.

Las mediciones demostraron que los valores de resistencia resultan diferentes según sea el estado o condición de la piel, siendo de 100,000 ohms con piel seca, por ello se concluyó que la piel tiene una resistencia efectiva para la conducción de corriente a través del cuerpo, pero también esa resistencia depende de la tensión aplicada, estas circunstancias se puede apreciar en la grafica siguiente:

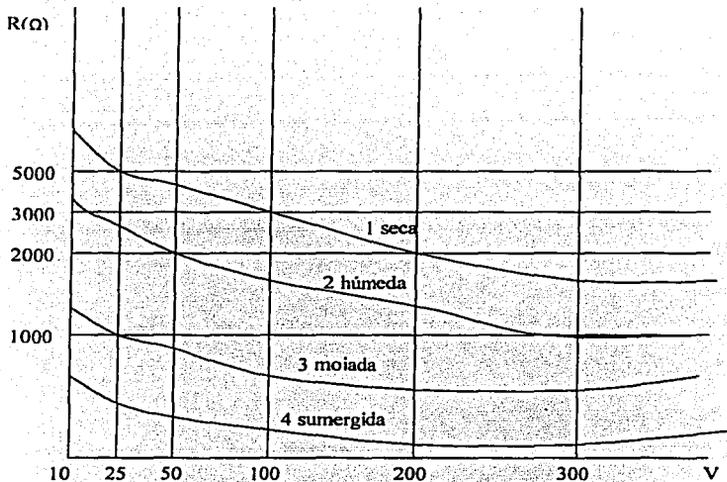
ESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



$aa'$  = Curva límite máxima y mínima de valores medidos con las manos secas  
 $bb'$  = con las manos húmedas  
 $cc'$  = Con manos impregnadas con una solución salina.

Esta gráfica muestra que la resistencia del cuerpo del orden de 12,000 hasta 2,000 ohms disminuye notablemente; dependiendo del voltaje aplicado para un recorrido de la corriente de mano a mano, lo que significa que la resistencia que permanece es únicamente la resistencia interna del cuerpo.

TESTES CON  
 FALLA DE ORIGEN



Valores admisibles en función de la resistencia del cuerpo humano

Resistencia del cuerpo humano en función de la tensión aplicada; con la piel húmeda

Tensión ( V )	Resistencia ( $\Omega$ )
25	2500
50	2000
250	1000

En la siguiente tabla se indica los valores de resistencia del cuerpo humano y corriente en cada una de las cuatro condiciones indicadas en la gráfica anterior.

Condiciones								
Tensión de contacto (V)	1 seca		2 humeda		3 mojada		4 sumergida	
	R ( $\Omega$ )	I (mA)						
10	7,000	1.4	3,500	3	1,200	8	600	17
25	5,000	5	2,500	10	1,00	25	500	50
50	4,000	12.5	2,000	25	875	57	440	114
100	3,000	33	1,500	67	750	133	375	267
250	1,500	167	1,000	250	650	385	325	770

A este fenómeno se le llama perforación de piel.

En base a la variación de la resistencia del cuerpo, se adoptan valores que corresponden a condiciones desfavorables (húmedo, sin vestimenta de protección, piel dañada, etc), enfocándose en tres niveles:

- 1) El cuerpo no presenta resistencia; se tiene un contacto por medio de la mano o el pie con un elemento que conduce corriente a tierra, se considera como contacto directo con una resistencia igual a cero.
- 2) Se acepta que una vez perforada la piel, el cuerpo interno ofrece una resistencia mínima longitudinal (brazo a brazo o de pie a pie) de 1000 ohms.
- 3) Se considera con más detalle de la manera en que la persona establece contacto con elementos defectuosos mencionados anteriormente.

Los criterios para el diseño de puesta a tierra de diferentes reglamentos y normas, solo ofrecen criterios fáciles de aplicar y tener una primera evaluación del grado de peligrosidad o de seguridad para seres vivos, por ejemplo en la guía para la puesta a tierra segura en subestaciones del IEEE STD 80-1976, se declara que adopta el valor de 1000 ohms para la resistencia del cuerpo humano considerándolas trayectorias de una mano a ambos pies, así como de un pie a otro.

ESTÁ CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3.4 EFECTOS TERMICOS DE LA CORRIENTE

Cuando circulan por el cuerpo corrientes intensas, por ejemplo, a partir de 10 A, el calor producido es de la mayor trascendencia. En esta cuestión es determinante la energía transformada en el cuerpo, la cual queda definida por medio de la siguiente expresión :

$$W = R \int I^2 dt \quad \text{en Joules}$$

En la cual:

R = resistencia del cuerpo

$\int I^2 dt$  = es el impulso cuadrado de la corriente que se introduce al cuerpo en A<sup>2</sup> seg.

El calor producido por la circulación de la corriente de alta intensidad, causa quemaduras o carbonización, tanto internas como externas, de diferentes grados de peligrosidad, en función de:

- La intensidad de la corriente .
- El recorrido de la corriente por el cuerpo.
- La trayectoria de la corriente
- La forma y frecuencia de la corriente.

Las altas intensidades de corriente a través del cuerpo son muy peligrosas, pues originan la destrucción de alúmina, así como la evaporación por cocción de la fluidez de los tejidos del cuerpo. Ello conduce frecuentemente, después de algunos días, hacia la muerte de la persona afectada, debido a que el cuerpo no puede eliminar y transformar los productos de la calcinación y, por tanto, se presenta un cuadro de envenenamiento.

### 5.3.5 ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD SOBRE PERSONAS

Un análisis de peligrosidad correcto requiere determinar la corriente de cuerpo, lo cual se hace en el ámbito de las instalaciones de baja tensión; esto es de mayor importancia en instalaciones que pertenecen a redes con neutro rígido o semirígido, en consideración de las elevadas corrientes de tierra. De la electrofisiología del trabajo se conocen ya los valores bastantes aproximados de las intensidades de corriente peligrosas y sus efectos, así como de

intensidad de corriente y relación con el tiempo de permanencia de ella; en general se asume que 0.05 A es ya una intensidad peligrosa, por lo que no debiera sobrepasarse en contactos con tiempo de permanencia mayor a un segundo; con este valor de corriente y la resistencia de cuerpo de 1,300  $\Omega$ , se obtiene uno de los valores de voltaje de cuerpo normalizados para las instalaciones tanto de alta como de baja tensión :

$$V_c = 0.05A * 1,300\Omega = 65 \text{ Volts.}$$

Se sabe de electrofisiología que el cuerpo pueda soportar mayores intensidades de corriente si el tiempo de aplicación se reduce, sin que se presente la fibrilación de la cámara del corazón. Por ejemplo, Charles Dalziel, concluyó que 99.5% de personas podrían soportar, sin fibrilación ventricular, corrientes determinadas por medio de la siguiente expresión:

$$I^2t = 0.0135$$

o bien:

$$I_c = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots (5.1)$$

En donde:

$I_c$  = corriente (RMS) a través del cuerpo en mA.

$t$  = tiempo de aplicación en segundos (alrededor de décimas de segundos)

0.0135 = constante de energía derivada empíricamente.

Dalziel parte de una energía permisible, la cual no debe sobrepasar

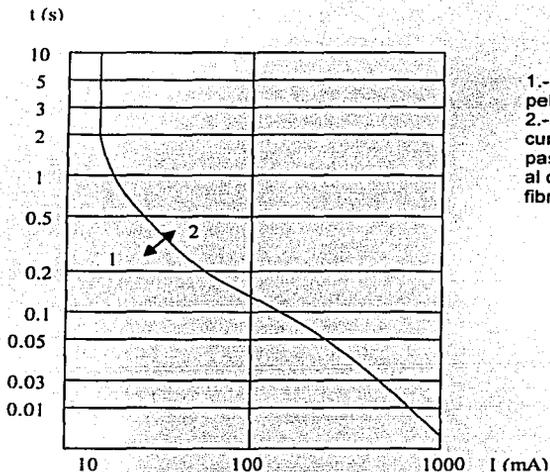
$$E \leq 27 \text{ Watts;}$$

Así que valores de 27 Watts deben ser evitados, pues con experimentos con una energía de 10 Watts originan ya descargas eléctricas severas. Se utilizaron animales con peso superior a 50 Kg. Para reevaluar el valor de la corriente a través del cuerpo ( $I_c$ )

...S CON  
**FALLA DE ORIGEN**

**5.3.5a) MEDIOS GRÁFICOS DE PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE OBTENIDOS POR MEDIOS EXPERIMENTALES.**

De los estudios realizados por el grupo médico internacional de productores y distribuidores de energía eléctrica (UNIPIDE), en Europa; se obtuvo la siguiente grafica de peligrosidad:



- 1.- Zona estadísticamente no peligrosa
- 2.- Zona peligrosa, siguiendo la curva de arriba hacia abajo se pasa del peligro de tetanización al de asfixia y luego a la fibrilación cardíaca

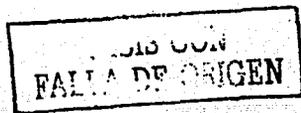
Grafica de peligrosidad en función de la corriente del tiempo de contacto

La cual se encuentra en función de la corriente y del tiempo de contacto; obteniéndose la siguiente expresión.

$$I_{CP} = I_D + \frac{10}{t} \dots \dots \dots (5.2)$$

En donde:

$I_{CP}$ = Corriente de contacto peligrosa en mA.

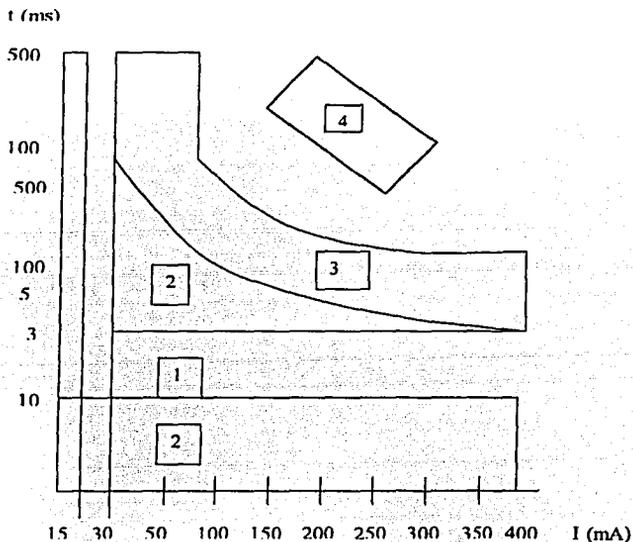


$I_0$ = Corriente de desprendimiento en mA (distinta para hombres, mujeres y niños) para el dibujo de la grafica se adopto el valor promedio de 10 mA.

$t$ = tiempo de permanencia de la corriente de falla sobre el cuerpo en segundos.

### 5.3.5b) ESTUDIOS MÉDICOS REALIZADOS EN CASOS DE ACCIDENTES POR CONTACTO.

La siguiente gráfica muestra los estudios médicos por accidentes por contacto con duración menor a 1 segundo, en la cual el eje de las coordenadas están los tiempos de permanencia de la corriente y en el eje de las abscisas los valores de las corrientes de falla



Gráfica de peligrosidad en base a los tiempos y umbrales de interruptores diferenciales

FAJTA DE ORIGEN

Como se observa existen cuatro zonas de influencia de la corriente de falla las cuales son:

**Zona 1:** Margen de disparo de un interruptor automático por corriente de falla  $I_f$  con un valor de 30 amp.

**Zona 2:** La corriente de falla no influye sobre el ritmo cardiaco ni sobre el sistema nervioso.

**Zona 3:** La intensidad de la corriente es aun soportable, pero sí rebasa los 50 mA. se pierde el conocimiento.

**Zona 4:** Se produce la fibrilación ventricular, peligro de muerte.

Los fabricantes de interruptores diferenciales definen los tiempos y umbrales de interacción de estos en relación con estas zonas.

Debido a que no se cuentan con datos experimentales sobre el efecto que la corriente origina en las personas; sino solamente con observaciones de accidentes ocurridos a personas y ensayos realizados con animales con peso aproximado al del cuerpo humano.

En la práctica mundial se manejan diferentes conceptos (voltaje de paso, voltaje de contacto, peligrosidad de la corriente eléctrica, etc.), varían en función de la resistencia del cuerpo que se toma en cuenta.

Desde luego, es conveniente que las personas que planeen y diseñen los sistemas de tierra conozcan los posibles niveles en que se puede resolver el problema de la seguridad en los seres vivos; para que estén en posibilidades de conseguir soluciones de manera racional.

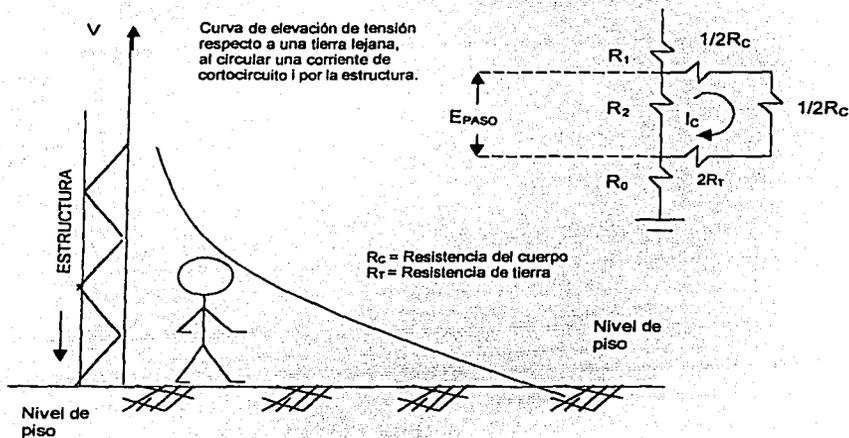
Existen ciertos criterios de validez general para abordar los problemas de la práctica, en los cuales además de los experimentos en electrofisiología se consideran los resultados de la experiencia acumulada durante muchos años de aplicación en cuestiones como: multiplicidad de accidentes, condiciones de seguridad implantadas entre otras.

Así con base en tales clases de criterios, en las instalaciones de redes con el punto estrella libre o compensado, por medio de la bobina de extinción de contactos a tierra (bobina Petersen), el valor máximo de voltaje de contacto se venía limitando a 65 volts.

Es necesario para una buena comprensión tomar en cuenta los casos que se presentan al hacer contacto con superficies puestas a diferente potencial.

Las diferencias de potencial tolerables se determinan de acuerdo con los conceptos manejados mundialmente de voltaje de paso, de contacto y de transferencia.

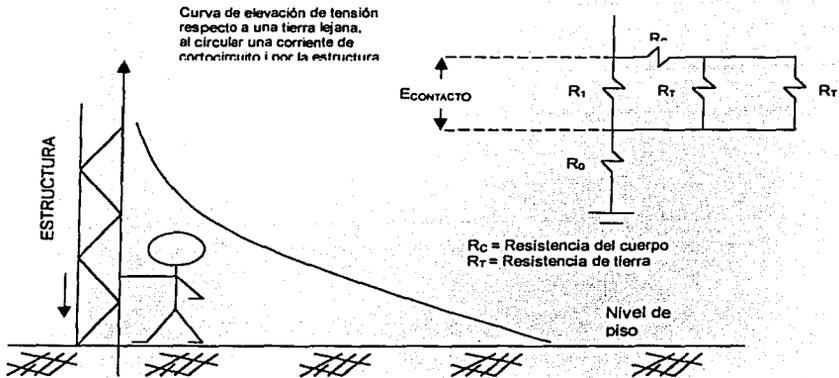
En la siguiente figura se muestra el circuito equivalente de la diferencia de voltaje de un paso o contacto entre los pies. La distancia de contacto entre los pies se supone de un metro.



TENSIÓN DE PASO CERCA DE UN ESTRUCTURA

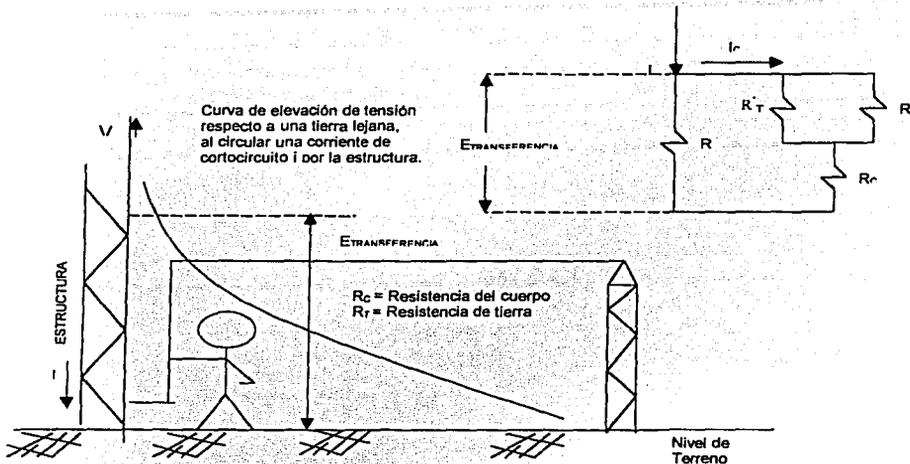
En la siguiente figura se muestra el circuito equivalente para el contacto entre las manos y los dos pies. La distancia medida sobre el suelo, igual al alcance normal es de un 1 metro.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TENSIÓN DE CONTACTO A UNA ESTRUCTURA CONECTADA A TIERRA.

En la siguiente figura se muestra el contacto con voltaje de transferencia. En este caso se hace contacto con un conductor que se encuentra puesto a tierra en un punto lejano. La tensión de choque eléctrico puede ser esencialmente igual a la elevación total de potencia de la red de tierras.



**TENSIÓN DE TRANSFERENCIA**

Los circuitos de las figuras 1, 2, 3 (Incluyen la resistencia del sistema de electrodo de tierra ( $R_1, R_2, R_0$ ) la resistencia de contacto de la mano y de los zapatos (las dos últimas se consideran despreciables), la resistencia  $R_T$  del terreno inmediato de cada pie, la resistencia del cuerpo  $R_C$ . Para fines prácticos se considera.

$$R_T = 3\rho_s \dots\dots\dots (5.3)$$

para cada pie

Donde:

$\rho_s$  = resistividad superficial  $\Omega$  /metro que tomará el pie

El valor de la resistencia del cuerpo humano  $R_C$  es variable; la IEEE STD. 80-1976 guía para la puesta a tierra segura en subestaciones recomienda, que se tome un valor de 1000  $\Omega$  para la

resistencia del cuerpo, considerando las trayectorias de una mano a ambos pies, así como de un pie a otro pie.

Sustituyendo las constantes apropiadas en los circuitos de cada caso mencionadas anteriormente y los valores tolerables de la corriente de la ecuación 5.1 así como de la ecuación 5.3 y  $R_c = 1000 \Omega$ , se obtiene:

Para el caso de voltaje de paso de la figura 1.

$$V_p = (R_c + 2R_T)I_C = (1,000 + 6\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

$$V_p = \frac{116 + 0.7\rho_s}{\sqrt{t}} \text{ Volts} \dots\dots\dots (5.4)$$

Para el caso de voltaje de contacto de la figura 2

$$V_C = (R_c + \frac{R_T}{2})I_C = (1,000 + 1.5\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

$$V_C = \frac{116 + 0.17\rho_s}{\sqrt{t}} \text{ Volts} \dots\dots\dots (5.5)$$

Como norma se a tomado como valor máximo de tensión que puede soportar el cuerpo humano durante un tiempo 1.2 segundos el valor de 150 volts.

#### 5.4 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE TIERRAS

El sistema de tierras se encuentra formado por conductores, electrodos de tierra y conectores o juntas.

a) Conductores.

Por lo general los conductores empleados para unir los diferentes elementos del sistema de tierras son de cobre, ya sea desnudo o aislado, se emplea el cobre por su buena

conductividad, resistencia a la corrosión y un elevado punto de fusión, además de su bajo costo.

b) Electrodo de tierra.

Existen diversos tipos de electrodos que se emplean en el sistema de tierras, pudiendo ser: un conductor enterrado en forma vertical u horizontal, placas enterradas, una varilla (de acero o copperwell), electrodos con relleno químico, vigas metálicas cimentación de hormigón armado, etc.

c) Conectores o juntas.

Estos son generalmente conectores a presión y conectores soldables.

Los conectores a presión se fabrican en dos tipos: atornillables y a presión. Los de conector atornillables se fabrican en dos piezas que se unen por medio de tornillos. El material con el que se fabrican son de bronce, con alto contenido de cobre y los tornillos son de bronce al silicio, dándoles alta resistencia mecánica y a la corrosión.

Los conectores a presión, se fabrican de una sola pieza y mediante herramientas especiales se colocan a las uniones; estos dos tipos de conectores deben diseñarse para que soporten una temperatura máxima de 250° C a 350° C, para que no se fundan al momento de circular una corriente por el sistema de tierra.

Conectores soldables, son aquellos que mediante una reacción química exotérmica fusionan los conductores y el electrodo en forma molecular, mejorando la conductividad de la unión, ya que en esta unión se aumenta la sección del conductor.

#### 5.4.1 ELECTRODOS PARA PUESTA A TIERRA

Los electrodos que se utilizan comunmente son:

- a) Varillas (Copperwell y aceros galvanizados)
- b) Placas enterradas
- c) Cables enterrados
- d) Electrodo múltiples

- e) Vigas metálicas
- f) cimentaciones de hormigón armado
- g) mallas
- h) Tratamiento del terreno con sustancias químicas.

En seguida se realiza una descripción de cada uno de ellos:

a) **Varillas.** Son electrodos artificiales, cilíndricos que se introducen en el terreno de forma vertical, el valor de resistencia de tierra que nos ofrecen estos electrodos enterrados en el terreno es en relación directa con la resistividad aparente del terreno y en relación inversa con la longitud del mismo.

$$R = \frac{\rho_s}{L} \dots\dots\dots (5.6)$$

Suelen fabricarse de acero galvanizado o de acero recubierto de cobre (Copperwell) encontrándose a menudo perfiles de acero galvanizado.

**b) Placas enterradas**

Son electrodos artificiales de forma circular que ofrecen una gran superficie de contacto con el terreno en relación con su espesor, se fabrican de cobre, de acero galvanizado o de acero recubierto de cobre.

La resistencia de una toma de tierra constituida por una placa enterrada a una profundidad suficiente es aproximadamente igual a:

$$R_p = \frac{\rho_s}{4r}$$

Si el área un círculo es  $A = \pi r^2$  y

$$R_p = \frac{\rho_s}{4} \left( \frac{1}{r} \right) \dots\dots\dots (5.7)$$

Sustituyendo el área del círculo en 5.7, se tiene que

$$R_p = \frac{\rho_s}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}} \dots\dots\dots(5.8)$$

Donde:

$R_p$  = Resistencia a tierra en  $\Omega$

$\rho_s$  = Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$

$A$  = Área ocupada por la placa en  $m^2$

La instalación de un electrodo de placa se debe de hacer a una profundidad mínima de 50 cm por debajo de la superficie del terreno. Esta se coloca verticalmente y se rellena con tierra buena y arcillosa, no se debe aplicar tierra de escombro o con piedras; se riega con agua compactándose la tierra al ir rellenando la excavación donde se coloca la placa.

Se construye un registro de inspección ya sea de un material aislante de concreto o de cerámica al nivel del terreno; la conexión de la placa a la línea de tierra se realiza con soldadura aluminotérmica y si es posible a lo ancho de la placa.

### c) Cables enterrados

Son electrodos artificiales que consisten en colocar en forma horizontal cables o flejes desnudos en zanjas, debajo de la cimentación de los edificios o enterrados a una profundidad suficiente. La resistencia a tierra en ohms que ofrece el conductor enterrado como electrodo; es directamente proporcional a la resistividad del terreno e inversamente proporcional a la longitud en metros del cable enterrado.

$$R_c = \frac{\rho_s}{L} \dots\dots\dots (5.9)$$

Donde:

$\rho_s$  = Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$

$L$  = Longitud del conductor en metros

Con la colocación en forma horizontal y vertical se forma una malla y agregando la ecuación 5.9 a la ecuación 5.8, se tiene que:

$$R_c = \frac{\rho_s}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A} + \frac{\rho_s}{L}} \dots\dots\dots (5.10)$$

Donde :

L = longitud total de conductores enterrados en la red de tierras en metros

Las ecuaciones anteriores pueden emplearse con razonable precisión para profundidades de una red menores a 0.25 metros, para profundidades entre 0.25 y 2.5 metros se requiere una corrección por profundidad.

$$R_s = \rho \left[ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \dots\dots\dots (5.11)$$

En donde:

h = profundidad de la malla

La ecuación 5.8 se utiliza para tener un valor estimado de la resistencia a tierra. Las ecuaciones 5.10 y 5.11 son de gran ayuda para calcular la elevación de potencial a tierra para evaluar un diseño preliminar y determinar la longitud aproximada de conductores enterrados que se necesitan para el control de los voltajes de paso y contacto.

La instalación de los conductores se hace en zanjas estirando o en zigzag a una profundidad de 80 cm lo cual impedirá que puedan ser afectados por las labores del terreno.

En el caso de colocar conductores en zanjas se tiene un electrodo denominado horizontal, el cuál requiere espacio para su colocación; por lo que sólo se recomienda su colocación donde se cuente con suficiente área de terreno y que no se tenga fácil acceso para evitar su hurto.

En 1936 H. Dwith propuso la siguiente fórmula para un cable enterrado:

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ Ln \frac{4L}{a} + Ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \dots \right] \dots \dots \dots (5.12)$$

Donde:

a = radio del conductor

L = longitud del conductor / 2

s = profundidad \* 2

$\rho$  = resistividad específica del terreno ohms \* metro

Donde en la longitud del conductor debe de tomarse en cuenta la longitud de las varillas.

De la ecuación 5.12 se pueden despreciar los términos a partir de  $s/2L$ , debido a que son aproximados a cero. Por lo que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ Ln \frac{4L}{a} + Ln \frac{4L}{s} - 2 \right] \dots \dots \dots (5.13)$$

Está última ecuación se emplea para tener un valor más aproximado de la resistencia del sistema de tierra que la ecuación 5.10, la cual también puede emplearse con una aproximación adecuada.

Las zanjas se rellenan con material susceptible de retener humedad (tierra arcillosa, tierra vegetal, etc) nunca con material de desecho, que impida el buen contacto tierra electrodo.

En la instalación de los conductores si se colocan en las zanjas de las cimentaciones de los edificios, se procura que queden embebidos en el hormigón, directamente para que queden protegido el cable y además al estar en contacto permanente con el hormigón, este se convierte en electrodo auxiliar de la instalación; igualmente se debe realizar los registros de inspección para dar mantenimiento al sistema de tierras, así como tomar las lecturas del valor de la resistencia.

c) Electrodo múltiples.

El electrodo común es un medio económico de instalar un sistema de tierra sin embargo, generalmente su valor de resistencia a tierra es alto, por lo que frecuentemente se deben colocar varios electrodos en paralelo, calcular el valor de dos o más electrodos en paralelo representa un margen de error, si se considera un suelo homogéneo o en condiciones ideales que en la práctica no acontece. Para calcular resistencias combinadas se necesita suponer que las cargas están distribuidas uniformemente sobre ambos electrodos.

e) Vigas metálicas.

Las vigas metálicas introducidas en el terreno y en contacto con el, se comportan como electrodos de puesta a tierra verticales (varillas) y se puede llegar a valorar la resistencia de puesta a tierra de este tipo de electrodo, considerando que es una varilla de tipo circular y de diámetro el del círculo inscrito a la viga.

El valor de la resistencia de puesta a tierra viene dado por la expresión:

$$R = 0.366 \frac{\rho}{h} \log \frac{3h}{d} \dots\dots\dots (5.14)$$

donde:

$\rho$  = resistividad aparente del terreno en ohms / metro.

$d$  = diámetro del cilindro inscrito en metros.

$h$  = profundidad de la viga enterrada en metros.

En terrenos normales, la resistencia de puesta a tierra de una viga de este tipo oscila entre 50 y 150 ohms. Si se trata de pilares soporte de un edificio de varios pisos, el valor de la resistencia de tierra desciende a unos pocos ohms.

f) Cimentaciones de hormigón armado

En edificios de cimentación de hormigón, la armadura de hormigón puede reemplazar al electrodo de puesta a tierra de varilla de acero.

La resistencia de puesta a tierra con esta cimentación de hormigón armado como electrodo de tierra, viene dada por la siguiente expresión:

$$R = 0,2 \frac{\rho}{V} \dots\dots\dots (5.15)$$

donde:

$\rho$  = resistividad aparente del terreno en ohms / metro.

$V$  = volumen de la cimentación de hormigón enterrada en metros cúbicos.

La resistividad del hormigón enterrado varia mucho según la humedad del terreno y la estación del año, por lo que se recomienda que se coloque lo mas profundamente posible.

#### g) Mallas

Los pilares de un edificio enterrado a cierta profundidad, ya sean metálicos o de hormigón armado, se pueden considerar como electrodos adecuados de puesta a tierra. El revestimiento del hormigón de estos pilares no se opone como utilización de puesta a tierra y no modifica sensiblemente, el valor de su resistencia.

Se deberán unir entre sí estos pilares por medio de conductores enterrados horizontalmente, que es lo que constituye la malla de toma de tierra. Las estructuras metálicas y las armaduras de muros o soportes de hormigón se unirán mediante un cable conductor a la conducción enterrada por soldadura, en puntos situados por encima de la solera inferior.

#### h) Tratamiento del terreno con sustancias químicas.

Consiste en modificar el medio que rodea al electrodo, bajando la resistividad del suelo, los más usuales son:

**CARBON MINERAL:** Ha venido a sustituir el carbón vegetal, por tener mejores cualidades aunque requiere en cierta medida de la humedad. Su eficiencia abarca hasta un 40 % de reducción de la resistencia del terreno.

**BENTONITA:** Se usa también como medio artificial para bajar la resistividad del terreno y a la vez reducir el valor de resistencia de tierra. La bentonita en sí es una arcilla, y su principal propiedad es la capacidad de absorber y retener agua.

Básicamente consiste en ocupar las grietas, aberturas y huecos que existen o hacen en el terreno, mediante una masa que envuelve las partículas del mismo y los une eléctricamente, formando una gran superficie de contacto, haciendo un buen camino para las corrientes eléctricas que se drenan a tierra. Su eficiencia va del 60 hasta el 90 % de reducción de la resistencia del terreno.

#### **METODO DE SANIK**

Consiste en el tratamiento del terreno con dos compuestos cuya combinación se forma un gel el cual es un conductor de electricidad.

El arrastre del producto por las aguas de lluvia, es lento ya que tarda de 6 a 8 años la eficiencia que se alcanza con este tratamiento es del 25 al 80 %.

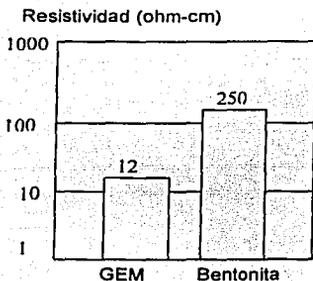
#### **TRATAMIENTO DEL TERRENO CON EL COMPUESTO DENOMINADO GEM.**

Este compuesto mejora la efectividad del aterrizamiento independientemente de las condiciones del terreno, puede ser utilizado cuando las varillas de tierra no pueden introducirse totalmente en el terreno o cuando el área del terreno es limitado y no se pueden colocar otro tipo de arreglos.

Este tratamiento se aplicará de la siguiente manera:

- 1.- Cavar una fosa
- 2.- Destapar el cufilete de cartón y sacar el costal de carbón mineral y la bolsa de rebabas de cobre.
- 3.- Utilizando una pala, se mezcla bien el carbón con las rebabas de cobre y tierra de origen orgánico, más electrolito con 10 litros de agua, agregando un saco de GEM de 11.36 Kgs. Dicho componente reduce más la resistencia del terreno, mejor que la bentonita.
- 4.- Colocar en el centro de la fosa el electrodo, con su filtro de sales minerales a un costado.
- 5.- Vaciar alrededor del electrodo y el filtro de sales minerales la porción de la mezcla, cuidando de no maltratar los equipos cubriéndolos hasta su tope.
- 6.- Conservar siempre húmeda la fosa, para preservar su resistividad baja.

7.- como se muestra en la gráfica, el GEM, tiene un factor de resistividad menor que la bentonita.



Como se muestra en la grafica GEM tiene un factor de resistividad más de 20 veces menor que la Bentonita. Instalado GEM tiene una resistividad menor a 20Ohms-Cm

Se ha elegido este compuesto por los datos que proporciona el fabricante de los cuales se ha deducido que tiene una eficiencia del 95 % para la reducción de la resistencia.

#### 5.5 METODOS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La resistividad eléctrica o resistencia específica del suelo, es la resistencia de un volumen que tenga un área con sección transversal y longitud unitarias.

La resistividad del terreno para un diseño de una red de tierras, generalmente se determina por la interpretación apropiada de los datos de campo, debido a que la resistividad del terreno varía tanto horizontal como verticalmente, los datos se conocen como perfil de resistividad aparente del suelo, los cuales se obtienen por pruebas en varios lugares y hasta en una cierta profundidad del terreno. Existen varios métodos de medición de la resistividad del terreno, lo cuales se mencionan enseguida.

a) Método de Wenner.

a.1) Electrodo igualmente espaciados o arreglo de Wenner.

a.2) Método de electrodos no igualmente espaciados o arreglo de Schlumberger-Palmer.

b) Método de la caída de tensión ó de los tres puntos.

c) Método de Lee

d) Método del electrodo central

Pero los métodos más utilizados se detallan a continuación:

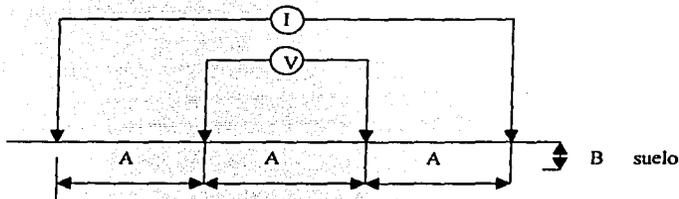
a).- Método de 4 puntos o método de Wenner.

Este método es el más utilizado para la medición de la resistividad promedio del terreno. Se entierran pequeños electrodos a una profundidad "B" y espaciados sobre una línea recta a intervalos "A". Se hace circular una corriente de prueba  $I$  entre los dos electrodos exteriores y se mide con un voltmetro de alta impedancia, la tensión entre los electrodos interiores. La relación  $V / I$  nos dará el valor de la resistencia  $R$  en Ohms.

Existen dos variaciones en este método:

a.1) Electrodo igualmente espaciados o arreglo de Wenner.

Con este arreglo, los electrodos están igualmente espaciados como se ve en la figura.



$$B = 0.1 \text{ A}$$

Si "A" es la diferencia entre dos electrodos adyacentes, la resistividad en términos de las unidades de longitud en que "A" y "B" se midan será:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}} \dots\dots\dots (5.16)$$

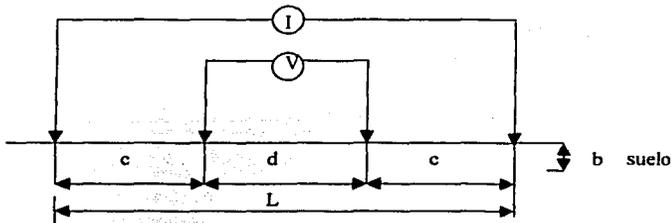
si "A" y "B" se miden en cm o m y la resistencia R en Ohms, la resistividad estará dada en Ohms cm o en Ohms m respectivamente. Si la longitud "B" es mucho menor que la longitud "A", puede suponerse B=0 y la formula se reduce a:

$$\rho = 2\pi AR \dots\dots\dots (5.17)$$

Con estas fórmulas se obtiene la resistividad promedio del terreno, también conocida como resistividad aparente.

a.2) Electrodo no igualmente espaciados o arreglo de Schlumberger-Palmer.

Una desventaja del método Wenner es el decremento rápido en la magnitud de la tensión entre los dos electrodos interiores cuando su espaciamiento se incrementa a valores muy grandes. Para medir la resistividad con espaciamientos muy grandes entre los electrodos de corriente, puede usarse el arreglo de la figura:



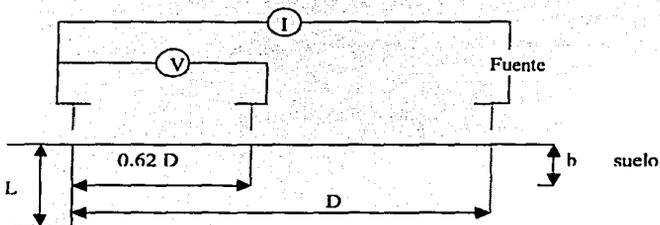
Los electrodos de potencial se localizan lo más cerca de los correspondientes electrodos de corriente, esto incrementa el potencial medido. La fórmula empleada en este caso se puede determinar fácilmente. Si la profundidad de los electrodos es pequeña comparada con la separación "d" y "c", entonces la resistividad aparente puede calcularse como:

$$\rho = \frac{\pi(c+d)R}{d} \dots\dots\dots (5.18)$$

Además con valores grandes de  $d/L$  las variaciones de los valores medidos, debidas a irregularidades en la superficie, se reducen dando mediciones mas precisas.

b) Método de 3 puntos o de caída de potencial.

El diagrama de conexiones para este método se muestra en la figura:



En este método la profundidad  $L$  de la varilla de prueba es variable. Las otras 2 varillas conocidas como varillas de referencia, se entierran a una profundidad " $b$ " y en línea recta con la varilla de prueba. La varilla de referencia de tensión deberá localizarse a 62% de la distancia entre la varilla de referencia de corriente y la varilla de prueba. Para minimizar la interferencia Inter.-electrodos, la varilla de referencia de corriente deberá localizarse al menos a una distancia  $5L$  de la varilla de prueba. Estas especificaciones para la localización de las varillas de referencia, están basadas en la suposición de un suelo uniforme.

- Resistencia a tierra de una varilla.

En un suelo uniforme de resistividad  $\rho$ , la resistencia a tierra de una varilla de diámetro  $d$  y enterrada una longitud  $L$ , está dada por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ Ln \frac{2.943L}{d} \right] \dots\dots\dots (5.19)$$

Para cada longitud  $L$  de la varilla la resistencia  $R$  medida, determina el valor de resistividad aparente.

La expresión 5.17 es equivalente a:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ L \ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (5.20)$$

Donde:

R = Resistencia en Ohms

$\rho$  = Resistividad específica del suelo en Ohms metro

L = Longitud de la varilla

a = Radio de la varilla

En 1936 fue propuesta por H.B. Dwight para el cálculo de la resistencia a tierra, esta fórmula es aproximada ya que incluye el efecto de imágenes; facilitando el trabajo del proyectista la cual aparece en IEEE142-1982, IEEE Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems, con el permiso del departamento de standards del IEEE.

## 5.6 SISTEMA DE TIERRA EN UNA RADIOBASE

La aplicación de un sistema de tierras en una radiobase es un caso específico, ya que en estas se encuentran sistemas de potencia (para alimentación de los equipos), así como sistemas de comunicaciones. Por lo que es necesario tener una clasificación de las redes de tierra como lo marcan las normas internacionales en los siguientes clases:

- a) Puesta a tierra para protección. Se hace necesario la interconexión a tierra de las partes de las instalaciones eléctricas que no se encuentran sujetas a voltajes normalmente, pero pueden tener una diferencia de potencial debido a fallas o accidentes.
- b) Puesta a tierra para funcionamiento. Es necesario la conexión a tierra en determinados puntos de una instalación eléctrica con el fin de mejorar el funcionamiento y una mejor regularidad de operación.
- c) Puesta a tierra para trabajo. Con frecuencia durante las actividades de trabajo en una instalación eléctrica como son: mantenimiento, ampliaciones, reparaciones, etc. Es necesario

realizar conexiones a tierra temporalmente con partes de la instalación puestas fuera de servicio, con el fin de que sean accesibles sin peligro para que se realicen estos trabajos.

En cualquiera de los casos de puesta a tierra mencionados anteriormente no se deben exceder los valores de seguridad establecidos e indicados en el punto 5.3.

Para el diseño de la red de tierras de una radiobase se disponen básicamente de 3 sistemas radial, anillo y red (malla).

## **5.7 SISTEMA DE TIERRA PARA RADIOBASES INSTALADAS.**

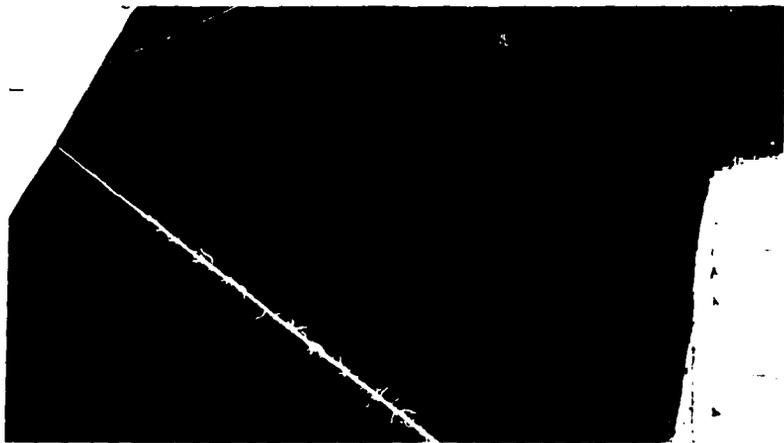
- Para las radiobases instaladas, se deben tomar lecturas de resistividad del terreno con un megger (medidor de resistencia de la tierra) para realizar el cálculo de diseño del sistema de tierras, tal como se describió anteriormente.
- El sistema de puesta a tierra de una radiobase, es un sistema perimetral o malla para la sala o contenedor y una para la torre, unidos entre sí con cable desnudo calibre 2/0 AWG en dos puntos diferentes como mínimo.
- El sistema se debe localizar a 0.61m. por debajo del nivel de piso terminado y con una separación mínima entre electrodos la longitud de este, todas las conexiones del sistema se deben realizar con soldadura exotérmica.
- El sistema se debe diseñar de acuerdo a la torre a instalar autosoportada o arriostrada.
- La bajante del pararrayos debe de ir lo más recto posible y evitar en las vueltas radios de curvatura mínimos a 0.305 mts. (1'), conectar el cable directamente a un electrodo y unirlo al sistema de tierras.
- Para conectar la base de la torre retenidas, patas de torre, instalación de electrodos.
- En edificios o casa particulares se recomienda instalar el cable del pararrayos y el de tierra física con aislamiento. Además de instalar un tubo conduit PVC de N.P.T. (Nivel de Piso Terminado) a 2.50m. de altura para seguridad del personal. Se recomienda llevar separado el cable de la bajante del pararrayos del sistema de corriente alterna, por seguridad ante cualquier descarga atmosférica.

## 5.8 IMAGENES DE SISTEMA DE TIERRAS EN UNA RADIOBASE

Se muestra en la fotografía el registro de un sistema de tierras



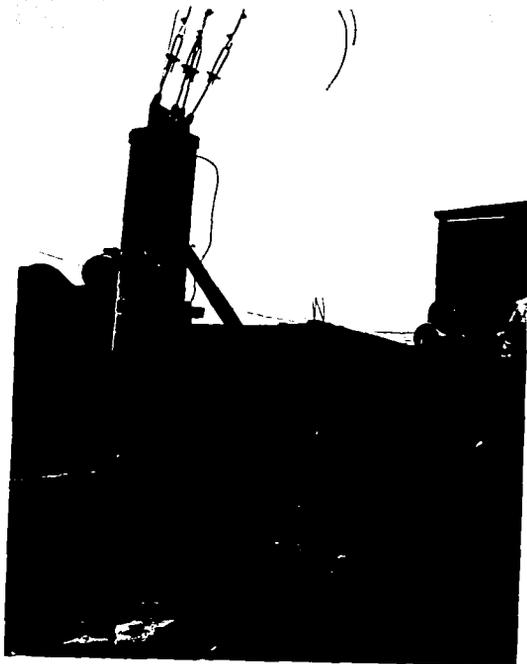
Se muestra un arreglo de cuatro electrodos interconectados en el patio interior de una casa



Se muestra un punto de interconexión de un electrodo y un conductor mediante soldadura cadweld



Vista de una columna de los arriostres que sirve como anclaje de la torre y que contiene un cable para su aterrizamiento.



## CAPITULO 6

### EJEMPLOS TIPO

#### 6.1 GENERALIDADES

Hablar de una radiobase, es hablar de algo que no es común pero que en el universo de las telecomunicaciones es algo extraordinario, ya que alberga un campo muy amplio la realización de un enlace de telefonía celular, la energía eléctrica es importante para el funcionamiento de la radiobase, es por eso, que en este capítulo vamos a hablar de todo lo que encierra un proyecto eléctrico de esta naturaleza. Se colocarán planos para que sea un poco mas sencilla la visualización de lo que es en si una radiobase.

En este capítulo retomaremos algunos puntos que se trataron anteriormente y que son de torres del tipo arriestrada y autosoportadas que van a ser los ejemplos de las radiobases en cuestión.

Se va a dar una descripción desde el inicio de un proyecto de esta tipo hasta su aprobación por parte de la empresa de telefonía celular; a la cual se le entregará el proyecto; es por eso, que tenemos que partir de datos que la empresa de telefonía celular proporciona, a su vez, de los obtenidos en campo y por consiguiente de todos los medios que el proyectista tanto arquitectónico como electricista tengan para realizarlo satisfactoriamente.

#### 6.2 INSTALACIÓN ELECTRICA

Al diseñar el proyecto eléctrico para un sitio celular, la instalación tendrá la capacidad de recibir, conducir y distribuir adecuadamente la energía eléctrica desde la acometida hasta los puntos que requieran su aprovechamiento y uso.

Para la realización de este proyecto se necesita disponer de:

- Los planos arquitectónicos del proyecto de construcción de la radiobase.
- Levantamiento de datos en el sitio donde se propone la ejecución de la instalación.
- Los datos son proporcionados por la empresa de telefonía celular, los cuales contienen: La ubicación, altura de torre y configuración.

Todas las consideraciones para el cálculo y diseño del proyecto eléctrico se basan en la siguiente documentación:

- Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE 1999) Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.
- Recomendaciones y especificaciones para el sistema de energía eléctrica así como para el sistema de tierras por parte de la empresa de telefonía celular.

### **6.3 LINEAMIENTOS DE DISEÑO DEL PROYECTO.**

Teniendo en cuenta las características de disposición del inmueble, con respecto al suministro de la energía eléctrica, se proponen los siguientes lineamientos de diseño:

a).- Se tomará el servicio para la instalación eléctrica desde una nueva acometida contratada en baja tensión y que junto con un interruptor principal asociado, se colocará lo mas cerca posible a la acometida que actualmente proporciona la Compañía de Luz y Fuerza para el inmueble.

b).- Se provee al sitio con sus propios medios de distribución y protección.

c).- Dada la sensibilidad de la carga a conectar, se provee de sistemas de tierra física, independientes de cualquiera que exista en el inmueble, así como se colocara un sistema de protección contra descargas atmosféricas para el control de dichas descargas y protección de vidas humanas, así como del equipo y sistemas eléctricos.

### **6.4 COMPOSICIÓN DEL PROYECTO.**

Su composición consta de dos partes principales que son:

a).- ARQUITECTONICO.

Se refiere a la composición arquitectónica de donde se parte, utilizando una planta y un corte del lugar donde será colocada la radiobase, de estos se derivan otros que nos ayudan para poder realizarla según el terreno o azotea que se tenga y así colocar los elementos que constituyen a la radiobase.

## **b).- ELÉCTRICO.**

Para la ejecución de un proyecto eléctrico de la radiobase, antes que nada debemos contar con una planta y de un corte del sitio de donde será colocada la radiobase, después se realizarán los planos que contengan las plantas de las instalaciones que lleva el proyecto como son planta de instalación eléctrica, sistema de tierras y fibra óptica, que más adelante trataremos.

### **6.5 TIPOS DE TORRES.**

Las torres que se usaran para las cuestiones de ejemplos serán:

a).- TORRES AUTOSOPORTADAS.

b).- TORRES ARRIOSTRADAS

Este tipo de torres fueron descritas en el capítulo 1, por ello no se hace una descripción de cada una de ellas en este sección.

### **6.6 TIPOS DE PLANOS.**

Para poder realizar el proyecto eléctrico se necesita primero ir al lugar, conocerlo, ver por donde y en donde se colocará la acometida eléctrica, se hace el levantamiento, se lleva a dibujo y se obtienen los planos arquitectónicos tales como: La planta y corte del sitio en cuestión, y de ahí se parte para armar los diferentes tipos de planos que a continuación se presentan:

#### **6.6.1 PLANOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

En estos planos como su nombre lo dice se plasma toda la instalación eléctrica que vaya a contener la radiobase, para esto se harán tres tipos de planos que son:

\* Un plano IE-1; el cual lleva la planta y algunos detalles, (los detalles se colocarán o no en base al espacio del que se disponga en el mismo). En este plano vamos a ver como se distribuyen las instalaciones en todo el lugar, así como otros elementos que lleva el plano.

\* Un plano IE-2; el cual contiene un diagrama unifilar inicial y un final, del mismo modo se tiene un cuadro de cargas inicial y un final, este plano se elabora de acuerdo a la configuración requerida por la empresa de telefonía celular.

\* Un plano IE-3; el cual contiene un isométrico del terreno ó casa que sirva para la radiobase, en este plano se puede observar con más claridad toda la instalación eléctrica propuesta en el plano IE-1, a partir de este plano se tiene una mayor visión del proyecto en su totalidad, debido a que aquí se colocan las distancias de toda la tubería, cables, etc;

#### **6.6.2 PLANOS PARA SISTEMA DE TIERRAS.**

Los planos del sistema de tierras son necesarios para ver los diferentes aterrizajes que se hacen en toda la radiobase. Para nuestro caso se realizan dos tipos de planos que son:

- Un plano ST-1; el cual consta de la planta de instalación del sistema de tierras, así como detalles, y otros elementos que se colocan en el dibujo.
- Un plano ST-2; para las torres del tipo autosoportada y tipo arriostrada se elabora el isométrico de la casa ó edificio, como en el plano IE-3; para visualizar mejor toda la instalación del sistema de tierras que vemos en el plano ST-1.

#### **6.6.3 PLANOS DE FIBRA OPTICA.**

Para el caso de fibra óptica se arma un plano FO-1; y cuando no caben todos los elementos que conforman este plano, se forma un segundo al cual se le denomina FO-2; estos se realizan de igual forma que los otros, colocando una planta, detalles, isométrico, etc.

#### **6.7 COMPOSICIÓN Y CONTENIDO EN PLANO DEL PROYECTO ELÉCTRICO.**

Con respecto al contenido de cada plano que se realice del proyecto, cada uno se arma ó se forma de la misma manera, es decir, por ejemplo los planos IE-1, ST-1, y FO-1; contienen la misma esencia que es la planta, especificaciones, lista de materiales, detalles esto por mencionar algunos, y con lo que respecta a los demás cambian debido al tipo de radiobase que se trate ya sea autosoportada ó arriostrada.

Los elementos que debe contener cada uno de los planos son:

a).- PLANTA.

La planta es con la que se comienza el proyecto partiendo del plano arquitectónico que se tenga en ese momento, en nuestro caso se comienza por colocar todo lo referente a instalaciones respectivas tales como: instalaciones eléctricas, de sistema de tierras y de fibra óptica.

b).- DETALLES.

Los detalles son una parte esencial del proyecto en obra, para que los ingenieros electricistas sepan como van a ir colocadas dichas instalaciones y como es que debe quedar al momento de ser terminado el mismo.

c).- LISTA DE MATERIALES.

La lista por lo regular se coloca en los planos IE-1, ST-1, Y FO-1, esta lista es importante debido a que por medio de ella se suministra todo el material a utilizar para construir las instalaciones en la radiobase.

d).- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.

Este croquis se realiza para proporcionar la ubicación real de donde quedó instalada la radiobase esto es, que por medio del mismo se pueda llegar con mayor facilidad al sitio.

e).- CEDULA DE CABLEADO.

La cédula de cableado solo se usará en la parte de instalación eléctrica en los planos IE-1 e IE-3, en esta se coloca la trayectoria de la tubería así como el numero de cables que lleva cada tubo, cada cédula contiene para su rápida localización una letra del abecedario.

#### f).- SIMBOLOGIA.

La simbología es una parte importante para la realización del proyecto eléctrico, por lo tanto todos los planos que se hagan llevarán su correspondiente, debido a que con ella podemos conocer cada elemento que integra cada plano.

#### g).- NOMENCLATURA.

La nomenclatura nos sirve para conocer las abreviaturas que se colocan en cada plano, para así saber lo que contenga cada planta, corte o isométrico.

#### h).- ESPECIFICACIONES.

Para las tres partes del proyecto eléctrico cada una tendrá sus especificaciones de acuerdo al plano a realizar, es decir, que las de instalaciones eléctricas contarán con las suyas, mientras que las de sistema de tierras y fibra óptica las tendrán en cada uno de sus planos que se hagan.

#### i).- PIE DE PLANO.

Este es un elemento indispensable de cada plano, debido a que aquí se colocan todos los datos que debe llevar la radiobase, tales como: el nombre de la misma, dirección, ubicación, nombre del plano, entre otras más como es la configuración que a continuación veremos:

- **CONFIGURACIÓN:** Es con la cual operan las radiobases, y según, la configuración que tengan van a comenzar con un determinado número de rectificadores, esto es:

**3 X 20 (30W):** Comienzan siempre con 4 rectificadores y terminan con 6 rectificadores (que es nuestro caso).

**3 X 32 (50 W):** Cuando se presenta este tipo de configuración, se comienza y termina con 9 rectificadores.

La configuración se lee de la siguiente manera:

A x B (C W).

Donde:

A = Es el número de sectores.

B = Es el número de canales.

C = Es la potencia de radio.

#### TABLA DE CONFIGURACIONES MAS FRECUENTES

##### PARA A X B (30 W) TERMINAN CON 6 RECTIFICADORES

CONFIGURACION A X B (30 W)	No. RECT. INICIAL
2 X 20	3
3 X 20	4
3 X 24	5

##### PARA A X B (50 W) TERMINAN CON 9 RECTIFICADORES

CONFIGURACION A X B (50 W)	No. RECT. INICIAL
3 X 20	7
3 X 24	7
3 X 32	9

En los ejemplos siguientes se empleara la configuración de 3X20 (30W)

### 6.8 EJEMPLO 1: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIOBASE TIPO AUTOSOPORTADA

#### 6.8.1 ALCANCES DEL PROYECTO DE INSTALACIÓN ELECTRICA

Los cálculos del presente proyecto involucran a la instalación eléctrica desde el interruptor que se encuentra después del punto de acometida en baja tensión de la compañía suministradora, hasta el centro de carga que se encuentra dentro del contenedor, por consiguiente la iluminación se colocará iluminando la puerta del contenedor, la torre y el área de aire acondicionado.

Se diseña la instalación eléctrica para el sitio celular denominado "LOMAS DE SAN MATEO", ubicado en Camino real a San Mateo Nopala No. 179, Col. San Mateo Nopala, Municipio de Naucalpan Estado de México. El inmueble para ubicar el sitio celular corresponde a una parte del terreno que ocupa una escuela tomando todas las consideraciones posibles para que la radiobase se haga en forma independiente a las instalaciones de la escuela.

## **6.8.2 ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA.**

### **a).- INSTALACIÓN ELECTRICA**

- 1.- Acometida eléctrica 220 volts, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.
- 2.- Tubo conduit P.G.G. y de PVC. Que va del interruptor general de la acometida eléctrica al interruptor principal del contenedor.
- 3.- Cable tipo THW trabajando a 75 °C marca condomex, 1 X fase y 1-Neutro en la tubería metálica. Del interruptor general con las fases marcadas.
- 4.- Para el caso en que alguna diferencia de longitud no coincida y/o falte un elemento de la lista de materiales se considerará su solución en coordinación con supervisión en campo.
- 5.- trabajar los planos IE-1, IE-2 e IE-3 conjuntamente.

### **b).- SISTEMA DE EMERGENCIA**

- 1.- El sistema de emergencia debe alimentar la carga que se considera como prioridad en el servicio de la radiobase y será el sistema de comunicaciones, así como las luces de obstrucción.
- 2.- Este sistema será trifásico y la duración de este deberá de mantener alimentada a la carga por un lapso que estipule la compañía (en este caso de 1 a 2 horas).

### **c).- FIBRA OPTICA**

- 1.- Toda la tubería deberá ser de 2 pulg. De diámetro conduit para exteriores y pvc para interiores y canalización subterránea totalmente guiada.
- 2.- La trayectoria de la tubería deberá ser la mas directa.

### **6.8.3 MEDICION DE LA DISTANCIA DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.**

La distancia se cuantifica a partir de la salida del interruptor que esté en el murete de la acometida eléctrica, hasta llegar al interruptor que se encuentra en el tablero general, que esta dentro del contenedor, esto se hará sumando las distancias del tubo que este de por medio entre estos dos interruptores.

### **6.8.4 MEMORIAS.**

Las memorias nos van a servir para saber el comportamiento que tendrán las diferentes instalaciones tanto eléctricas como del sistema de tierras.

### **6.8.5 MEMORIA DE ALIMENTADORES PRINCIPALES.**

Esta memoria nos sirve para saber seleccionar adecuadamente el calibre del conductor alimentador, el diámetro de la tubería, la caída de tensión para la carga en cuestión. Los artículos de la norma NOM-001-SEDE-1999 que aquí se presentan se podrán ver en el apéndice.

#### **MEMORIA ELECTRICA.**

#### **RADIOBASE: " LOMAS DE SAN MATEO "**

A continuación se presenta la MEMORIA DE CALCULO para seleccionar adecuadamente un banco de baterías, un UPS para el sistema de emergencia, así como el calibre del conductor alimentador, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones:

- a) Procedimiento del calculo del banco de baterías.
- b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.
- c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable:
- d) Calculo de caída de tensión:
- e) Selección del interruptor de protección:

Para nuestro caso se tendrán dos configuraciones una inicial para 4 rectificadores y una final para 6 rectificadores por lo que para su cálculo se hará por separado.

#### CONFIGURACION INICIAL 4 RECTIFICADORES:

La carga se divide en dos partes, una llamada carga crítica y otra normal; por tal motivo se lleva primero el proceso para la carga crítica, la cual es:

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
Lámpara fluorescente de 2x39 watts.	100	4	0,5	200
Luz de obstrucción 127 V.	100	2	0,5	100
Contactos dúplex polarizados 127V	180	6	0,5	540
Reflector de cuarzo	300	3	0,5	450
Rectificadores de corriente alterna a corriente directa 2F, 3H, 220 V.	3,000	4	0,7	8,400
<b>CARGA CRITICA TOTAL INSTALADA</b>				<b>9,690</b>

Al obtener la carga total crítica, se procede a seleccionar un banco de baterías para el sistema de emergencia que pueda suministrar 9,690 Watts en un período comprendido entre 1.5 y 2 horas de funcionamiento normal estipulado por la compañía de telefonía celular.

#### a) Procedimiento del calculo del banco de baterías.

Este procedimiento es obtenido del manual del fabricante de baterías el cuál se realiza de la siguiente forma:

Datos:

Carga: 9,690 watts.

Tiempo de trabajo: 1 ½ a 2 horas.

Tensión: 272 volts (máximo) y 204 volts (mínimo) a 25° C

1.- Se escoge una batería modelo NP (este modelo lo da el fabricante) con una tensión por celda de 2.26 volts a 25° C. El número de celdas conectadas en serie que se necesitan se obtienen de dividir la tensión máximo entre la tensión por celda.

$$\# \text{ celdas} = \frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{cel}}} = \frac{272}{2.26} = 120(\text{celdas})$$

2.- Se divide la tensión final de descarga entre el número de celdas para obtener la tensión final por celda.

$$\text{volts} \times \text{celda} = \frac{V \text{ min}}{\# \text{ celdas}} = \frac{204}{120} = 1.7(\text{volts} \times \text{celda})$$

3.- Se divide la carga entre el número de celdas para obtener la carga por celda.

$$\text{Watts} \times \text{celda} = \frac{W \text{ carga}}{\# \text{ celdas}} = \frac{9,690}{120} = 80.75(\text{watts} \times \text{celda})$$

4.- Con el valor obtenido en el punto 2 y un tiempo requerido 1.5 horas se entra en la tabla 5 colocada en el apéndice 2.

Obteniéndose el valor 0.700 watts\* celda \* Ah

5.- Se divide el valor obtenido en el punto 3 entre el valor obtenido en el punto 4.

$$\text{Ah} = \frac{W \times \text{celda}}{W \times \text{celda} \times \text{Ah}} = \frac{80.75}{0.7} = 115.357(\text{Ah})$$

6.- Se selecciona de la tabla 1 (colocada en el apéndice 2) el modelo de batería requerido , el cual es NPL 100-12 que es el mínimo requerido, de este modelo de batería se emplearán 20 unidades conectadas en serie y colocadas en un rack anexo al UPS.

b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.

Debido a que en el instante en que regresa la energía al sistema del UPS, este debe de alimentar tanto a la carga crítica en modo normal como al rectificador para la recarga del banco de baterías; por lo que se debe calcular la energía consumida para esta función, para poder especificar la carga total del UPS.

De la ecuación. 4.3

$$\text{KW} - \text{H} = \text{AH} \times V_f \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

Para obtener los amperes hora demandados se utiliza la expresión 4.2

$$AH_D = \sum_{n=1}^{\infty} A_{Dn} T_{Dn} \quad (4.2)$$

Donde:

$AH_D$  = Ampers hora demandados

$A_{Dn}$  = Corriente de descarga .

$T_{Dn}$  = Tiempo en que ocurre la descarga.

$n = 1, 2, 3, 4, \dots$  etc.

Desarrollando la sumatoria de la ecuación anterior con  $n=4$ :

$$AH_D = A_{D1}T_{D1} + A_{D2}T_{D2} + A_{D3}T_{D3} + A_{D4}T_{D4}$$

De la tabla 4 y figura 3 (colocados en el apéndice 2) del manual del fabricante se tiene.

	Descarga en Amperes	Lapso en minutos
$A_1$	130	1
$A_2$	52	29
$A_3$	26	51
$A_4$	26	1

Sustituyendo estos valores en el desarrollo de la ecuación 4.2

$$AH_D = 130 \times \frac{1}{60} + 52 \times \frac{29}{60} + 26 \times \frac{51}{60} + 26 \times \frac{1}{60} = 49.8323 \text{ Ampere} - \text{horas}$$

Sustituyendo en el expresión 4.3

$$KW - H = 49.8323 \times 240 \times 10^{-3} = 11.9599 \text{ kWh}$$

$$V_{\text{rotación}} = 240 \text{ volts}$$

Debido a que las baterías son ácidas se tiene una eficiencia en Watts hora de 77% por lo que los

$$Kwh = \frac{Kwh}{\eta_{bateria}} = \frac{11.9599}{0.77} = 15.532KW - hora$$

Esta es la energía necesaria para recargar el banco de baterías.

Para obtener los Kw necesarios para recargar las baterías se dividen los Kwh entre 4 horas que es el tiempo (Trecarga) razonable para recargar las baterías sin dañarlas.

$$Kw = \frac{Kwh}{Trecarga} = \frac{15.532}{4} = 3.88Kw$$

Esta carga se suma a la obtenida de la carga total crítica, siendo:

$$9,690 + 3,880 = 13,570 \text{ watts}$$

adicionando a esta carga un 30%, recomendado por especialistas:

$$W_{totales} = 13,570 \times 1.30 = 17,641 \text{ watts}$$

Y empleando un factor de potencia de 0.9 para obtener KVA:

$$KVA = \frac{17.641KW}{0.9} = 22.051KVA$$

Debiéndose seleccionar un UPS de 30 KVA, se escoge de este tipo porque en el mercado no existen UPS del tamaño requerido.

Para dimensionar los alimentadores principales se debe de tomar en cuenta la carga total requerida por el UPS y la carga de los equipos alimentados normalmente sin respaldo de energía. Obteniéndose la siguiente tabla.

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
UPS	17,641	1	1.0	17,641
Aire Acondicionado 3F, 4H, 220 V.	9900	2	1.0	19,800
CARGA TOTAL INSTALADA				37,441

Estas cargas se concentraran en el centro de cargas ubicado en el contenedor.

La distancia entre el centro de cargas y el equipo de medición y/o el interruptor principal es de 42 mts. como se puede observar la trayectoria el plano IE-1 del proyecto eléctrico.

Entonces la corriente de carga es:

$$I_c = \frac{kw}{\sqrt{3} \times E \times f.p.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_c = \frac{37,441}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 0.9} = 109.174 \text{ Amp.}$$

Esta carga se considera como no continua por lo que se toma el 125% de la corriente de acuerdo al artículo 210-22(c) de la NOM-001-SEDE-1999.

$$I_n = I_c \times 125 \% = 136.468 \text{ Amp.}$$

El interruptor principal de este centro de cargas se selecciona el normalizado (estándar) inmediato superior art. 240-6 NOM-001-SEDE-1999. Para este caso se considera un interruptor termomagnético de 3P-150 Amp. 240 V.C.A

c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable:

Para este caso tenemos una corriente nominal de 136.468 Amp. Por lo que se le aplicarán los factores de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y de corrección por agrupamiento de la tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999.:

#### FACTORES DE CORRECCION:

Número de conductores: 4  
Temperatura ambiente: 30 °C

Factor de corrección por agrupamiento (Fa): 0.80  
Factor de corrección por temperatura (Ft): 1.00

El factor de corrección por agrupamiento es de 0.80 ya que se instalarán 3 conductores activos y 1 neutro en la misma tubería.

La corriente corregida será:

$$I_{co} = \frac{In}{Fa \times Ft}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{co} = \frac{136.468}{0.80 \times 1.0} = 170.585 \text{ Amp.}$$

Cabe decir que la corriente  $I_{co}$  no existe realmente, es solo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor.

Seleccionamos el conductor para una corriente de 170.585 Amp. De la tabla 310-16, 10-17 de la NOM-001-SEDE-1999.

Por lo que el conductor cal.2/0 AWG conduce una corriente de 175 A. en tubería metálica.

d) Cálculo de caída de tensión:

La caída de tensión se determinará por medio de la expresión (4.5.7):

$$e\% = \frac{F_c \times L \times I_n}{10 \times V_n}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal (Amp.)

$L$  = Longitud (m.)

$V_n$  = Tensión nominal (volts)

$e\%$  = Caída de tensión

$F_c$  = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condomex ver apéndice 2)

Sustituyendo valores tenemos:

$$e\% = \frac{0.59 \times 136.468 \times 42}{10 \times 220}$$

$$e\% = 1.54 \%$$

Como se puede observar la caída de tensión no es superior al 3% máximo permitido por el art. 210-19 Nota 4, NOM-001SEDE-1999.

e) Selección del interruptor de protección:

El interruptor principal ubicado junto al equipo de medición se determina en base a la corriente y a la capacidad de conducción del cable alimentador .

La corriente corregida es 136.468 Amp.

Se selecciona el interruptor normalizado inmediato superior, y para este caso es un interruptor termomagnético de 3P-150 Amp. Debido a que solo se fabrican interruptores con capacidades de 70, 100, 125, 150 Ampares

Como marca la norma, el interruptor no debe ser mayor de 4 veces la capacidad de conducción de corriente del alimentador y en este caso se cumple.

#### CONFIGURACION FINAL 6 RECTIFICADORES:

A continuación se presenta la MEMORIA DE CALCULO para seleccionar adecuadamente un banco de baterías, un UPS para el sistema de emergencia, así como el calibre del conductor alimentador, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones:

- a) Procedimiento del calculo del banco de baterías.
- b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.
- c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable para el UPS:
- d) Calculo de caída de tensión para el UPS:
- e) Selección de la canalización, de los conductores alimentadores para el UPS:
- f) Selección del interruptor de protección para el UPS:

En este caso se tienen los siguientes datos de cargas:

La carga se divide en dos partes, una llamada carga crítica y otra normal; por tal motivo se lleva primero el proceso para la carga crítica, la cual es:

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
Lámpara fluorescente de 2x39 watts.	100	4	0.5	200
Luz de obstrucción 127 V.	100	2	0.5	100
Contactos dúplex polarizados 127V	180	6	0.5	540
Reflector de cuarzo	300	3	0.5	450
Rectificadores de corriente alterna a corriente directa 2F, 3H, 220 V.	3,000	6	0.7	12,600
<b>CARGA CRITICA TOTAL INSTALADA</b>				<b>13,890</b>

Al obtener la carga total crítica, se procede a seleccionar un banco de baterías que pueda suministrar 13,890 Watts en un período comprendido entre 1.5 y 2 horas de funcionamiento normal estipulado por la compañía de telefonía celular.

a) Procedimiento del calculo del banco de baterías.

Este procedimiento es obtenido del manual del fabricante de baterías el cuál se realiza de la siguiente forma:

Datos:

Carga: 13,890 watts.

Tiempo de trabajo: 1 ½ a 2 horas.

Tensión: 272 volts (máximo) y 204 volts (mínimo) a 25° C

1.- Se escoge una batería modelo NP con un tensión por celda de 2.26 volts a 25° C. El número de celdas conectadas en serie que se necesitan se obtienen de dividir la tensión máximo entre la tensión por celda.

$$\# \text{ celdas} = \frac{V \text{ max}}{V \text{ cel}} = \frac{272}{2.26} = 120(\text{celdas})$$

2.- Se divide la tensión final de descarga entre el número de celdas para obtener la tensión final por celda.

$$\text{volts} \times \text{celda} = \frac{V \text{ min}}{\# \text{ celdas}} = \frac{204}{120} = 1.7(\text{volts} \times \text{celda})$$

3.- Se divide la carga entre el número de celdas para obtener la carga por celda.

$$\text{Watts} \times \text{celda} = \frac{W \text{ carga}}{\# \text{ celdas}} = \frac{13,890}{120} = 115.75(\text{watts} \times \text{celda})$$

4.- Con el valor obtenido en el punto 2 y un tiempo requerido 1.5 horas se entra en la tabla 5 colocada en el apéndice 2.

Obteniéndose el valor 1.171 watts× celda × Ah

5.- Se divide el valor obtenido en el punto 3 entre el valor obtenido en el punto 4.

$$Ah = \frac{W \times celda}{W \times celda \times Ah} = \frac{115.75}{1.171} = 98.84(Ah)$$

6.- Se selecciona de la tabla 1(colocada en el apéndice 2) el modelo de batería requerido, el cual es NPL 100-12 que es el mínimo requerido, de este modelo de batería se emplearán 20 unidades conectadas en serie y colocadas en un rack anexo al UPS.

b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.

Debido a que en el instante en que regresa la energía al sistema del UPS, este debe de alimentar tanto a la carga crítica en modo normal como al rectificador para la recarga del banco de baterías; por lo que se debe calcular la energía consumida para esta función, para poder especificar la carga total del UPS.

De la ecuación. 4.3

$$KW - H = AH \times V_f \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

Para obtener los amperes hora demandados se utiliza la expresión 4.2

$$AH_D = \sum_{n=1}^{\infty} A_{Dn} T_{Dn} \quad (4.2)$$

Donde:

$A_{Dn}$  = Corriente de descarga .

$T_{Dn}$  = Tiempo en que ocurre la descarga.

n = 1, 2, 3, 4, .....etc.

Desarrollando la sumatoria de la ecuación anterior con n=4:

$$AH_D = A_{D1}T_{D1} + A_{D2}T_{D2} + A_{D3}T_{D3} + A_{D4}T_{D4}$$

De la tabla 4 y figura 3 (colocados en el apéndice 2) del manual del fabricante se tiene.

	Descarga en Amperes	Lapso en minutos
A <sub>1</sub>	130	1
A <sub>2</sub>	52	29
A <sub>3</sub>	26	51
A <sub>4</sub>	26	1

Sustituyendo estos valores en el desarrollo de la ecuación 4.2

$$AH_D = 130 \times \frac{1}{60} + 52 \times \frac{29}{60} + 26 \times \frac{51}{60} + 26 \times \frac{1}{60} = 49.8323 \text{ Ampere} - \text{horas}$$

Sustituyendo en el expresión 4.3

$$KW - H = 49.8323 \times 240 \times 10^{-3} = 11.9599 \text{ KWh}$$

V<sub>notación</sub> = 240 volts

Debido a que las baterías son ácidas se tiene una eficiencia en Watts hora de 77% por lo que los

$$Kwh = \frac{Kwh}{\eta_{batería}} = \frac{11.9599}{0.77} = 15.532 \text{ KW} - \text{hora}$$

Esta es la energía necesaria para recargar el banco de baterías.

Para obtener los Kw necesarios para recargar las baterías se dividen los Kwh entre 4 horas que es el tiempo (Trecarga) razonable para recargar las baterías sin dañarlas.

$$Kw = \frac{Kwh}{Trecarga} = \frac{15.532}{4} = 3.88 \text{ Kw}$$

Esta carga se suma a la obtenida de la carga total crítica, siendo:

$$13,890 + 3,880 = 17,770 \text{ watts}$$

Adicionando a esta carga un 30%, recomendado por especialistas:

$$W_{\text{totales}} = 17,770 \times 1,30 = 23,101 \text{ watts}$$

Y empleando un factor de potencia de 0.9 para obtener KVA:

$$KVA = \frac{23,101KW}{0,9} = 25,667KVA$$

Debiéndose seleccionar un UPS de 30 KVA, se escoge de este tipo porque en el mercado no existen UPS del tamaño requerido.

Para dimensionar el alimentador, calibre del conductor y canalización para el UPS se procede como sigue:

La distancia entre el centro de cargas y el UPS es de 5 mts.

Entonces la corriente de carga es:

$$I_c = \frac{kw}{\sqrt{3} \times E \times f.p.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_c = \frac{23,101}{\sqrt{3} \times 0,22 \times 0,9} = 67,36 \text{ Amp.}$$

Esta carga se considera como no continua por lo que se toma el 125% de la corriente de acuerdo al artículo 210-22(c) de la NOM-001-SEDE-1999.

$$I_n = I_c \times 125 \% = 84,20 \text{ Amp.}$$

El interruptor principal de este centro de cargas se selecciona el normalizado inmediato superior artículo 240-6 NOM-001-SEDE-1999. Para este caso se considera un interruptor termomagnético de 3P-100 Amp, 240 V.C.A.

c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable para el UPS:

Para este caso tenemos una corriente nominal de 84.20 Amp. Por lo que se le aplicarán los factores de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y de corrección por agrupamiento de la tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999.:

#### FACTORES DE CORRECCION:

Número de conductores: 5  
Temperatura ambiente: 30 °C

Factor de corrección por agrupamiento (Fa): 0.80  
Factor de corrección por temperatura (Ft): 1.00

El factor de corrección por agrupamiento es de 0.80 ya que se instalarán 3 conductores activos, 1 para tierra física y 1 neutro en la misma tubería.

La corriente corregida será:

$$I_{co} = \frac{In}{Fa \times Ft}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{co} = \frac{84.20}{0.80 \times 1.0} = 105.25 \text{ Amp.}$$

Cabe decir que la corriente  $I_{co}$  no existe realmente, es solo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor.

Seleccionamos el conductor para una corriente de 105.25 Amp. De la tabla 310-16, 310-17 de la NOM-001-SEDE-1999.

Por lo que el conductor cal.2 conduce una corriente de 115 A. en tubería metálica.

d) Cálculo de caída de tensión para el UPS:

La caída de tensión se determinará por medio de la expresión (4.5.7):

$$e\% = \frac{Fc \times L \times I_n}{10 \times V_n}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal (Amp.)

L = Longitud (m.)

$V_n$  = Tensión nominal (volts)

e% = Caída de tensión

Fc = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condomex ver apéndice 2)

Sustituyendo valores tenemos:

$$e\% = \frac{1.18 \times 84.2 \times 5}{10 \times 220}$$

e% = 0.2258 %

Como se puede observar la caída de tensión no es superior al 3% máximo permitido por el art. 210-19 Nota 4, NOM-001SEDE-1999.

e) Selección de la canalización de los conductores alimentadores para el UPS:

El arreglo de los conductores queda de la siguiente forma:

3 CONDUCTORES	cal.2	1xFase
1 CONDUCTOR	cal.2	1-Neutro
1 CONDUCTOR	cal.2	1-Tierra

Para determinar el área interior del tubo en  $\text{mm}^2$ , se procede a sumar el área de los conductores a instalar de acuerdo a la tabla 10-1 y 10-5 (continuación 1) capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999.

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 3 = 258 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$$

Haciendo la suma de áreas tenemos:

$$\text{ÁREA TOTAL} = 430 \text{ mm}^2$$

Para mas de 2 conductores el factor de relleno es 40%, entonces el área requerida es:

$$A_R = \frac{A_T}{F_R} = \frac{430.60 \text{ mm}^2}{0.40} = 1075 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto se instalarán los conductores en tubería de 51 mm. (2 pulg.) de  $\varnothing$  que tienen un área de 2165  $\text{mm}^2$ . (de la tabla 10-4 capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999). Esta medida se tomo para mayor comodidad a la hora de hacer el cableado.

f) Selección del interruptor de protección para el UPS:

El interruptor principal ubicado junto al equipo de medición se determina en base a la corriente y a la capacidad de conducción del cable alimentador.

La corriente corregida es 84.20 Amp.

Se selecciona el interruptor normalizado inmediato superior, y para este caso es interruptor termomagnético de 3P-100 Amp.

NOTA: Los mismos valores se emplean para determinar el interruptor principal del centro de carga que alimenta a la carga crítica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se selecciona adecuadamente el calibre del conductor alimentador principal, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones

- g) Selección del conductor por capacidad de conducción de corriente.
- h) Cálculo de la caída de tensión.
- i) Selección de la canalización para los conductores de alimentación.
- j) Selección de la protección contra sobrecargas.

En este caso se tienen los siguientes datos de carga:

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
UPS	23,101	1	1.0	23,101
Aire Acondicionado 3F, 4H, 220 V.	9900	2	1.0	19,800
<b>CARGA TOTAL INSTALADA</b>				<b>42,901</b>

Estas cargas se concentraran en el centro de cargas ubicado en el contenedor.

La distancia entre el centro de cargas y el equipo de medición y/o el interruptor principal es de 42 mts.

Entonces la corriente de carga es:

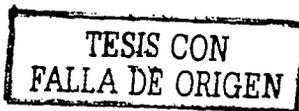
$$I_c = \frac{kw}{\sqrt{3} \times E \times f.p.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_c = \frac{42.901}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 0.9} = 125.09 \text{ Amp.}$$

Esta carga se considera como no continua por lo que se toma el 125% de la corriente de acuerdo al artículo 210-22(c) de la NOM-001-SEDE-1999.

$$I_n = I_c \times 125 \% = 156.37 \text{ Amp.}$$



El interruptor principal de este centro de cargas se selecciona al normalizado inmediato superior artículo 240-6 NOM-001-SEDE-1999. Para este caso se considera un interruptor termomagnético de 3P-175 Amp. 240 V.C.A.

g) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable:

Para este caso tenemos una corriente nominal de 156.37 Amp. Por lo que se le aplicarán los factores de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y de corrección por agrupamiento de la tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999.:

#### FACTORES DE CORRECCION:

Número de conductores: 4  
Temperatura ambiente: 30 °C

Factor de corrección por agrupamiento (Fa): 0.80  
Factor de corrección por temperatura (Ft): 1.00

El factor de corrección por agrupamiento es de 0.80 ya que se instalarán 3 conductores activos y 1 neutro en la misma tubería.

La corriente corregida será:

$$I_{co} = \frac{I_n}{Fa \times Ft.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{co} = \frac{156.37}{0.80 \times 1.00} = 195.46 \text{ Amp.}$$

Cabe decir que la corriente  $I_{co}$  no existe realmente, es solo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor.

Seleccionamos el conductor para una corriente de 195.46 Amp. De la tabla 310-16, 310-17 de la NOM-001-SEDE-1999.

Por lo que el conductor cal.3/0 conduce una corriente de 200 A. en tubería metálica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**h) Cálculo de caída de tensión:**

La caída de tensión se determinará por medio de la expresión (4.5.7):

$$e\% = \frac{Fc \times L \times I_n}{10 \times V_n}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal (Amp.)

$L$  = Longitud (m.)

$V_n$  = Tensión nominal (volts)

$e\%$  = Caída de tensión

$Fc$  = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condomex ver apéndice 2)

Sustituyendo valores tenemos:

$$e\% = \frac{0.48 \times 156.37 \times 42}{10 \times 220}$$

$$e\% = 1.43 \%$$

Como se puede observar la caída de tensión no es superior al 3% máximo permitido por el art. 210-19 Nota 4, NOM-001SEDE-1999.

**i) Selección de la canalización de los conductores alimentadores:**

El arreglo de los conductores queda de la siguiente forma:

3 CONDUCTORES cal.3/0	1xFase
1 CONDUCTOR cal.3/0	1-Neutro
1 CONDUCTOR cal.2	1-Tierra Física Aislada (T.F.A).

Para determinar el área interior del tubo en  $\text{mm}^2$ , se procede a sumar el área de los conductores a instalar de acuerdo a la tabla 10-1 y 10-5 (continuación 1) capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999.

CONDUCTOR cal.3/0 =  $201 \text{ mm}^2 \times 3 = 603 \text{ mm}^2$

CONDUCTOR cal.3/0 =  $201 \text{ mm}^2 \times 1 = 201 \text{ mm}^2$

CONDUCTOR cal.2 =  $86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$

Haciendo la suma de áreas tenemos:

**A R E A T O T A L = 890  $\text{mm}^2$**

Para mas de 2 conductores el factor de relleno es 40%, entonces el área requerida es:

$$A_R = \frac{A_T}{F_R} = \frac{890 \text{ mm}^2}{0.40} = 2225 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto se instalarán los conductores en tubería de 63 mm. (2 1/4 pulg.) de  $\varnothing$  que tienen un área de 3090  $\text{mm}^2$  (de la tabla 10-4 capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999). Esta medida se tomo para mayor comodidad a la hora de hacer el cableado.

j) Selección del interruptor de protección:

El interruptor principal ubicado junto al equipo de medición se determina en base a la corriente y a la capacidad de conducción del cable alimentador .

La corriente corregida es 156.37 Amp.

Se selecciona el interruptor normalizado inmediato superior, y para este caso es interruptor termomagnético de 3P-175 Amp.

Como marca la norma, el interruptor no debe ser mayor de 4 veces la capacidad de conducción de corriente del alimentador y en este caso se cumple.



### **6.8.6 ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO.**

#### **6.8.7 RESISTENCIA A TIERRA.**

El suelo es un conductor eléctrico y su conductividad es baja comparada con los metales que son buenos conductores.

La resistencia de un electrodo está dada por la suma de varias resistencias; la de contacto en las conexiones, las propias del electrodo, y el medio que lo rodea y por último la que presenta el terreno, de todos estos factores solo la que presenta el terreno es apreciable ya que las tres primeras son muy bajas en comparación con las otras.

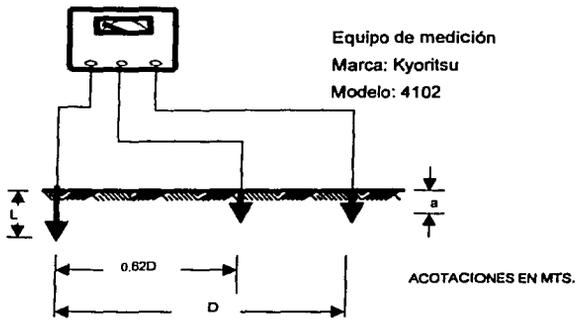
Para conocer el comportamiento del terreno tendremos que estudiarlo desde el punto de vista eléctrico, como elemento encargado de disipar las corrientes de defecto que lleguen a través de los electrodos, es decir, debemos conocer la resistividad.

Para conocer la resistividad primero debemos conocer la resistencia del terreno donde se colocará la radiobase, el valor estará en Ohms ( $\Omega$ ) y se obtiene a través de un aparato llamado medidor de resistencia de la tierra (Megger) , que a continuación se describe.

#### **6.8.8 MEDIDOR DE RESISTENCIA DE LA TIERRA (MEGGER).**

Actualmente se encuentran equipos de medición que solo cuentan con tres bornes (lo cual es nuestro caso), con cables de color rojo, verde y amarillo, calibrados a cierta distancia que debe ser de 3 a 5 mts. La lectura en estos casos es directa.

Con este aparato se obtiene la resistencia del terreno, siempre hay que procurar que cuando se hagan las mediciones estas sean en un lugar donde se cuente con terreno natural como puede ser un jardín, un camellón, etc. Utilizando el método de los tres puntos con la siguiente disposición.



El medidor de resistencia de suelo que utilizamos cuenta con una carátula que dependiendo de la escala, será la resistencia en Ohms ( $\Omega$ ), además cuenta con varios botones que tienen la escala a la que se debe leer la carátula, si el valor es muy pequeño se van apretando los botones en forma descendente respectivamente a las escalas asignadas hasta llegar a obtener el valor más exacto de resistencia.

Una vez obtenida la resistencia con el aparato el siguiente paso es obtener la resistividad del terreno.

De la fórmula de resistencia a tierra de una varilla (5.19) vista en el capítulo 5 y despejando  $\rho$ , se obtiene:

$$\rho = \frac{2\pi RL}{Ln \frac{2.943 L}{d}} \dots\dots\dots (6.1)$$

Donde:

- $\rho$  = Resistividad en ohms-metro.
- $R$  = Resistencia medida en ohms.
- $L$  = Profundidad del electrodo de prueba (0.5m.)
- $d$  = Diámetro del electrodo de prueba en m. (12.7mm.=1/2"=0.0127m)

## ESTUDIO DE RESISTIVIDAD RADIOBASE: "LOMAS DE SAN MATEO "

Para la medición de la resistencia del terreno se emplea el método de los tres puntos visto anteriormente donde :

L= 0.50 mts.

a= 0.15 mts.

D= 2 mts.

$0.62D = 1.24$  mts

Al tomar la lectura del instrumento de medición indico una resistencia de  $R = 55 \Omega$

La resistividad  $\rho$  del terreno se determina con la aplicación de la fórmula (6.1)

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$\rho = \frac{2 \times 3.1416 \times 55 \times 0.5}{Ln \frac{2.943 \times 0.5}{0.0127}} = \frac{172.78}{Ln 15.86} = \frac{172.78}{4.75} = 36.38 [\Omega - m]$$

### 6.8.9 ESPECIFICACIONES PARA UN SISTEMA DE TIERRAS DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA.

- 1.- En los cables de una sola trayectoria no deben realizarse empalmes.
- 2.- Hacer trinchera para cable de cobre desnudo AWG para unir electrodos.
- 3.- Rellenar la trinchera con arcilla.
- 4.- El cable del pararrayos debe ir lo mas recto posible y conectarse a un electrodo, se deben evitar cambios de trayectoria a 90 grados.
- 5.- La conexión de los electrodos del sistema de tierras debe ser con soldadura cadweld.
- 6.- El pararrayos de la torre es de tipo dipolo EP-D instalado a electrodo EP-ET equivalente a un cono de protección cuyo radio es tres veces la altura de colocación del pararrayos, la corriente máxima de diseño es de 30,000 Amps. Conductividad máxima de diseño 99.9% construido en cobre electrolítico aleación 110 recubrimientos plateados, longitud total de 1.5 m,

mástil duraluminio de 50 mm de diámetro y 3.6 m de longitud alimentado con cable cal. No. 2/0 THW.

7.- Para el caso en que alguna diferencia de longitud no coincida y/o falte un elemento de la lista de materiales se considerará su solución en coordinación con supervisión en campo.

8.- trabajar los planos ST-1 y ST-2 conjuntamente.

#### 6.8.10 MEMORIA DE SISTEMA DE TIERRAS.

La memoria de sistema de tierras servirá para calcular su resistencia del sistema de tierras, la resistencia total de los electrodos no deberá ser mayor a 3 Ohms.

### MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS RADIOBASE: "LOMAS DE SAN MATEO "

#### Cálculo del calibre del conductor.

Para los cálculos tomaremos los datos para los cuales se diseña un pararrayos a contribución de la corriente de una descarga atmosférica que es de 30,000 Amp. En una milésima de segundo.

$$I = 30,000 \text{ Amp.}$$

El interruptor abre en 8 ciclos, equivalente a 0.1333 segundos tiempo de duración de la falla.

El calibre mínimo del conductor que se utilizará para transportar la corriente sin peligro de fundirse, es el indicado por la ecuación de Onderdonk (4.9)

Despejando de esta ecuación el área, tenemos:

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{1}{33s} \log\left(\frac{Tm + Ta}{234 + Ta} + 1\right)}} \dots\dots\dots (5.2)$$



Donde:

$$I = 30,000 \text{ A}$$

$$T_a = 30^\circ\text{C}$$

$$T_m = 450^\circ\text{C}$$

$$s = 0.133 \text{ seg.}$$

Sustituyendo los valores tenemos :

$$A = \frac{30000}{\sqrt{\frac{1}{33 \times 0.133} \log\left(\frac{450 + 30}{234 + 30} + 1\right)}} = \frac{30000}{0.32019} = 93694.3689 \text{ c.m.}$$

Debido a que se necesita saber el área en MCM se tiene que:

$$A_{MCM} = \frac{93694.3689}{1000} = 93.6943 \text{ MCM}$$

Al ir a tablas de conductores el calibre más próximo en MCM es el de 105.5 (1/0 AWG)

Y para obtener el área en  $\text{mm}^2$  tenemos que

$$1 \text{ circular mil} = 0.00051 \text{ mm}^2$$

$$\text{Por lo que } A = (93694.3689) \times (0.00051) = 47.7841 \text{ mm}^2$$

Para obtener el calibre del conductor que servirá para nuestro caso se selecciona un conductor con una sección transversal de  $53.48 \text{ mm}^2$  que corresponde al cal. de 1/0 AWG.

Debiendo tener como mínimo para el sistema un cal. No. 2/0 AWG de acuerdo a especificaciones internas de la compañía de telefonía celular con  $67.43 \text{ mm}^2$  cumpliendo con el área requerida en el cálculo.

a) Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

El valor de diseño debe estar entre 0 y 3 ohms. Valor de resistencia a tierra para equipo electrónico.

De acuerdo con la medición de resistencia realizada en el sitio se obtuvo una resistividad del terreno de  $\rho = 36.38$  ohms-m.

La resistencia total del sistema de tierras se puede determinar por medio de la ecuación (5.13)

$$R_s = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ L_n \frac{4L}{a} + L_n \frac{4L}{s} - 2 \right]$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad del terreno

L = Longitud total entre 2

s = Profundidad de la malla por 2.

a = Radio del conductor

Donde:

$\rho = 36.38$  [ $\Omega$  m]

L =  $81.2/2 = 40.9$  m

s =  $0.60 \times 2 = 1.2$  m

a = 0.00532 m

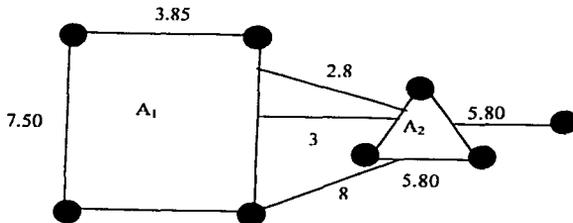
Calibre del conductor: 2/0 AWG

Sustituyendo valores:

$$R_s = \frac{36.38}{4 \times \pi \times 40.9} \left[ L_n \left( \frac{4 \times 40.9}{0.00532} \right) + L_n \left( \frac{4 \times 40.9}{1.2} \right) - 2 \right]$$

$R_s = 0.9377$  [ $\Omega$ ]

ARREGLO DEL SISTEMA.



**Cálculo de la Resistencia para una varilla copperweld de cobre.**

De acuerdo a la ecuación (5.20).

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

Donde:

$R_v$  = Resistencia de varilla

$\rho$  = Resistividad del terreno

$L$  = Longitud de los electrodos 3 mts.

$a$  = Radio del electrodo 0.0095 mts.

Sustituyendo valores tenemos:

$$R_v = \frac{36.38}{2 \times 3.1416 \times 3} \ln \frac{4 \times 3}{0.0095} - 1$$

$$R_v = 11.85 \Omega$$

## **6.8.11 PLANOS DEL PROYECTO DE RADIOBASE TIPO AUTOSOPORTADA**

Los planos se presentan al final de la tesis en el apéndice 1 y son en si el resultado de todo lo realizado en esta tesis en la cual se plasman todos los datos necesarios para que se realice la instalación eléctrica y sistema de tierras conforme a norma tanto oficial como de la compañía de telefonía celular para que al momento de dar el proyecto a un contratista este lo mas sencillo al momento de interpretar cada uno de los planos y así no tenga problemas cuando comience a realizar su construcción.

## **6.9 EJEMPLO 2: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA RADIOBASE TIPO ARRIOSTRADA**

Como se vió en el ejemplo anterior, se toman las mismas condiciones para realizar los cálculos del presente proyecto, involucrando a la instalación eléctrica desde el interruptor que se encuentra después del punto de acometida en baja tensión de la compañía suministradora, hasta el centro de carga que se encuentra dentro de la sala de radio y por consiguiente la iluminación que se coloca en la puerta de la sala de radio, la torre y el área de aire acondicionado.

Se diseña la instalación eléctrica para el sitio celular denominado "CENTRAL MICHOACAN", ubicado en Calle Cardenal esquina Condor No. 38, Col. Rinconada de Aragón, Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México. El inmueble para ubicar el sitio celular corresponde a una casa de dos pisos donde la radiobase se colocará en la parte de la azotea, tomando todas las consideraciones posibles para que la radiobase se haga en forma independiente a las instalaciones de la casa. .

### **6.9.1 ESPECIFICACIONES PARA UNA INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA TORRE ARRIOSTRADA.**

#### **a).- INSTALACIÓN ELECTRICA**

- 1.- Acometida eléctrica 220 volts, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.
- 2.- Tubo conduit P.G.G. (Pared Gruesa Galvanizado) y de PVC. que va del interruptor general de la acometida eléctrica al interruptor principal del contenedor.
- 3.- Cable tipo THW (Thermoplastic Heat Water resistant insurance wire, Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio) trabajando a 75 °C marca

condumex, 1 X fase y 1-Neutro en la tubería metálica. Del interruptor general con las fases marcadas.

4.- Para el caso en que alguna diferencia de longitud no coincida y/o falte un elemento de la lista de materiales se considerará su solución en coordinación con supervisión en campo.

5.- trabajar los planos IE-1, IE-2 e IE-3 conjuntamente.

#### b).- SISTEMA DE EMERGENCIA

1.- El sistema de emergencia debe alimentar la carga que se considera como prioridad en el servicio de la radiobase y será el sistema de comunicaciones, así como las luces de obstrucción.

2.- Este sistema será trifásico y la duración de este deberá de mantener alimentada a la carga por un lapso que estipule la compañía (en este caso de 1 a 2 horas).

#### c).- FIBRA OPTICA

Para este caso se tomaran las mismas que en el ejemplo 1.

La medición de la distancia, así como las memorias de alimentación principal se harán igual que en el ejemplo 1 por lo tanto pasaremos a la memoria directamente.

### **MEMORIA DE CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES. PROYECTO CENTRAL MICHOACAN**

A continuación se presenta la MEMORIA DE CALCULO para seleccionar adecuadamente un banco de baterías, un UPS para el sistema de emergencia, así como el calibre del conductor alimentador, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones:

- a) Selección del conductor por capacidad de conducción de corriente.
- b) Cálculo de la caída de tensión.
- c) Selección de la protección contra sobrecargas.

Para nuestro caso se tendrán dos configuraciones una inicial para 4 rectificadores y una final para 6 rectificadores por lo que para su cálculo se hará por separado.

#### CONFIGURACION INICIAL 4 RECTIFICADORES:

NOTA: Para este caso el procedimiento del cálculo es el mismo que se hizo en el ejemplo 1, por lo que esta configuración no se colocará, y así pasaremos directamente a la configuración final que es:

#### CONFIGURACION FINAL 6 RECTIFICADORES:

A continuación se presenta la MEMORIA DE CALCULO para seleccionar adecuadamente un banco de baterías, un UPS para el sistema de emergencia, así como el calibre del conductor alimentador, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones:

- a) Procedimiento del calculo del banco de baterías.
- b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.
- c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable para el UPS:
- d) Calculo de caída de tensión para el UPS:
- e) Selección de la canalización de los conductores alimentadores para el UPS:
- f) Selección del interruptor de protección para el UPS:

La carga se divide en dos partes, una llamada carga crítica y otra normal; por tal motivo se lleva primero el proceso para la carga crítica, la cual es:

En este caso se tienen los siguientes datos de cargas:

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
Lámpara fluorescente de 2x39 watts.	100	4	0.5	200
Luz de obstrucción 127 V.	100	2	0.5	100
Contactos dúplex polarizados 127V	180	6	0.5	540
Reflector de cuarzo	300	3	0.5	450
Rectificadores de corriente alterna a corriente directa 2F, 3H, 220 V.	3,000	6	0.7	12,600
CARGA CRITICA TOTAL INSTALADA				13,890

Al obtener la carga total crítica, se procede a seleccionar un banco de baterías que pueda suministrar 13,890 Watts en un período comprendido entre 1.5 y 2 horas de funcionamiento normal estipulado por la compañía de telefonía celular.

a) Procedimiento del cálculo del banco de baterías.

Este procedimiento es obtenido del manual del fabricante de baterías el cuál se realiza de la siguiente forma:

Datos:

Carga: 13,890 watts.

Tiempo de trabajo: 1 ½ a 2 horas.

Tensión: 272 volts (máximo) y 204 volts (mínimo) a 25° C

1.- Se escoge una batería modelo NP con una tensión por celda de 2.26 volts a 25° C. El número de celdas conectadas en serie que se necesitan se obtienen de dividir la tensión máximo entre la tensión por celda.

$$\#celdas = \frac{V \text{ max}}{V_{cel}} = \frac{272}{2.26} = 120(celdas)$$

2.- Se divide la tensión final de descarga entre el número de celdas para obtener la tensión final por celda.

$$volts \times celda = \frac{V \text{ min}}{\#celdas} = \frac{204}{120} = 1.7(volts \times celda)$$

3.- Se divide la carga entre el número de celdas para obtener la carga por celda.

$$Watts \times celda = \frac{W \text{ carga}}{\#celdas} = \frac{13,890}{120} = 115.75(watts \times celda)$$

4.- Con el valor obtenido en el punto 2 y un tiempo requerido 1.5 horas se entra en la tabla 5 colocada en el apéndice 2.

Obteniéndose el valor 1.171 watts x celda x Ah

5.- Se divide el valor obtenido en el punto 3 entre el valor obtenido en el punto 4.

$$Ah = \frac{W \times celda}{W \times celda \times Ah} = \frac{115.75}{1.171} = 98.84(Ah)$$

6.- Se selecciona de la tabla 1 (colocada en el apéndice 2) el modelo de batería requerido, el cual es NPL 100-12 que es el mínimo requerido, de este modelo de batería se emplearán 20 unidades conectadas en serie y colocadas en un contenedor (rack) anexo al UPS.

b) Cálculo de la potencia necesaria para recargar al banco de baterías.

Debido a que en el instante en que regresa la energía al sistema del UPS, este debe de alimentar tanto a la carga crítica en modo normal como al rectificador para la recarga del banco de baterías; por lo que se debe calcular la energía consumida para esta función, para poder especificar la carga total del UPS.

De la ecuación. 4.3

$$KW - H = AH \times V_f \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

Para obtener los amperes hora demandados se utiliza la expresión 4.2

$$AH_D = \sum_{n=1}^{\infty} A_{Dn} T_{Dn} \quad (4.2)$$

Donde:

AH<sub>D</sub> = Ampers Hora Demandados

A<sub>Dn</sub> = Corriente de descarga .

T<sub>Dn</sub> = Tiempo en que ocurre la descarga.

n = 1, 2, 3, 4, .....etc.

Desarrollando la sumatoria de la ecuación anterior con n=4:

$$AH_D = A_{D1}T_{D1} + A_{D2}T_{D2} + A_{D3}T_{D3} + A_{D4}T_{D4}$$

De la tabla 4 y figura 3 (colocados en el apéndice2) del manual del fabricante se tiene.

	Descarga en Amperes	Lapso en minutos
A <sub>1</sub>	130	1
A <sub>2</sub>	52	29
A <sub>3</sub>	26	51
A <sub>4</sub>	26	1

Sustituyendo estos valores en el desarrollo de la ecuación 4.2

$$AH_D = 130 \times \frac{1}{60} + 52 \times \frac{29}{60} + 26 \times \frac{51}{60} + 26 \times \frac{1}{60} = 49.8323 \text{ Ampere} - \text{horas}$$

Sustituyendo en la expresión 4.3

$$KW - H = 49.8323 \times 240 \times 10^{-3} = 11.9599 \text{ KWh}$$

$$V_{\text{floatación}} = 240 \text{ volts}$$

Debido a que las baterías son ácidas se tiene una eficiencia en Watts hora de 77% por lo que los

$$Kwh = \frac{Kwh}{\eta_{\text{bateria}}} = \frac{11.9599}{0.77} = 15.532 \text{ KW} - \text{hora}$$

Esta es la energía necesaria para recargar el banco de baterías.

Para obtener los Kw necesarios para recargar las baterías se dividen los Kwh entre 4 horas que es el tiempo (Trecarga) razonable para recargar las baterías sin dañarlas.

$$Kw = \frac{Kwh}{Trecarga} = \frac{15.532}{4} = 3.88 \text{ Kw}$$

Esta carga se suma a la obtenida de la carga total crítica, siendo:

$$13,890 + 3,880 = 17,770 \text{ watts}$$

Adicionando a esta carga un 30%, recomendado por especialistas:

$$W_{\text{totales}} = 17,770 \times 1.30 = 23,101 \text{ watts}$$

Y empleando un factor de potencia de 0.9 para obtener KVA:

$$KVA = \frac{23.101KW}{0.9} = 25.667KVA$$

Debiéndose seleccionar un UPS de 30 KVA, se escoge de este tipo porque en el mercado no existen UPS del tamaño requerido.

Para dimensionar el alimentador, calibre del conductor y canalización para el UPS se procede como sigue:

La distancia entre el centro de cargas y el UPS es de 5 mts.

Entonces la corriente de carga es:

$$I_c = \frac{kw}{\sqrt{3} \times E \times f.p.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_c = \frac{23.101}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 0.9} = 67.36 \text{ Amp.}$$

Esta carga se considera como no continua por lo que se toma el 125% de la corriente de acuerdo al artículo 210-22(c) de la NOM-001-SEDE-1999.

$$I_n = I_c \times 125 \% = 84.20 \text{ Amp.}$$

El interruptor principal de este centro de cargas se selecciona el normalizado inmediato superior artículo 240-6 NOM-001-SEDE-1999. Para este caso se considera un interruptor termomagnético de 3P-100 Amp. 240 V.C.A.

c) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable para el UPS:

Para este caso tenemos una corriente nominal de 84.20 Amp. Por lo que se le aplicarán los factores de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y de corrección por agrupamiento de la tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999.:

#### FACTORES DE CORRECCION:

Número de conductores: 5  
Temperatura ambiente: 30 °C

Factor de corrección por agrupamiento (Fa): 0.80  
Factor de corrección por temperatura (Ft): 1.00

El factor de corrección por agrupamiento es de 0.80 ya que se instalarán 3 conductores activos, 1 para tierra física y 1 neutro en la misma tubería.

La corriente corregida será:

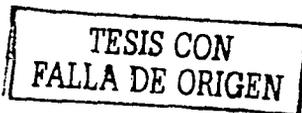
$$I_{co} = \frac{I_n}{Fa \times Ft.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{co} = \frac{84.20}{0.80 \times 1.0} = 105.25 \text{ Amp.}$$

Cabe decir que la corriente  $I_{co}$  no existe realmente, es solo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor.

Seleccionamos el conductor para una corriente de 105.25 Amp. De la tabla 310-16, 310-17 de la NOM-001-SEDE-1999.



Por lo que el conductor cal.2 conduce una corriente de 115 A. en tubería metálica.

d) Calculo de caída de tensión para el UPS:

La caída de tensión se determinará por medio de la expresión (4.5.7):

$$e\% = \frac{Fc \times L \times I_n}{10 \times V_n}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal (Amp.)

L = Longitud (m.)

$V_n$  = Tensión nominal (volts)

e% = Caída de tensión

Fc = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condomex ver apéndice 2)

Sustituyendo valores tenemos:

$$e\% = \frac{1.18 \times 84.2 \times 5}{10 \times 220}$$

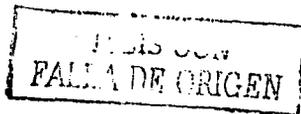
e% = 0.2258 %

Como se puede observar la caída de tensión no es superior al 3% máximo permitido por el art. 210-19 Nota 4, NOM-001SEDE-1999.

e) Selección de la canalización de los conductores alimentadores para el UPS:

El arreglo de los conductores queda de la siguiente forma:

3 CONDUCTORES cal.2	1xFase
1 CONDUCTOR cal.2	1-Neutro



1 CONDUCTOR cal.2 1-Tierra

Para determinar el área interior del tubo en  $\text{mm}^2$ , se procede a sumar el área de los conductores a instalar de acuerdo a la tabla 10-1 y 10-5 (continuación 1) capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999.

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 3 = 258 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$$

Haciendo la suma de áreas tenemos:

$$\text{ÁREA TOTAL} = 430 \text{ mm}^2$$

Para mas de 2 conductores el factor de relleno es 40%, entonces el área requerida es:

$$A_R = \frac{A_T}{F_R} = \frac{430.60 \text{ mm}^2}{0.40} = 1075 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto se instalarán los conductores en tubería de 51 mm. (2 pulg.) de  $\varnothing$  que tienen un área de 2165  $\text{mm}^2$  (de la tabla 10-4 capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999). Esta medida se tomo para mayor comodidad a la hora de hacer el cableado.

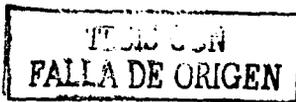
f) Selección del interruptor de protección para el UPS:

El interruptor principal ubicado junto al equipo de medición se determina en base a la corriente y a la capacidad de conducción del cable alimentador.

La corriente corregida es 84.20 Amp.

Se selecciona el interruptor normalizado inmediato superior, y para este caso es interruptor termomagnético de 3P-100 Amp.

NOTA: Los mismos valores se emplean para determinar el interruptor principal del centro de carga que alimenta a la carga crítica.



A continuación se selecciona adecuadamente el calibre del conductor alimentador principal, el diámetro de la tubería y la protección para la carga en cuestión, por lo tanto se toman las siguientes consideraciones

- g) Selección del conductor por capacidad de conducción de corriente.
- h) Cálculo de la caída de tensión.
- i) Selección de la canalización para los conductores de alimentación.
- j) Selección de la protección contra sobrecargas.

En este caso se tienen los siguientes datos de carga:

DESCRIPCION DE LA CARGA	WATTS	CANTIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTAL
UPS	23,101	1	1.0	23,101
Aire Acondicionado 3F, 4H, 220 V.	5,100	2	1.0	10,200
CARGA TOTAL INSTALADA				33,301

Estas cargas se concentraran en el centro de cargas ubicado en el contenedor. La distancia entre el centro de cargas y el equipo de medición y/o el interruptor principal es de 19 mts. como se puede observar la trayectoria del plano IE-1 del proyecto eléctrico.

Entonces la corriente de carga es:

$$I_c = \frac{kw}{\sqrt{3} \times E \times f.p.}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_c = \frac{33.301}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 0.9} = 97.103 \text{ Amp.}$$

Esta carga se considera como no continua por lo que se toma el 125% de la corriente de acuerdo al artículo 210-22(c) de la NOM-001-SEDE-1999.

$$I_n = I_c \times 125 \% = 121.37 \text{ Amp.}$$

El interruptor principal de este centro de cargas se selecciona el normalizado inmediato superior artículo 240-6 NOM-001-SEDE-1999. Para este caso se considera un interruptor termomagnético de 3P-150 Amp. 240 V.C.A.

g) Selección de calibre del conductor por capacidad de conducción del cable:

Para este caso tenemos una corriente nominal de 121.37 Amp. Por lo que se le aplicarán los factores de corrección por temperatura de la tabla 310-16 y de corrección por agrupamiento de la tabla A-310-11 de la NOM-001-SEDE-1999.:

#### FACTORES DE CORRECCION:

Número de conductores: 4  
Temperatura ambiente: 30 °C

Factor de corrección por agrupamiento (Fa): 0.80  
Factor de corrección por temperatura (Ft): 1.00

El factor de corrección por agrupamiento es de 0.80 ya que se instalarán 3 conductores activos y 1 neutro en la misma tubería.

La corriente corregida será:

$$I_{co} = \frac{In}{Fa \times Ft}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{co} = \frac{121.37}{0.80 \times 1.0} = 151.72 \text{ Amp.}$$

Cabe decir que la corriente  $I_{co}$  no existe realmente, es solo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor.

Seleccionamos el conductor para una corriente de 151.72 Amp. De la tabla 310-16, 310-17 de la NOM-001-SEDE-1999.

Por lo que el conductor cal.2/0 conduce una corriente de 175 A. en tubería metálica.

h) Cálculo de caída de tensión:

La caída de tensión se determinará por medio de la expresión (4.5.7):

$$e\% = \frac{Fc \times L \times I_n}{10 \times V_n}$$

Donde:

$I_n$  = Corriente Nominal (Amp.)

$L$  = Longitud (m.)

$V_n$  = Tensión nominal (volts)

$e\%$  = Caída de tensión

$Fc$  = Factor de caída de tensión unitaria (Tomada de la tabla Núm. 13 del manual del electricista de condomex ver apéndice 2)

Sustituyendo valores tenemos:

$$e\% = \frac{0.59 \times 121.37 \times 19}{10 \times 220}$$

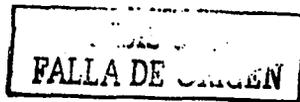
$e\% = 0.62 \%$

Como se puede observar la caída de tensión no es superior al 3% máximo permitido por el art. 210-19 Nota 4, NOM-001SEDE-1999.

i) Selección de la canalización de los conductores alimentadores:

El arreglo de los conductores queda de la siguiente forma:

3 CONDUCTORES cal.2/0	1xFase
1 CONDUCTOR cal.2/0	1-Neutro
1 CONDUCTOR cal.2	1-Tierra Física Aislada (T.F.A.)



Para determinar el área interior del tubo en  $\text{mm}^2$ , se procede a sumar el área de los conductores a instalar de acuerdo a la tabla 10-1 y 10-5 (continuación 1) capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999.

$$\text{CONDUCTOR cal.2/0} = 169 \text{ mm}^2 \times 3 = 507 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2/0} = 169 \text{ mm}^2 \times 1 = 169 \text{ mm}^2$$

$$\text{CONDUCTOR cal.2} = 86 \text{ mm}^2 \times 1 = 86 \text{ mm}^2$$

Haciendo la suma de áreas tenemos:

$$\text{ÁREA TOTAL} = 762 \text{ mm}^2$$

Para más de 2 conductores el factor de relleno es 40%, entonces el área requerida es:

$$A_R = \frac{A_T}{F_R} = \frac{762 \text{ mm}^2}{0.40} = 1905 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto se instalarán los conductores en tubería de 63 mm. (2 1/4 pulg.) de  $\varnothing$  que tienen un área de 3090  $\text{mm}^2$  (de la tabla 10-4 capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-1999). Esta medida se tomo para mayor comodidad a la hora de hacer el cableado.

j) Selección del interruptor de protección:

El interruptor principal ubicado junto al equipo de medición se determina en base a la corriente y a la capacidad de conducción del cable alimentador .

La corriente corregida es 121.37 Amp.

Se selecciona el interruptor normalizado inmediato superior, y para este caso es interruptor termomagnético de 3P-150 Amp.

Como marca la norma, el interruptor no debe ser mayor de 4 veces la capacidad de conducción de corriente del alimentador y en este caso se cumple.

## 6.9.2 ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

El estudio se realizará de la misma forma en que se hizo en el ejemplo 1, por lo que a continuación se hace la memoria para encontrar la resistividad del terreno:

### ESTUDIO DE RESISTIVIDAD PROYECTO CENTRAL MICHOACAN

Para la medición de la resistencia del terreno se emplea el método de los tres puntos visto anteriormente donde :

$L = 0.30$  mts.

$a = 0.15$  mts.

$D = 2$  mts.

$0.62D = 1.24$  mts

Al tomar la lectura del instrumento de medición indico una resistencia de  $R = 900 \Omega$

La resistividad  $\rho$  del terreno se determina con la aplicación de la fórmula (6.1)

Sustituyendo valores en la formula:

$$\rho = \frac{2 \times 3.1416 \times 900 \times 0.3}{Ln \frac{2.943 \times 0.3}{0.0127}} = \frac{1696.46}{Ln 69.52} = \frac{1696.46}{4.24} = 400.10 [\Omega - m]$$

Las especificaciones y la memoria se harán igual que en el ejemplo 1 por lo que pasaremos directamente a la memoria de cálculo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**MEMORIA DE SISTEMA DE TIERRAS  
PROYECTO CENTRAL MICHOACAN**

**Cálculo del calibre del conductor**

Para los cálculos tomaremos los datos para los cuales se diseña un pararrayos a contribución de la corriente de una descarga atmosférica que es de 30,000 Amp. En una milésima de segundo.

$$I = 30,000 \text{ Amp.}$$

El interruptor abre en 8 ciclos, equivalente a 0.1333 segundos tiempo de duración de la falla.

El calibre mínimo del conductor que se utilizará para transportar la corriente sin peligro de fundirse, es el indicado por la ecuación de Onderdonk (4.9)

Despejando de esta ecuación el área, tenemos:

$$A = \frac{I}{\sqrt{33s} \log\left(\frac{T_m + T_a}{234 + T_a} + 1\right)} \dots\dots\dots (6.2)$$

Donde:

- I= 30,000 A
- T<sub>a</sub>= 30°C
- T<sub>m</sub>= 450°C
- s = 0.133 seg.

Sustituyendo los valores tenemos :

$$A = \frac{30000}{\sqrt{33 \times 0.133} \log\left(\frac{450 + 30}{234 + 30} + 1\right)} = \frac{30000}{0.32019} = 93694.3689 \text{ c.m.}$$

Debido a que se necesita saber el área en MCM se tiene que:

$$A_{MCM} = \frac{93694.3689}{1000} = 93.69436MCM$$

Al ir a tablas de conductores el calibre más próximo en MCM es el de 105.5 (1/0 AWG)  
Y para obtener el área en mm<sup>2</sup> tenemos que

$$1 \text{ circular mil} = 0.00051 \text{ mm}^2$$

$$\text{Por lo que } A = (93694.3689) \times (0.00051) = 47.784 \text{mm}^2$$

Para obtener el calibre del conductor que servirá para nuestro caso se selecciona un conductor con una sección transversal de 53.48 mm<sup>2</sup> que corresponde al cal. de 1/0 AWG.

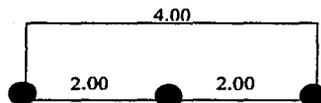
Deblendo tener como mínimo para el sistema un cal. No. 2/0 AWG de acuerdo a especificaciones internas de la compañía de telefonía celular con 67.43 mm<sup>2</sup> cumpliendo con el área requerida en el cálculo.

a) Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

El valor de diseño debe estar entre 0 y 3 ohms. Valor de resistencia a tierra para equipo electrónico.

De acuerdo con la medición de resistencia realizada en el sitio se obtuvo una resistividad del terreno de  $\rho = 400.10 \text{ ohms-m}$ .

#### ARREGLO DEL SISTEMA.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

La resistencia total del sistema de tierras se puede determinar por medio de la ecuación (5.13)

$$R_s = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ L_n \frac{4L}{a} + L_n \frac{4L}{s} - 2 \right]$$

Donde:

- $\rho$  = Resistividad del terreno
- L= Longitud total entre 2
- s= Profundidad de la malla por 2.
- a = Radio del conductor

Donde:

- $\rho = 400.1 \text{ } [\Omega \text{ m}]$
- L=  $17.15/2 = 8.575 \text{ m}$
- s=  $0.60 \times 2 = 1.2 \text{ m}$
- a =  $0.00532 \text{ m}$
- Calibre del conductor: 2/0 AWG

Sustituyendo valores:

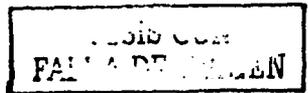
$$R_s = \frac{400.10}{4 \times \pi \times 8.575} \left[ L_n \frac{4 \times 8.575}{0.00532} + L_n \frac{4 \times 8.575}{1.2} - 2 \right]$$

$$R_s = 25.58 \text{ } [\Omega]$$

**Cálculo de la Resistencia para una varilla copperweld de cobre.**

De la ecuación (5.20)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ L_n \frac{4L}{a} - 1 \right]$$



Donde:

$R_v$  = Resistencia de varilla

$\rho$  = Resistividad del terreno

$L$  = Longitud de los electrodos 3 mts.

$a$  = Radio del electrodo 0.0095 mts.

Sustituyendo valores tenemos:

$$R_v = \frac{400.10}{2 \times 3.1416 \times 3} \ln \frac{4 \times 3}{0.0095} - 1$$

$$R_v = 130.35 \Omega$$

Como el área destinada para el sistema de tierras es muy reducida, ya que se tiene que instalar en la acera del predio y por ello no se puede hacer otro tipo de arreglo de electrodos, por lo que se determina proponer el tratamiento del área del terreno por un compuesto denominado por el fabricante GEM visto anteriormente; ya que se ha elegido este compuesto por los datos que proporciona el fabricante de los cuales se ha deducido que tiene una eficiencia del 95 % para la reducción de la resistencia.

Aplicando la eficiencia anterior se tiene que la resistencia del sistema es:

$$R_{sc} = R_s(1 - \eta_c)$$

Donde:

$R_{sc}$  = Resistencia del sistema con la adición del compuesto.

$\eta_c$  = Eficiencia de reducción del compuesto.

Sustituyendo valores:

$$R_{sc} = 25.58(1 - 0.95)$$

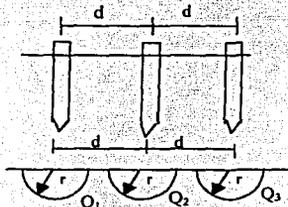
$$R_{sc} = 1.279 [\Omega]$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto se cumple con lo estipulado al inicio del inciso a) que es de  $0 \leq R \leq 3$  y que  $R_{SC} < 3 \Omega$

**NOTA:** Solo se garantiza este valor si y solo si se lleva a cabo el agregado del compuesto propuesto anteriormente.

Viendo que en este ejemplo se tiene un arreglo de 3 electrodos en línea recta podemos ver lo siguiente:



El potencial de uno respecto al otro sería:

$$\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{d} + \frac{Q_3}{2d}$$

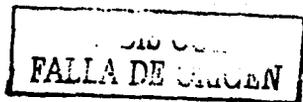
$$\beta = \frac{\text{Resistencia de 3 electrodos}}{\text{Resistencia de un electrodo}} = \frac{2 + \alpha - 4\alpha^2}{6 - 7\alpha}$$

Donde:

$$\alpha = \frac{r}{d} = \frac{0.004632}{2} = 2.316 \times 10^{-3}$$

sustituyendo a se tiene:

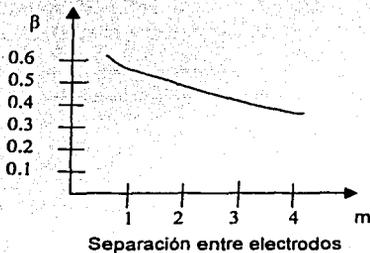
$$\beta = \frac{2 + 2.316 \times 10^{-3} - 4(2.316 \times 10^{-3})^2}{6 - 7(2.316 \times 10^{-3})} = \frac{1.993}{5.984}$$



$\beta = 0.33$  que se tomará como una eficiencia

Según este tipo de arreglo reduce la resistencia en un 35 %

La gráfica para 3 electrodos en línea es la siguiente:



**ACLARACION:** Los planos del ejemplo 2 se colocarán al final de la tesis en el apéndice 1, como se hizo con el ejemplo 1.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPITULO 7

### MANTENIMIENTO DE UNA RADIOBASE

#### 7.1 ASPECTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO

La principal función de un mantenimiento es mantener a los bienes materiales o físicos en buen funcionamiento.

Un mantenimiento adecuado evita desperfectos en los equipos y un paro de actividades por fallas.

#### 7.2 DEFINICIÓN

Mantenimiento, son los procesos encaminados a mantener y conservar los equipos, instalaciones, herramientas y todo material que se requiere para un fin.

#### 7.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Se pueden dividir en dos grupos principales de mantenimiento:

- a) Mantenimiento preventivo. Consiste en la revisión de los equipos para ver si existen posibles fallas antes de que éstas ocurran. Este mantenimiento también se caracteriza por hacer ciertas limpiezas en los equipos no ha profundidad pero sí con cierto detalle para detectar problemas.

Cabe destacar que este mantenimiento resulta más económico y su implementación se puede realizar de manera sencilla.

- b) Mantenimiento correctivo. Es la eliminación de fallas, una vez que éstas ya se hacen inminentes o ya están presentes.

Este mantenimiento resulta económicamente más caro, debido al cambio de piezas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una falta de mantenimiento en consecuencia disminuye la vida útil de los equipos o materiales, en ocasiones se tienen que cambiar los equipos completos y en el peor de los casos pueden ser causas de accidentes.

#### **7.4 CARACTERISTICAS**

Los mantenimientos deben de poseer las siguientes características.

- a) **Confiabilidad.** Es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en condiciones óptimas.
- b) **Mantenibilidad.** Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- c) **Soportabilidad.** Es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera y bajo las condiciones planeadas.

#### **7.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA RADIOBASE**

Consiste en la supervisión de los equipos instalados, tales como equipos electrónicos, sistemas de comunicación, antenas, sistema de tierras, sistemas eléctricos. Este mantenimiento es con el fin de mantener a la radiobase con una vida útil más prolongada y evitar el cambio de equipos. Como los equipos de comunicaciones son de mayor complejidad el mantenimiento lo debe realizar un ingeniero o un técnico en electrónica

El mismo mantenimiento nos dan los pasos a seguir en caso que se presenten fallas considerables.

Para mantener la infraestructura de la radiobase a continuación se dan los lineamientos a seguir para cada una de las partes de la radiobase.

- a) Torre

Se hará una inspección visual de la torre. En esta supervisión se revisarán:

Las catenarias de las retenidas, se supervisarán si existen esfuerzos o elongaciones en ellas. Esta supervisión se hará en plazos de 3 a 6 meses.

Las conexiones de los tornillos, se tendrá especial cuidado en las oxidaciones de los tornillos, en caso que se presenten oxidaciones se hará una limpieza y posteriormente se aplicará los productos químicos necesarios para evitar el deterioro de los mismos.

Se revisará la verticalidad de la torre para evitar una inclinación de la misma, en caso que exista una inclinación se harán los ajustes a las retenidas para restaurar la verticalidad.

**b) Contenedor**

Verificar que no exista humedad dentro del contenedor.

En la superficie exterior del contenedor revisar si existen oxidaciones o fisuras en sus paredes y juntas.

**c) Sala**

Anualmente y antes de la temporada de lluvias se revisará el buen estado del impermeabilizante, este no debe tener grietas, bolsas de aire, agrietamiento.

Con respecto a la cancelería se revisará que no exista oxidación y en caso contrario se realizará la limpieza de los mismos y se aplicarán los productos químicos necesarios para su conservación.

Verificar con nivel de manguera los niveles del lecho superior de la losa de cimentación, que no presenten asentamientos.

**d) Cimentación**

La cimentación deberá mantener una nivelación en todos los apoyos de la torre, no deben de existir grietas profundas, exposición de refuerzos, desprendimientos o fallas de anclaje, etc.

Si se encontrará alguna anomalía se deberá supervisar por un experto en estructuras para ver el daño y emplear el mantenimiento más adecuado.

e) Cama guía

Verificar que la cama guía de onda en toda su trayectoria conserve el mismo nivel de alineamiento, en caso contrario se corregirá el alineamiento.

Supervisar que los soportes de la cama guía de onda conserve su empotre original, así como la verticalidad con que fue instalada.

Cuidar que las conexiones con soldadura se encuentran protegidas "entorchado" y donde están al aire libre no tengan principios de corrosión, de ser así se procederá a limpiar con cepillo de alambre y protegerlas con grasa.

f) Mantenimiento a sistema de tierra

Deberá revisarse anualmente, previo a la temporada de lluvias (época de estiaje) y mantenerse la instalación de los equipos sin alterar su posición ni forma, prestando importancia prioritaria a los siguientes aspectos:

**Continuidad eléctrica:** Debe permanecer la conexión física de los conectores de pararrayos conductor-electrodo, verificándose por medición eléctrica a través de un puente entre ambos conectores.

**Resistencia a tierra:** Las características de proyecto para este valor, deberán ser conservadas durante la operación de los equipos, por lo que dicha resistencia deberá medirse tal como se indica en el proyecto y su valor estacional no deberá ser mayor al calculado inicialmente.

**Corrosión:** Deberá evitarse contaminación ambiental, tanto al pararrayos como al electrodo previniendo fallas por aislamiento o recubrimiento de depósitos en los elementos de la instalación, principalmente la barra de descarga.

g) Sistema de alumbrado

**Sala de radio y contendor:** El mantenimiento que se hace dentro de la sala de radio y del contendor con lo que respecta al alumbrado es solo verificar que las lámparas funcionen adecuadamente y esto se hará casi cada seis meses debido a que como el contenedor y la

sala de radio permanecen herméticamente cerrados, esto debido a que se tiene conectado el sistema de aire acondicionado y no se permitirá que ninguna partícula de polvo entre al interior por lo tanto la iluminación solo se enciende cada vez que se haga una revisión.

**Alumbrado exterior:** El mantenimiento que se le da consiste solamente en verificar que el filamento del reflector funcione adecuadamente si no se cambia por uno nuevo, limpiar al reflector del polvo que se llegue a filtrar, revisar que la pintura interior del reflector no presente alguna imperfección al grado que este se deba cambiar y esto se hará por los menos cada seis meses.

**Alimentadores principales:** El mantenimiento consiste en verificar que los gabinetes, los interruptores termomagnéticos, el centro de cargas y la tubería estén en buenas condiciones todo esto se verificará por lo menos cada 6 meses.

Con lo respecta al gabinete que se encuentra en la acometida es verificar que no presente corrosión, que su pintura no presente fracturas y que todas las conexiones se encuentren ahí no presenten alguna alteración, verificar el apriete en la tornillería, así como el apriete del interruptor que se encuentra ahí, que su palanca funcione perfectamente, en caso de fallas se cambiará. En la tubería solo se verificará básicamente que no tenga filtraciones, que su pintura no presente fracturas, en caso de que suceda se pintará la parte que esté en esta situación, y en cuestión del centro de cargas y los interruptores termomagnéticos que en el se albergan y como se encuentran dentro de la sala de radio o el contenedor solo se verificará que los enchufes no tengan alguna mala conexión, la tornillería se verifica su torque y en caso de que la palanca de disparo de algún interruptor falle se cambiará a este por otro nuevo.

APÉNDICE 1

PLANOS

TORRE  
AUTOSOPORTADA  
LOMAS DE  
SAN MATEO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN













**PLANOS**

**DE TORRE**

**ARRIOSTRADA**

**CENTRAL**

**MICHOACAN**

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

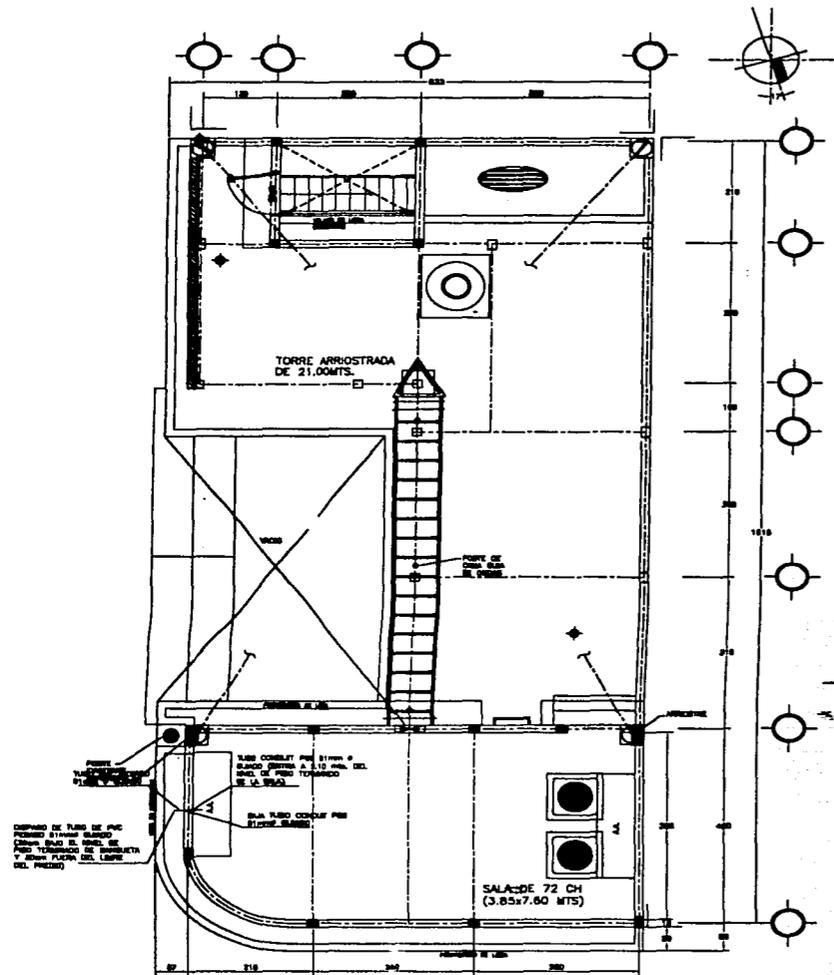




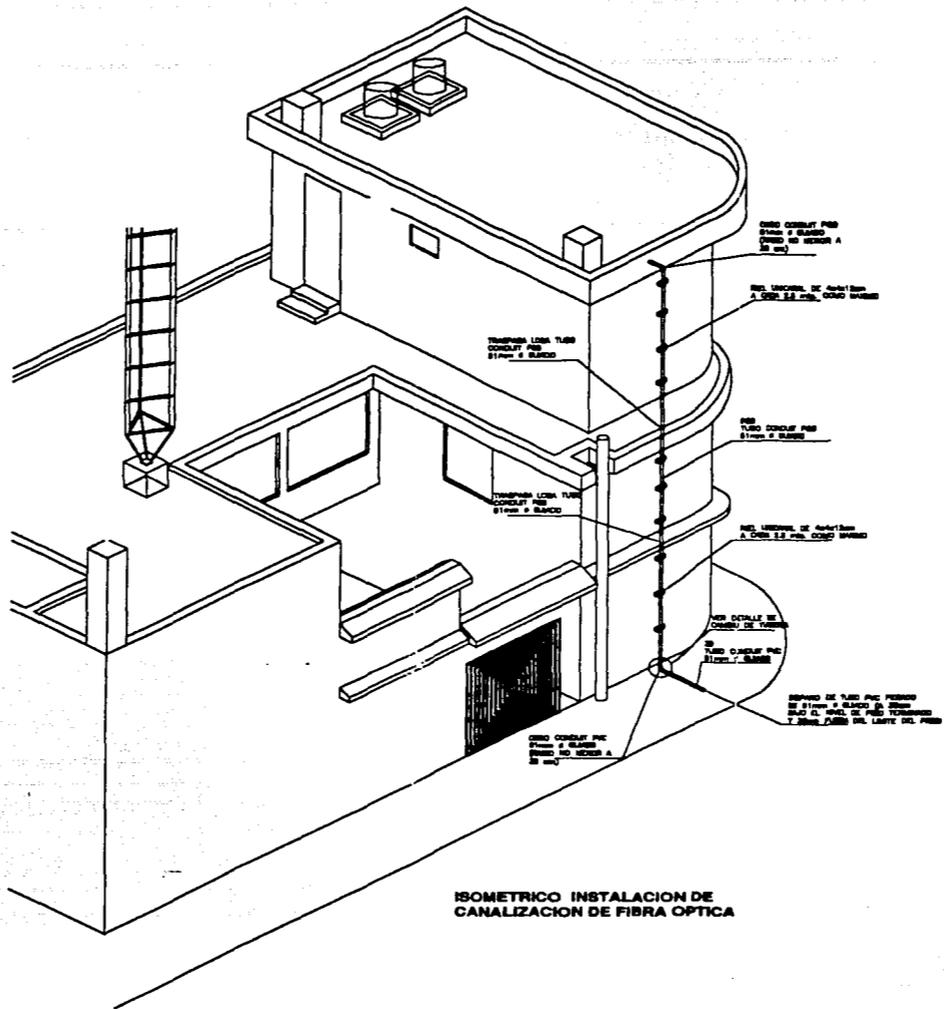




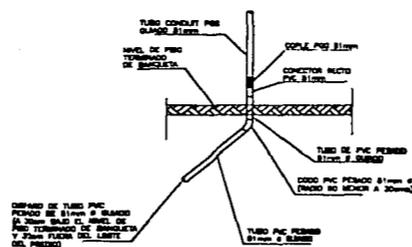




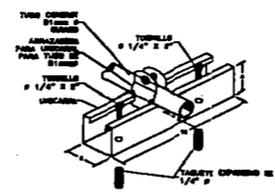
INSTALACION DE CANALIZACION DE FIBRA OPTICA



ISOMETRICO INSTALACION DE CANALIZACION DE FIBRA OPTICA



DETALLE DE CAMBIO DE TUBERIA DE PPG A PVC



DETALLE DE FIJACION DE TUBO CONDUIT EN MURO CON UNICANAL

ESPECIFICACIONES

- 1.-TUBO LA TUBERIA DEBE SER DE 1/2" DE DIAMETRO CONDUIT PARA EXTERIORES Y PVC PARA INTERIORES Y CUALQUIER SUPERFICIE TOTALMENTE LISA.
- 2.-LOS BOMBOS DE CARRUPLAN NO DEBERAN SER MENORES A 4.50 MTS.
- 3.-LA TUBERIA DEBE CONECTARSE DEL LADO DE ABAJO AL PISO DE TALONERÍA PREVIAMENTE RECONSTRUIDA, EN CASO DE NO EXISTIR EL PISO DE TALONERÍA DE LAS CUBIERTAS, USANDO CONDUCTOS UNICANAL DE VENTA, LA UBICACION Y TIPO DE BOMBOS DE DETERMINAR EN LA MEMORIA TECNICA.
- 4.-EL TUBO DE LA TUBERIA DEBE DE COTAR A UNA ALTURA DE 1.10 MTS. SOBRE EL NIVEL DE PISO TERMINADO DE LA SALA.
- 5.-PARA EL CASO EN QUE ALGUNA DIFERENCIA DE LONGITUD SE PRESENTE, Y/O FALTE UN ELEMENTO DE LA LISTA DE MATERIALES SE CONSIDERARA SU SOLUCION EN COORDINACION CON SUPERVISION EN CASO.
- 6.-LA TIPOLOGIA DE LA TUBERIA SERA LA MAS CORRECTA.

LISTA DE MATERIALES

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	USO
1	SAL Y COLOCACION DE TUBO CONDUIT P/P Ø 1/2"	ML	10	TIPO
2	SAL Y COLOCACION DE TUBO PVC PERFORADO Ø 1/2"	ML	2	RED
3	SAL Y COLOCACION DE CODO PVC Ø 1/2"	PCS	1	
4	SAL Y COLOCACION DE CODO BALNEADO Ø 1/2"	PCS	1	
5	SAL Y COLOCACION DE PERFORA PARA TUBERIA CONDUIT DE 1/2" CON BOMBAS PERFORADO 1000 CMDS DE Ø INT.	ML	10	CONDU
6	SAL Y COLOCACION DE COPIRA Y MONITOR 1/2"	ASL	1	
7	SAL Y COLOCACION DE RIEL UNICANAL DE 40x21 BARRAS	PCS	6	
8	SAL Y COLOCACION DE ALAMBRE BALNEADO Ø 1/4"	ML	10	
9	SAL Y COLOCACION DE RIFLE 1/2"	PCS	1	
10	SAL Y COLOCACION DE DIAMETRO DE EXPANSION DE 1/4" Y TORNILLO DE 1/4"x1/2"	ASL	10	
11	SAL Y COLOCACION DE ABROZADOR PARA UNICANAL Ø 11mm x Ø	PCS	8	
12	SAL Y COLOCACION DE SOPLE PDB DE Ø 11mm	PCS	1	
13	SAL Y COLOCACION DE CONECTOR RECTO PVC DE Ø 11mm	PCS	1	
14	SAL Y COLOCACION DE TUBO DE EXPANSION DE 1/4" Y TORNILLO DE 1/4" x 1/2"	ASL	10	

SIMBOLOGIA

---	TUBERIA CONDUIT PVC DE 1/2" APARENTE, MURO.
---	TUBERIA CONDUIT PVC DE 1/2" OCULTO

TESIS CON FALTA DE CONTENIDO

MODIFICACIONES	FECHA	RADIOMOVIL DIPS, S.A. DE C.V.	FACULTAD INGENIERIA UNAM
		PROYECTO RB 1813 CENTRAL MODIFICACION	
		CONFECCIONADOR 3x30 (30M)	
		TRAYECTORIA	
		CARDINAL, CDO. CONCORD #36	
		COL. BARRIO DE ARAGON	
		C.P. 58145 BARRIO ECATEPEC DE MORELOS	
		PLANTA: FIBRA OPTICA (PLANTA, ISOMETRICO Y DETALLES)	
		PROFESOR	
		ING. GUILLERMO LOPEZ H.	
		CLASIFICACION	
		MAGISTERIO MONARCA	
		BOBATO MORALES GUTIERREZ	
		FRANCISCO MARILLANES C.	
		FECHA: 22/SEP/2002	COTAR: CHS
		DISEÑO: BNG	REVISOR: BNG

247

## APÉNDICE 2

### ARTICULOS DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999.

Artículos tomados para la memoria de cálculo de alimentadores principales para los tipos de radiobase que se ven en la tesis.

#### CAÍDA DE VOLTAJE

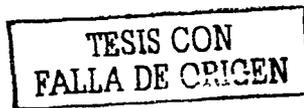
##### **210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos**

a) **General.** Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a la capacidad nominal del circuito derivado. Los cables armados cuyo conductor neutro sea más pequeño que los conductores de fase, deben marcarse de esa manera (indicando el tamaño del neutro).

**NOTA 4:** Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta la toma de corriente eléctrica más lejana no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

**215-2. Capacidad nominal y tamaño nominal mínimos del conductor.** Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no-inferior a la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas. Los conductores alimentadores de una unidad de vivienda o de una casa móvil, no tienen que ser de mayor tamaño que los conductores de entrada de la acometida.

a) **Para circuitos especificados.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a 30 A, cuando la carga alimentada consista en alguno de los siguientes tipos de circuitos: (1) más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores, (2) dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores (3) dos o más



circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

**b) Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada de la acometida.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no deberá ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores entrada de acometida con una intensidad máxima de 55 A, o menos.

**NOTA:** Los conductores de alimentadores, tal como están definidos en el Artículo 100, con un tamaño nominal que evite una calda de tensión eléctrica superior a 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas, y en los que la calda máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere 5%, ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable.

#### **PARA LA CORRIENTE DE CARGA:**

**210-22. Cargas máximas.** La carga total no debe exceder la capacidad nominal del circuito derivado y no debe exceder las cargas máximas especificadas en 210-22 (a) a (b), en las condiciones allí indicadas.

**a) Cargas inductivas de alumbrado.** Para los circuitos que suministren energía a equipo de alumbrado con balastos, reactores, transformadores o autotransformadores, la carga calculada se debe basar en la capacidad nominal total de dichas unidades y no en la potencia (W) total de las lámparas.

**b) Otras cargas.** La capacidad nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados que alimenten a cargas continuas, tales como el alumbrado de las tiendas y cargas similares, no debe ser inferior a la carga no-continua más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá tener una capacidad de conducción de corriente igual o superior a la de la carga no-continua más 125% de la carga continua.

*Excepción:* Los circuitos alimentados por un conjunto que, junto con sus dispositivos de protección contra sobrecorriente, estén aprobados y listados para funcionamiento continuo a 100% de su capacidad nominal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## PARA INTERRUPTOR PRINCIPAL:

### 240-6. Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas

a) **Fusibles e interruptores de disparo fijo.** Para selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15, 20, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 3000, 4000, 5000 y 6000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1,3,6,10 y 601 A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores de corriente nominal diferentes a lo valores indicados en este inciso.

b) **Interruptores de disparo ajustable.** La capacidad nominal de corriente eléctrica normalizada de los interruptores de disparo ajustable, del tipo con retardo de tiempo largo (capacidad nominal en A o por sobrecarga) que tengan medios externos de ajuste, debe ser el del máximo ajuste posible.

*Excepción: Los interruptores automáticos que tengan tapas removibles selladas sobre los medios de ajuste o que estén situados detrás de las puertas atomilladas de las envolventes de los equipos o detrás de las puertas cerradas accesibles sólo a personas calificadas, podrán tener un nivel de disparo igual al correspondiente ajuste de tiempo largo.*

**NOTA:** No se intenta prohibir el uso de fusibles e interruptores de tiempo inverso de capacidades no normalizadas.

## SISTEMAS DE TIERRAS

### 250-79. Puente de unión principal y puente del equipo

a) **Material.** Los puentes de unión principal y del equipo deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Un puente de unión principal o un puente de unión puede ser un cable, alambre, tornillo o similar adecuado.

b) **Construcción.** Cuando el puente de unión con la red sea un solo tornillo, éste se debe identificar mediante un color verde que sea visible con el tornillo instalado.

c) **Tamaño nominal de los puentes del equipo y de unión principal en el lado de suministro de la acometida.** El puente de unión debe tener un tamaño nominal no-inferior a 12,5% que el mayor conductor de fase excepto que, cuando los conductores de fase y el puente de unión sean de distinto material (cobre o aluminio), el tamaño nominal mínimo del puente de unión se debe calcular sobre la hipótesis del uso de conductores de fase del mismo material que el puente de unión y con una capacidad de conducción de corriente equivalente a la de los conductores de fase instalados. Cuando se instalen conductores de entrada a la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

acometida en paralelo en dos o más cables o canalizaciones, el puente de unión de equipo, si está instalado junto con esos cables o canalizaciones, debe instalarse en paralelo. El tamaño nominal del puente de unión de cada canalización o cable se debe calcular a partir del de los conductores de la acometida en cada cable o canalización.

El puente de unión de la canalización del conductor de un electrodo de puesta a tierra o cable blindado, como se indica en 250-92(b), debe ser del mismo tamaño nominal o mayor que el correspondiente conductor del electrodo de puesta a tierra. En sistemas de corriente eléctrica continua, el tamaño nominal del puente de unión no debe ser inferior al del conductor de puesta a tierra del sistema, tal como se especifica en 250-93.

**d) Tamaño nominal del puente de unión del lado de la carga de la acometida.** El puente de unión de equipo del lado de la carga de los dispositivos de sobrecorriente de la acometida no debe ser inferior al tamaño nominal que se indica en la Tabla 250-95. Se permite conectar con un solo puente de unión común continuo dos o más canalizaciones o cables, si el puente tiene un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95 para el mayor de los dispositivos de sobrecorriente que protege a los circuitos conectados al mismo.

*Excepción: No es necesario que el puente de unión para equipo sea de mayor tamaño nominal que los conductores de los circuitos que suministran energía a los mismos, pero no debe ser inferior a 2,082 mm<sup>2</sup> (14 AWG).*

**250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo.** El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Cuando se usen varios grupos de conductores de entrada a la acometida, la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida se debe calcular por la mayor suma de las secciones transversales de los conductores de cada grupo.

Cuando no haya conductores de entrada a la acometida, la sección transversal del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida de acuerdo con la corriente eléctrica de carga calculada.

**NOTA:** Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando deban instalarse, se deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm<sup>2</sup> de su sección transversal.

Cuando solo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (conduit) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (conduit) o cable.

**Excepción 1:** No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo sea de mayor tamaño nominal que el de los conductores de los alimentadores de equipo.

**Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	—
20	3,307 (12)	—
30	5,26 (10)	—
40	5,26 (10)	—
60	5,26 (10)	—
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)

**Nota:** Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## SELECCIÓN CALIBRE DEL CONDUCTOR

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm <sup>2</sup>	TIPOS TW* TWD* CCE TWD- UV	TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS THWN* XHHW* TT	TIPOS RHH* RHW- 2,THHN* THHW* THHW-LS THW-2* XHHW* XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW* XHHW* BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	AWGkcmil
	Cobre			Aluminio			
3,307	25*	25*	30*	—	—	—	12
5,26	30	35*	40*	—	—	—	10
8,367	40	50	55	—	—	—	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
33,62	95	115	130	75	90	100	2
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

\*A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,082 mm<sup>2</sup>(14 AWG); 20 A para 3,307 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre.

**Tabla 310-17 . Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C**

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13)						Tamaño nominal AWG/kcm II
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS THWN*, XHHW*.	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS THWN-2*, XHHW*, XHHW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2	
	Cobre			Aluminio			
1,307	....	—	24	....	....	....	16
2,082	25*	30*	35*	....	....	....	14
3,307	30*	35*	40*	....	....	....	12
5,26	40	50*	55*	....	....	....	10
8,367	60	70	80	....	....	....	8
13,3	80	95	105	60	75	80	6
21,15	105	125	140	80	100	110	4
26,67	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,41	165	195	220	130	155	175	1
53,48	195	230	260	150	180	205	1/0
67,43	225	265	300	175	210	235	2/0
85,01	260	310	350	200	240	275	3/0
107,2	300	360	405	235	280	315	4/0
<b>FACTORES DE CORRECCIÓN</b>							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	21-25	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
28-30	1,00	28-30	1,00	1,00	1,00	1,00	28-30
31-35	0,91	31-35	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	36-40	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	41-45	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	46-50	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	51-55	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	56-60	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	61-70	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	71-80	0,41	....	....	0,41	71-80

\*A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,082 mm<sup>2</sup> (14 AWG); 20 A para 3,307 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Tabla A-310-11. Factores de corrección para más de tres conductores portadores de corriente eléctrica en canalización o cable con factor de demanda.**

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Por ciento de valores en tablas ajustados por temperatura si fuera necesario
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 24	70*
25 a 42	60*
43 o más	50*

\* Estos factores incluyen los efectos por un factor de demanda en las cargas de 50%

**Tabla 10-1. Factores de relleno en tubo (conduit)**

Número de conductores	uno	dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

**NOTA:** Esta Tabla 10-1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables están dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los conductos.

Instrucciones para uso de la Tabla 10-1.

1. La Tabla 10-1 se aplica sólo a instalaciones completas de tubo (conduit) y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.
2. Para calcular el por ciento de ocupación de los cables en tubo (conduit), se debe tener en cuenta los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando se utilicen. En los cálculos se debe utilizar la dimensión real y total de los conductores, tanto si están aislados como desnudos.
3. Cuando entre las cajas, gabinetes y envolventes similares se instalan tramos de tubo (conduit) cuya longitud total no supera 60 cm., se permite que esos tramos estén ocupados hasta 80% de su sección transversal total y que no se aplique lo que establece la Nota 8(a) a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V del Artículo 310.
4. Cuando se calcula el número máximo de conductores permitidos en tubo (conduit), todos del mismo tamaño (incluido el aislamiento), si los cálculos del número máximo de conductores

permitido dan un resultado decimal de 0,8 o superior, se debe tomar el número inmediato superior.

5. Para calcular el por ciento de ocupación en tubo (conduit), un cable de dos o más conductores se considera como un solo conductor. Para cables de sección transversal elíptica, el cálculo del área de su sección transversal se hace tomando el diámetro mayor de la elipse como diámetro de un círculo.

6. Cuando se instalen tres conductores o cables en la misma canalización, si la relación entre el diámetro interior de la canalización y el diámetro exterior del cable o conductor está entre 2,8 y 3,2, se podrían atascar los cables dentro de la canalización, por lo que se debe instalar una canalización de tamaño inmediato superior. Aunque también se pueden atascar los cables dentro de una canalización cuando se utilizan cuatro o más, la probabilidad de que esto suceda es muy baja.

**Tabla 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)**

Tamaño nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm <sup>2</sup>	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>		
			uno conductor fr = 53%	dos conductores fr = 31 %	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282

\*Para tubo (conduit) flexible metálico o no-metálico y para tubo (conduit) de PVC y de polietileno, los cálculos deberán basarse en las dimensiones interiores reales proporcionadas por el fabricante e indicadas en la norma de producto

Nota: El tamaño nominal del tubo es el correspondiente a la normativa internacional IEC. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional en la Tabla anterior se indica entre paréntesis la designación correspondiente en pulgadas.

**Tabla 10-5 (continuación 1)**  
**Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos**

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Área aproximada mm <sup>2</sup>
	mm <sup>2</sup>	AWG		
SF-2, SFF-2	0,8235	18	3,07	7,42
	2,082	14	3,76	11,1
SF-1, SFF-1	0,8235	18	2,31	4,19
AF, XF, XFF	2,082	14	3,38	8,97
<b>Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF</b>				
RHH*, RHW*, RHW-2*	2,082	14	4,14	13,5
	5,26	10	5,23	21,5
AF, XF, XFF RHH*, RHW*, RHW-2*	8,367	8	6,76	35,9
TW,	2,082	14	3,38	8,97
THHW, THHW-LS	3,307	12	3,86	11,7
THW, THW-LS	5,6	10	4,47	15,7
THW-2	8,367	8	5,99	28,2
TW	13,3	6	7,72	46,8
THW	26,67	3	9,65	73,2
THW-LS	33,62	2	10,5	86,0
THHW	42,41	1	12,5	123
THHW-LS	53,48	1/0	13,5	143
THW-2	67,43	2/0	14,7	169
RHH*	85,01	3/0	16,0	201
RHW*	107,2	4/0	17,5	240
RHW-2*				

De la tabla 310-19

### 8. Factores de ajuste.

a) Más de tres conductores activos en un cable o canalización. Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización, sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente Tabla.

Número de conductores activos	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Cuando los conductores y los cables multiconductores vayan juntos una distancia de más de 0,60 m sin mantener la separación y no vayan instalados en canalizaciones, las capacidades de conducción de corriente de cada conductor se deben reducir como se indica en la tabla anterior.

Excepción 1: Estos factores de corrección no se deben aplicar en uniones de canalizaciones cuya longitud no supere 0,60 m

Excepción 2: Estos factores de corrección no se deben aplicar a conductores subterráneos que entren o salgan de una zanja exterior, si esos conductores están protegidos físicamente por tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o no-metálico tipo pesado de una longitud no-mayor a 3,0 m y el número de conductores no pase de cuatro.

NOTA: Más de un ducto o canalización. Se debe conservar la separación entre ductos o canalizaciones.

9. Protección sobre corriente. Cuando las capacidades nominales o el ajuste de los dispositivos de protección contra sobre corriente no correspondan con las capacidades nominales y de valores de ajuste permitidos para esos conductores, se permite tomar los valores inmediatamente superiores.

## **DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA POR TABLEROS.**

### **Especificación para centros de carga**

**384-15. Número de dispositivos de protección contra sobre corriente en un panel de alumbrado y control.** En un gabinete o caja para cortacircuitos, no se deben instalar más de 42 dispositivos de sobre corriente alimentados de la misma barra conductora (además del principal de alimentación) para circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos.

Los paneles de alumbrado y control de circuitos derivados de alumbrado y aparatos eléctricos, deben estar provistos de medios físicos que eviten la instalación de más dispositivos de sobre corriente que aquellos para los que el gabinete está diseñado, dimensionado y aprobado.

Para los fines de este Artículo, se considera que un interruptor automático de dos polos equivale a dos dispositivos de sobre corriente y un interruptor automático de tres polos equivale a tres dispositivos de sobre corriente.

### **B. Alambrado de circuitos**

#### **700-9. Alambrado de sistemas de emergencia**

**a) Identificación.** Todas las cajas y envolventes (incluyendo desconectores de transferencia, generadores y tableros de distribución) para circuitos de emergencia deben ser marcados de forma que puedan ser identificados fácilmente como componentes de un circuito de emergencia.

**b) Alambrado.** El alambrado desde la fuente de emergencia o desde los dispositivos de protección contra sobre corriente del sistema de distribución de la fuente de emergencia a las cargas de emergencia, debe mantenerse completamente independiente, y no debe pasar por la misma canalización, cable, caja, gabinete o equipo de otros sistemas de alambrado.

*Excepción 1: Dentro de la cubierta del equipo de transferencia.*

*Excepción 2: Está permitido colocar en la misma canalización el alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados desde la misma fuente.*

*Excepción 3: En una caja de empalme unida a un equipo unitario, la cual contenga solamente el circuito derivado que alimenta al equipo y el circuito de emergencia suministrado para el equipo.*

Los circuitos de emergencia deberán diseñarse y localizarse, de forma que se minimicen los riesgos que puedan causarles daño como inundaciones, incendios, vandalismo y otras condiciones adversas.

c) **Protección contra incendios.** En las construcciones donde pueda haber más de 1000 personas o que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a actividades educativas, comerciales o de oficinas, viviendas, negocios, centros de rehabilitación o en los que haya lugares de reunión, los sistemas de emergencia deben cumplir además los siguientes requisitos:

1) Los cables del circuito alimentadores deben estar instalados en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, entre otros,) o deben formar una instalación protegida y aprobada, con clasificación resistente al fuego de una hora.

### **C. Fuentes de alimentación**

**700-12. Requisitos generales.** El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal al edificio o grupo de edificios, el alumbrado, la energía de emergencia o ambos, estén disponibles dentro del tiempo requerido para tal aplicación, que en todo caso, no debe exceder de 10 segundos. El sistema de suministro para fines de emergencia, adicional a los servicios normales del inmueble, puede comprender uno o más de los tipos señalados en los incisos (a) a (d) siguientes. El equipo que esté de acuerdo con lo indicado en 700-12 (f) debe cumplir con los requisitos de ese Artículo.

En la selección de la fuente de energía para emergencia, debe tenerse en cuenta la clase de servicio que se necesite, si es de corta duración, como el alumbrado para la evacuación de un teatro, o de larga duración como el alumbrado y la energía por una falla prolongada dentro o fuera de un edificio.

En las construcciones en las que pueda haber más de 1000 personas o que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a actividades educativas, comerciales o de oficinas, viviendas, negocios o centros de rehabilitación, o en las que haya lugares de reunión, el equipo de las fuentes de suministro para los sistemas de emergencia, tal como se describe en los siguientes incisos (a) a (d), debe estar instalado en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios aprobados (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, etcétera) o en espacios con clasificación resistente al fuego de una hora.

**NOTA:** La asignación del grado de confiabilidad del sistema de suministro de energía de emergencia, depende de una cuidadosa evaluación de las variables de cada instalación en particular.

a) **Baterías.** Las baterías instaladas como fuente de alimentación para sistemas de emergencia deben ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la

carga total, durante un periodo de por lo menos una hora y media, sin que la tensión eléctrica aplicada a la carga caiga por debajo de 87,5% de lo normal.

Las baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, deben estar diseñadas y construidas para servicio de emergencia y ser compatibles con el tipo de cargador de la instalación particular.

Para las baterías que no requieren mantenimiento, el envase no necesita ser transparente.

Las baterías de tipo plomo-ácido que necesitan la adición periódica de agua, deben estar provistas de envases transparentes o translúcidos. No se deben utilizar baterías de uso automotriz.

Se debe proveer un medio de carga automática de las baterías.

**b) Grupo generador**

1) El grupo generador debe ser aprobado, y su capacidad debe estar de acuerdo con lo señalado en 700-5. Se deben proveer los medios necesarios para el arranque automático de la fuerza motriz cuando falle el servicio normal y para la transferencia y operación automática de todos los circuitos eléctricos requeridos. Se debe proveer un dispositivo con ajuste mínimo de tiempo de 15 minutos para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo, del suministro normal.

2) Donde se use como fuerza motriz un motor de combustión interna, debe proveerse la cantidad suficiente de combustible para el funcionamiento del sistema por un lapso no-menor de dos horas a plena carga.

3) La fuerza motriz no debe depender exclusivamente del servicio público para la alimentación de combustible, o de la fuente de agua municipal para el enfriamiento del sistema. Se deben proveer medios para transferir automáticamente de un suministro de combustible a otro, cuando se use doble alimentación.

*Excepción: Se permite el uso adicional de combustible del servicio público que no esté en el sitio, cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del combustible suministrado externamente y el suministro normal de energía eléctrica.*

4) Cuando se usa una batería para energizar sistemas de control o señalización, o como medio de arranque de la fuerza motriz, ésta debe ser adecuada para el uso, y estar equipada con medios de carga automáticos independientes del grupo del generador.

5) El grupo generador que requiera más de diez segundos para generar energía, es aceptable cuando se provea una fuente auxiliar, que alimente el sistema de emergencia hasta que el generador tome la carga.

**c) Fuente de alimentación ininterrumpible.** Las fuentes de alimentación ininterrumpible usadas para suministrar energía a sistemas de emergencia, deben cumplir con lo establecido en los incisos (a) y (b) de 700-12.

**d) Acometida separada.** Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permite una segunda acometida eléctrica para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea, y deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 230, con diferente bajada de acometida aérea o estar suficientemente separada, tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, con el objeto de disminuir la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro.

**e) Conexión antes de los medios de desconexión de la acometida.** Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permiten las conexiones antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida normal. La acometida de emergencia debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro debida a una falla dentro del edificio o grupo de edificios servidos.

**NOTA:** Véase 230-82, que se refiere a los equipos permitidos en el lado de alimentación de los medios de desconexión.

**f) Equipo unitario.** El equipo unitario para iluminación de emergencia debe incluir: (1) una batería recargable; (2) los medios para la carga de la batería; (3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas, y (4) un relé para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal. La batería debe ser de características nominales y capacidad suficiente para alimentar y mantener a no-menos de 87,5% de la tensión eléctrica nominal de la batería, la carga total de lámparas asociadas a la unidad, durante un periodo mínimo de una hora y media, o deben alimentar y mantener a no-menos de 60% de la iluminación inicial de emergencia por un periodo no-menor de una hora y media. Las baterías del tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse para servicio de emergencia.

El equipo unitario debe instalarse permanentemente en su lugar (no-portátiles), y todo el alambrado a cada unidad debe estar de acuerdo con los requisitos de alguno de los métodos de alambrado descritos en el Capítulo 3. Las conexiones con cordón flexible y clavija pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor de 1 m. El circuito derivado que alimente al equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimente al alambrado normal del área, estar claramente identificado en el tablero de distribución y debe estar conectado antes de cualquier apagador. Las luminarias de emergencia que reciban su alimentación de un equipo unitario y que no formen parte de él, estarán alambrados al equipo unitario como se indica en 700-9 y por uno de los métodos indicados en el Capítulo 3.

**Excepción:** En un área separada y sin divisiones, con un mínimo de tres circuitos de alambrado normal, se permite instalar un circuito derivado separado para equipo unitario, si

éste se origina desde el mismo panel de alumbrado y control y está provisto de un dispositivo de bloqueo.

TABLA 13 DEL MANUAL DEL ELECTRICISTA DE CONDUMEX.

TABLA DE FACTORES DE CAÍDA DE TENSIÓN UNITARIA  
(milivolts/ampere-metro)

Calibre AWG /KCM	Sistema			
	Monofásico		Trifásico	
	Tubo conduit		Tubo conduit	
	Metálico	No metálico	Metálico	No metálico
10	8.52	8.52	7.38	7.38
8	5.36	5.36	4.64	4.64
6	3.37	3.37	2.92	2.92
4	2.12	2.12	1.84	1.84
2	1.35	1.33	1.18	1.16
1/0	0.86	0.84	0.74	0.73
2/0	0.68	0.67	0.59	0.59
4/0	0.44	0.42	0.38	0.36

TABLA DE RESISTENCIAS E IMPEDANCIAS DEL LIBRO "INDUSTRIAL POWER SYSTEMS"  
HANDBOOK PARA LA ECUACIÓN 4.5.6

Calibre del conductor AWG	$R_{ca}$		$X_L$		Z con un f.p. = 0.9	
	Resistencia Ohms / Km. Cobre. Can. Metálica	Resistencia Ohms / Km. Cobre. Can. No Metálica	Reactancia Ohms / Km. Cobre. Can. Metálica	Reactancia Ohms / Km. Cobre. Can. No Metálica	Impedancia Ohms / Km. Cobre. Can. Metálica	Impedancia Ohms / Km. Cobre. Can. No Metálica
12	6.561680	6.561680	0.223097	0.177117	6.002758	5.982716
10	3.937008	3.937008	0.206692	0.164042	3.633402	3.614811
8	2.559055	2.559055	0.213254	0.170603	2.396105	2.377514
6	1.607611	1.607611	0.209973	0.167322	1.538375	1.519784
4	1.017060	1.017060	0.196850	0.157480	1.001159	0.983998
2	0.656168	0.656168	0.187007	0.147637	0.672066	0.654905
1/0	0.393700	0.393700	0.180446	0.144356	0.432985	0.417253
2/0	0.328084	0.328084	0.177165	0.141076	0.372500	0.356769
3/0	0.259186	0.252624	0.170603	0.137795	0.307632	0.287425
4/0	0.206692	0.203412	0.167322	0.134514	0.258957	0.241704
250 MCM	0.177165	0.170603	0.170603	0.134514	0.233813	0.212176

TABLAS 1, 4 Y 5 Y FIGURA 3 PARA CALCULAR EL BANCO DE BATERÍAS DEL MANUAL DEL FABRICANTE YUASA..

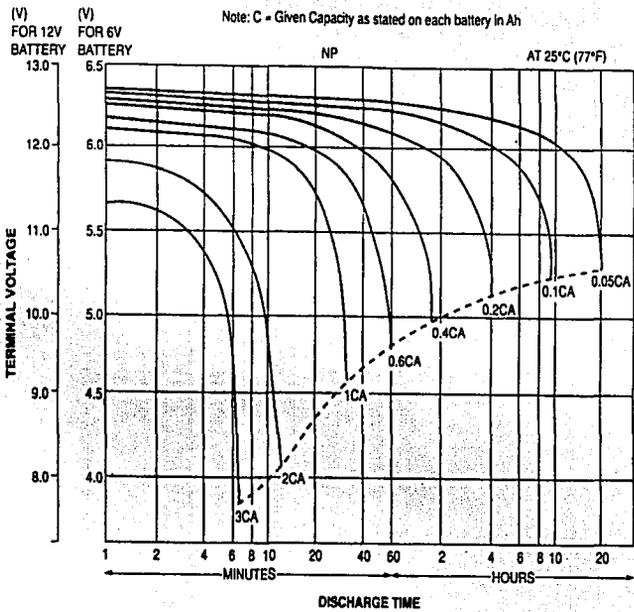
TABLA 1 ESPECIFICACIONES GENERALES.

Modelo	Voltaje Nominal (V)	Capacidad Nominal (Ah)		Dimensiones		
		(20 Hr)	(10 Hr)	L(mm)	A(mm)	Peso Aprox. (Kg)
NP4-2-4H	4	4.4	4.20	48	35.5	0.56
NP10-6	6	10.0	9.25	151	50	1.98
NPL130-6	6	130.0	120.25	350	166	23.00
NPH2-12FR	12	-	2.00	68	51	0.84
NPH5-12	12	-	5.00	90	70	2.00
NP17-12	12	17.0	13.88	181	75	6.1
NP24-12	12	24.0	22.20	166	175	9.0
NP65-12	12	65.0	60.13	350	166	23.0
NPL78-12	12	78.0	72.15	380	166	27.5
NPL100-12	12	100.0	92.00	407	172.5	39

TABLA 5 WATTS /AH / CELDAS NP RANGO A 25 °C.

Hrs. Vpo	5 min.	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	60 min	2 Hrs.	3 Hrs	5 Hrs
1.6	5.421	3.884	3.074	2.554	2.211	1.943	1.767	1.621	1.490	1.201	0.721	0.524	0.348
1.63	5.303	3.864	3.016	2.533	2.191	1.938	1.747	1.611	1.471	1.198	0.716	0.521	0.343
1.65	5.268	3.806	2.984	2.513	2.178	1.914	1.743	1.602	1.458	1.194	0.713	0.518	0.341
1.67	5.173	3.740	2.952	2.503	2.159	1.895	1.728	1.589	1.445	1.186	0.708	0.515	0.339
1.69	5.056	3.712	2.922	2.477	2.128	1.881	1.705	1.580	1.432	1.174	0.704	0.513	0.337
1.7	4.945	3.632	2.907	2.467	2.116	1.872	1.702	1.567	1.422	1.171	0.700	0.511	0.335
1.75	4.692	3.551	2.822	2.372	2.048	1.819	1.648	1.517	1.373	1.151	0.682	0.496	0.326
1.8	4.493	3.389	2.559	2.272	1.964	1.754	1.579	1.444	1.318	1.086	0.658	0.478	0.314
1.85	4.130	3.163	2.526	2.144	1.857	1.655	1.482	1.350	1.240	1.023	0.622	0.459	0.300

Figure 3. NP DISCHARGE CHARACTERISTIC CURVES AT 25°C (77°F)



TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

Table 4. DISCHARGE CURRENT AT STIPULATED DISCHARGE RATES

Table 4.

20 Hr. Capacity	Discharge Current							
	0.05C	0.1C	0.2C	0.4C	0.6C	1C	2C	3C
0.8 Ah	0.04 A	0.08 A	0.16A	0.32A	0.48 A	0.8A	1.6A	2.4 A
1.0	0.05	0.10	0.20	0.40	0.60	1.0	2.0	3.0
1.2	0.06	0.12	0.24	0.48	0.72	1.2	2.4	3.6
2.1	0.105	0.21	0.42	0.84	1.26	2.1	4.2	6.3
2.0	0.10	0.20	0.40	0.80	1.20	2.0	4.0	6.0
2.3	0.115	0.23	0.46	0.92	1.38	2.3	4.6	6.9
2.8	0.14	0.28	0.56	1.12	1.68	2.8	5.6	8.4
3.0	0.15	0.30	0.60	1.20	1.80	3.0	6.0	9.0
4.0	0.20	0.40	0.80	1.60	2.40	4.0	8.0	12.0
6.0	0.30	0.60	1.20	2.40	3.60	6.0	12.0	18.0
7.0	0.35	0.70	1.40	2.80	4.20	7.0	14.0	21.0
8.0	0.40	0.80	1.60	3.20	4.80	8.0	16.0	24.0
10.0	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	10.0	20.0	30.0
12.0	0.60	1.20	2.40	4.80	7.20	12.0	24.0	36.0
17.0	0.85	1.70	3.40	6.80	10.20	17.0	34.0	51.0
24.0	1.20	2.40	4.80	9.60	14.40	24.0	48.0	72.0
38.0	1.90	3.80	7.60	15.20	22.80	38.0	76.0	114.0
65.0	3.25	6.50	13.00	26.00	39.00	65.0	130.0	195.0
78.0	3.90	7.8	15.60	31.20	46.80	78.0	156.0	234.0
130.0	6.50	13.00	26.00	52.00	78.00	130.0	260.0	390.0

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### CALIBRES DE TUBO USADOS EN LA RADIOBASE.

Se usarán tubos para alimentador principal de 2 ½" (63mm), y para reflectores tubo de ½" (13mm), esto es en los dos tipos que son galvanizado (PGG) y PVC.

#### DIMENSIONES DE TUBERÍA DE PGG Y PVC

PULGADAS	MILÍMETROS
4	101
3	76
2 ½	63
2	51
1 ½	38
1 ¼	32
1	25
¾	19
½	13

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CONCLUSIONES

El avance tecnológico que ha tenido la comunicación en especial las telecomunicaciones, han sido muy notables; esto es que a través del tiempo los científicos e investigadores han invertido mucho tiempo en desarrollar una tecnología capaz de cumplir con las expectativas que tiene la humanidad.

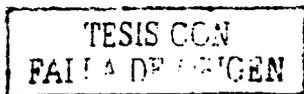
El teléfono celular mismo ha ido cambiando con el tiempo, pasando de ser un aparato muy grande y pesado a ser de lo más ligero y pequeño que se pueda hacer; con las generaciones que han ido surgiendo, al teléfono celular se le han implementado varias funciones entre las que destaca la navegación en internet entre otras muchas más.

Es por eso, que el teléfono convencional (el que tenemos en casa) y el teléfono celular en la actualidad son de los inventos que junto a la televisión son de los más usados, y que con el tiempo el celular será el más usado en el mundo, debido a que las empresas de telefonía celular invierten y ganan millones de dólares al dar a conocer los modelos más sofisticados de teléfonos celulares en el mercado cada año.

Por otra parte, al hacer uso del teléfono celular en demasía dice un comercial que como el cigarro produce cáncer "el abuso de este producto es nocivo para la salud", así se dice de este aparato, pero según las investigaciones que se han realizado por parte de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y algunos países, dicen que no hay manera de comprobar, esta teoría a pesar de los años que le han invertido en investigaciones y que a pesar de que según en algunas personas se les ha detectado este mal, no hay pruebas que lo aseguren.

Es por eso que nosotros solo nos queda decir que hay que seguir los consejos que nos dan, ya que en una de malas estos aparatos tan necesarios en nuestra vida diaria nos puedan producir la muerte.

Ahora bien hablar de lo que es en sí el proyecto eléctrico de una radiobase, es hablar de algo nuevo debido a que alberga una instalación eléctrica y un sistema de tierras, una instalación eléctrica en sí es la alimentación de energía eléctrica, que va desde la acometida hasta el centro de cargas que está dentro del contenedor y el sistema de tierras nos servirá para proteger tanto al equipo como al personal que esté en ese momento en que ocurra una falla. En la actualidad la protección de un sistema eléctrico es más eficiente que años atrás.



Un buen diseño de una instalación eléctrica siempre será más conveniente, para una radiobase, para que funcione en óptimas condiciones, ya que si se hace mal puede tener problemas que en peor de los casos puede costar vidas humanas. El sistema de tierra si no es el principal, juega un papel fundamental.

Con esta tesis se busca dar un conocimiento más acerca de la tecnología de los teléfonos celulares, así como un acercamiento de su funcionamiento. La importancia de la energía eléctrica en este o cualquiera de los rubros de la tecnología va ligado y siempre se requerirá de ella.

De estos conocimientos que se plantean aquí, no son eternos ya que la tecnología como se sabe va en constante desarrollo, por lo cual se pueden hacer nuevos descubrimientos o nuevas técnicas para el cuidado y diseño de una radiobase.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFIA:

1. BRATU SERBÁN, Neagu, y Campero Littlewood, Eduardo. Instalaciones eléctricas: conceptos básicos y diseño. 2da. ed. corr., México D.F. , Alfaomega, 1995.
2. MARTÍNEZ REQUENA, Juan José, y Toledano Gasca, José Carlos. Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas. 3ra. Ed., España, Paraninfo, 2000.
3. VEGA ORTEGA, Miguel de la. Problemas de ingeniería de puesta a tierra. 2da. ed. rev., México, Limusa, 1999.
4. LÓPEZ MONROY, Guillermo. Sistemas de tierras: en redes de distribución. México D.F., Imprenta "Tere", 1993.
5. RÁULL MARTÍN, José. Diseño de subestaciones eléctricas. México, McGraw/ Interamericana de México, 1992.
6. VIQUEIRA LANDA, Jacinto. Redes eléctricas (primera parte): Redes eléctricas en régimen permanentemente equilibrado. 3ra. ed., México D.F., Alfaomega, 1993.
7. ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. Elementos de diseño de subestaciones eléctricas. Preedición, México, Limusa, 1990.
8. ARCILA RODRÍGUEZ, Gilberto, y Vidal Macedo, J. Lino. Apuntes de análisis de circuitos eléctricos: primera parte. 1ra. ed. Facultad de Ingeniería UNAM, México, Coordinación de servicios generales a través de la unidad de difusión, departamento de impresión. UNAM, 1990.
9. LORENZO BAUTISTA, Rodolfo. Sistemas de tierras en subestaciones eléctricas. México D.F., 1994.
10. LORENZO BAUTISTA, Rodolfo, Análisis de Corto circuito en sistemas eléctricos industriales. México, 1994.
11. CONDUMEX. Manual del electricista. México, 1994.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

12. Schneider Electric. Compendiado No. 26 Productos de Distribución y Control. Square D, Maclago impresiones, 2001.
  13. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-1999. México, Dirección de publicaciones IPN, 2000.
  14. AMESA. Catalogo Amesa 2000 Sistemas de pararrayos y tierra física, México, 2000.
  15. ERICO. Catalogo Cadweld de conexiones eléctricas soldadas, México, 2002.
  16. VIQUEZ SÁNCHEZ, Jorge, et. al. Normas de instalación y construcción de torres. México, TELCEL, 1996.
  17. RADIO FREQUENCY SYSTEM. Microwave antennas RF transmission line products catalog 900. U.S.A., RFS, 1999.
  - 18.- AVILA ESPINOZA, Jesús, Conceptos básicos del mantenimiento, 9na. Edición, editorial Sociedad mexicana de mantenimiento A.C. México 1990.
  - 19.- AVILA ESPINOZA, Rubén, Fundamentos de mantenimiento, 1era. Reimpresión. Editorial Limusa. México 1992.
  - 20.- NORMA NFPA 780 Standard for the installation of lightning protection system 1995 edition.
  - 21.- Manual MGE UPS SYSTEMS, Schneider Electric México, 2002.
  - 22.- Revista de la procuraduría federal del consumidor. mes de febrero de 2002. Paginas de internet consultada.
1. [www.decibelproducts.com](http://www.decibelproducts.com)
  2. [www.kathrein.com](http://www.kathrein.com)
  3. [www.upv.es](http://www.upv.es)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN