ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

DISEÑO DEL SUMINISTRO Y PROTECCIONES DEL SISTEMA ELECTRICO DE UN TELEPUERTO SATELITAL

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICO
ESPECIALIZACION SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

DAVID GALLEGOS GUERRA

Quito, Julio 1998

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo
ha sido realizado en su totalidad
por el Sr. David Gallegos Guerra

Ing. Milton Rivadeneira
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A la memoria de mi hijo Erick,

A mi hija Gaby, fuente de mi alegría,

A mi esposa Vero, soporte de mi vida,

A mis Padres,

A mis hermanos.

INDICE

Glosario de Términos

CAPITULO 1

1 INTRODUCCION

1.1 OBJETIVO 1
1.2 JUSTIFICACION 1
1.3 ALCANCE 2
1.4 DESCRIPCION 2

CAPITULO 2

2 SISTEMA ELECTRICO DE UN TELEPUERTO SATELITAL

2.1 GENERALIDADES..... 4
2.2 ESTUDIO DE LA CARGA..... 4
2.2.1 Equipo de la Estaciòn Terrena..... 5
2.2.1.1 Subsistema de Radiofrecuencia..... 5
2.2.1.2 Subsistema de Banda Base..... 6
2.2.1.3 Subsistema de Monitoreo y Control..... 6
2.2.1.4 Subsistema de Soluciones de Ultimo Kilómetro..... 7
2.2.1.5 Otros..... 7
2.2.2 Equipo de Oficinas..... 7
2.2.3 Otros..... 7
2.3 RED PUBLICA..... 8
2.3.1 Cámara de Transformación..... 9
2.3.1.1 Determinación de la Demanda..... 9
2.3.1.2 Red Primaria..... 13
2.3.1.3 Determinación de la Cámara para el Proyecto..... 14
2.3.2 Diseño de Alimentadores..... 15
2.3.2.1 Determinación de Conductores para el Proyecto..... 17
2.4 AIRE ACONDICIONADO..... 18
2.4.1 Requerimientos de Temperatura..... 18
2.4.2 Requerimientos de humedad..... 19
2.4.3 Aire acondicionado..... 20
2.4.4 Procesos de aire acondicionado..... 21
2.4.5 Distribución del Aire Acondicionado..... 22
2.4.6 Cálculo de la Capacidad del Equipo de Aire Acondicionado..... 24
2.4.6.1 Determinación del Sistema de Aire Acondicionado del Proyecto..... 28

2.5 SISTEMA DE EXTINCION DE INCENDIOS..... 29
2.5.1 Detección de Incendio..... 29
2.5.1.1 Detectores de humo..... 31
2.5.2 Extinción de Incendio..... 33
2.5.3 Señalización..... 35
2.6 REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL SISTEMA ELECTRICO..... 35
2.6.1 Relación entre Aterramiento, Conexión y Apantallamiento..... 35
2.6.2 Instalación de Puesta a Tierra..... 37
2.6.2.1 Subsistema de Electrodos de Puesta a Tierra..... 37
2.6.2.2 Subsistema de Protección contra descargas Atmosféricas..... 37
2.6.2.3 Subsistema de Protección de fallas..... 38
2.6.2.4 Subsistema de Referencia de Señal..... 40
2.6.2.5 La Tierra y el Sistema de Distribución de Potencia..... 42
2.6.3 Requerimientos de Resistencia..... 44

CAPITULO 3

3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE EMERGENCIA

3.1 GENERADOR DE EMERGENCIA..... 48
3.1.1 Dimensionamiento..... 49
3.1.1.1 Características de la Carga..... 50
3.1.1.2 Análisis de la Carga..... 52
3.1.1.3 Consideraciones de Altitud y Ambiente..... 52
3.1.1.4 Determinación del Grupo Electrógeno del Proyecto..... 53
3.1.2 Configuraciones..... 54
3.1.2.1 Configuración Mínima: Una Fuente de Emergencia..... 55
3.1.2.2 Configuración Optima: Dos Fuentes de Emergencia..... 56
3.1.2.3 Configuración Seleccionada..... 57
3.1.3 Especificaciones..... 57
3.1.3.1 Motor..... 57
3.1.3.2 Sistema de Arranque..... 58
3.1.3.2.1 Consideraciones sobre el Arranque..... 59
3.1.3.2.2 Baterías..... 60
3.1.3.2.3 Carga de las Baterías..... 60
3.1.3.2.4 Calentador de agua del circuito..... 61
3.1.3.3 Generador..... 61
3.1.3.4 Regulador de Velocidad..... 62

3.1.3.4.1 Regulador Mecánico..... 62
3.1.3.4.2 Regulador Hidráulico..... 62
3.1.3.4.3 Regulador Electrónico..... 62
3.1.3.5 Regulador de Voltaje..... 63
3.1.3.6 Panel de Control..... 64
3.1.3.7 Especificaciones Escogidas..... 64
3.1.4 Ubicación..... 66
3.1.4.1 Requisitos de emplazamiento..... 66
3.1.4.2 Control de Vibración..... 69
3.1.4.3 Sistema de Refrigeración..... 70
3.1.4.3.1 Refrigeración por aire..... 70
3.1.4.3.2 Refrigeración por agua..... 71
3.1.4.4 Aire de Combustión..... 72
3.1.4.5 Aire para Ventilación..... 74
3.1.4.6 Sistema de Escape..... 75
3.1.4.7 Combustible..... 75
3.1.4.8 Ubicación dentro del Telepuerto del Proyecto..... 77
3.1.5 Tablero de Transferencia..... 78
3.1.5.1 Requerimientos del Tablero de Transferencia Automática..... 78
3.1.6 Diseño de Alimentadores del Grupo Electrógeno del Proyecto..... 80
3.2 UNIDAD DE ENERGIA ININTERRUMPIBLE (U.P.S)..... 81
3.2.1 Principio de Funcionamiento..... 81
3.2.2 Tipos de UPS por su topología..... 85
3.2.2.1 UPS Fuera de Línea con Rectificador..... 85
3.2.2.2 UPS Fuera de Línea con Regulador..... 86
3.2.2.3 UPS en Línea de Doble Conversión..... 87
3.2.3 Dimensionamiento..... 88
3.2.3.1 Dimensionamiento del UPS del Proyecto..... 89
3.2.4 Configuraciones..... 91
3.2.4.1 Redundancia Aislada..... 91
3.2.4.2 Redundancia Serie..... 92
3.2.4.3 Redundancia Distribuída..... 93
3.2.4.4 Configuración para el Telepuerto del Proyecto..... 94
3.2.5 Ubicación..... 94
3.2.6 Especificaciones..... 95
3.2.7 Tablero de Distribución..... 96
3.2.8 Diseño de Alimentadores del U.P.S del Proyecto..... 97

CAPITULO 4

4 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

4.1 MALLA DE TIERRA..... 98
4.1.1 Funciones y Objetivos..... 98

4.1.2 Resistividad del Terreno..... 99
4.1.2.1 Factores que Influyen en la Resistividad del terreno..... 101
4.1.2.2 Medida de la Resistividad del Terreno.- Método de los Cuatro Electrodos..... 109
4.1.2.2.1 Método de Wenner..... 112
4.1.3 Efectos Fisiológicos de la Corriente Eléctrica..... 113
4.1.3.1 Umbral de Sensibilidad..... 113
4.1.3.2 Umbral de no Soltar..... 115
4.1.3.3 Muerte Aparente..... 116
4.1.3.4 Fibrilación ventricular y su Umbral..... 116
4.1.4 Voltajes de Paso y Contacto..... 117
4.1.4.1 Voltaje de Paso..... 117
4.1.4.2 Voltaje de Contacto..... 118
4.1.5 Tierras Unicas o Separadas..... 120
4.1.5.1 Puesta a tierra de Protección..... 120
4.1.5.2 Puesta a tierra de Servicio..... 121
4.1.5.3 Tierra Unica..... 122
4.1.6 Tipos de Mallas..... 122
4.1.6.1 Características de los Elementos..... 124
4.1.6.1.1 Varillas de Tierra..... 124
4.1.6.1.2 Conductores Desnudos en disposición Horizontal..... 125
4.1.6.1.3 Mallas..... 125
4.1.6.1.4 Placas y láminas..... 126
4.1.6.2 Resistencia de Puesta a Tierra de algunos electrodos..... 126
4.1.6.2.1 Electrodos Simples..... 126
4.1.6.2.1 Electrodos múltiples..... 128
4.1.7 Dimensionamiento de la Malla de Tierra..... 132
4.1.7.1 Requerimientos Actuales..... 132
4.1.7.1.1 Bajo Valor Resistivo..... 132
4.1.7.1.2 Baja Impedancia..... 132
4.1.7.1.3 Equipotencialidad..... 133
4.1.7.1.4 Areas Reducidas..... 133
4.1.7.1.5 Mayor Respuesta de Frecuencia..... 133
4.1.8 Dimensionamiento de la Malla de Tierra del Proyecto..... 134
4.2 PROTECCION CONTRA SOBREVOLTAJES E INTERFERENCIA..... 135
4.2.1 Estudio de Sobrevoltajes..... 136
4.2.1.1 Sobrevoltajes de la Frecuencia de la energía..... 137
4.2.1.2 Sobrevoltajes por Operación de Interruptores..... 137
4.2.1.3 Sobrevoltajes por rayo..... 137
4.2.2 Interferencia en los Sistemas de Telecomunicaciones.. 138
4.2.2.1 Tipos de Interferencia Electromagnética..... 139
4.2.2.1.1 Interferencia Electromagnética Conducida..... 139

4.2.2.1.2 Interferencia Electromagnética Radiada.....139
4.2.2.1.3 Interferencia Electromagnética Inter-Sistema.....139
4.2.2.1.4 Interferencia Electromagnética Intra-Sistema.....139
4.2.2.2 Fuentes de Interferencia Electromagnética..... 140
4.3 PROTECCIONES..... 142
4.3.1 Protección contra Sobrecorrientes..... 142
4.3.2 Protección de Sobre y Bajo voltaje..... 143
4.3.2.1 Dispositivos de Protección por Sobrevoltaje..... 144
4.3.3 Protección Contra Descargas Atmosféricas..... 148
4.3.3.1 Mecanismos de los Rayos y sus Características.....148
4.3.3.2 Area de Atracción..... 155
4.3.3.3 Cono de Protección..... 158
4.3.3.4 Determinación de la Protección contra Descargas Atmosféricas del Proyecto..... 160

CAPITULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES..... 161
5.2 RECOMENDACIONES..... 165

REFERENCIAS..... 167

ANEXO 1.- COSTOS.....169

ANEXO 2.- PLANOS..... 170

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

FIGURA 2.1- Distribución de aire acondicionado por el piso..... 23
FIGURA 2.2- Distribución de aire acondicionado por el techo..... 24
FIGURA 2.3- Curva de selección de detectores de incendio..... 31
FIGURA 2.4- Diferencia de voltaje que se alcanza con diferentes puestas a tierra..... 41
FIGURA 2.5- Diferencia de voltaje entre estructuras, como resultado de corrientes de tierra extrañas..... 42

CAPITULO 3

FIGURA 3.1- Bloques que conforman el Sistema de Suministro de Emergencia..... 48
FIGURA 3.2- Configuración mínima: Una fuente de emergencia..... 55
FIGURA 3.3- Configuración óptima: Dos fuentes de emergencia.... 56
FIGURA 3.4- Base de concreto para grupos electrógenos..... 67
FIGURA 3.5- Caudal de aire requerido para motores diesel refrigerados por aire..... 70
FIGURA 3.6- Caudal de aire de combustión requerido..... 73
FIGURA 3.7- Caudal de aire requerido para ventilación..... 74
FIGURA 3.8- Esquema básico de un UPS..... 82
FIGURA 3.9- Inversor con transformador en toma media..... 83
FIGURA 3.10- Inversor con batería de toma media..... 83
FIGURA 3.11- Inversor tipo puente..... 84
FIGURA 3.12- Flujo normal de energía de un UPS fuera de línea..... 85
FIGURA 3.13- Diagrama de un UPS en línea..... 87
FIGURA 3.14- Redundancia Aislada para UPS..... 91
FIGURA 3.15- Redundancia Serie para UPS..... 92
FIGURA 3.16- Redundancia Distribuida para UPS..... 93

CAPITULO 4

FIGURA 4.1- Resistividad del terreno, ρ, expresada en Ω. m..... 100
FIGURA 4.2- La conductividad del suelo en función de la concentración del electrolito que constituyen las sales al disolverse..... 105
FIGURA 4.3- Efecto de diferentes sales, en la resistividad..... 106
FIUGRA 4.4- El porcentaje de humedad modifica la resistividad del suelo..... 107

FIGURA 4.5- La temperatura, en general, aumenta la solubilidad de las sales, por lo que disminuye la resistividad..... 108
FIGURA 4.6- Método de los cuatro electrodos..... 110
FIGURA 4.7- El valor del campo eléctrico que se necesita para calcular la resistividad entre dos puntos de tierra..... 111
FIGURA 4.8- Método de Wenner para medir resistividad..... 112
FIGURA 4.9- Umbral de percepción de la corriente..... 114
FIGURA 4.10- Umbral de corriente de "no soltar"..... 115
FIGURA 4.11- Reparto de potenciales del suelo y voltaje de paso..... 118
FIGURA 4.12- Perfil de potenciales y voltaje de contacto..... 119
FIGURA 4.13- Varillas verticales en paralelo..... 129
FIGURA 4.14- Relación de la resistencia real de un arreglo "cuadrado sólido" con la resistencia ideal de N varillas en paralelo..... 131
FIGURA 4.15- Característica voltaje/corriente ideal de un elemento de protección para sobrevoltaje..... 144
FIGURA 4.16- Una nube de tormenta electrificada es típicamente tripolar..... 149
FIGURA 4.17- Ilustración del campo eléctrico que se forma abajo de una nube electrificada..... 150
FIGURA 4.18- Ilustración del desarrollo de una descarga escalonada..... 151
FIGURA 4.19- Ilustración del desarrollo de la descarga de retorno..... 152
FIGURA 4.20- Distribución de las magnitudes de la corriente del rayo..... 154
FIGURA 4.21- Distribución de los tiempos de elevación de la corriente del rayo..... 154
FIGURA 4.22- Area de atracción de una estructura rectangular..... 156
FIGURA 4.23- Altura efectiva de una estructura..... 157
FIGURA 4.24- Zona de protección de un mástil vertical..... 158
FIGURA 4.25- Algunos ángulos de apantallamiento usados comunmente..... 159

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

TABLA 2.1- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad de la cámara de transformación..... 12
TABLA 2.2- Sistema de protecciones a ser instaladas en la cámara proyectada, para alto y bajo voltaje..... 15
TABLA 2.3- Calor disipado por el hombre en diversos trabajos..... 25
TABLA 2.4- Coeficiente K de transmisión de calor para varias superficies..... 27
TABLA 2.5- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del aire acondicionado..... 28
TABLA 2.6- Lista de gases alternativos para extinción de incendios (no tóxicos)..... 34

CAPITULO 3

TABLA 3.1- Límites de fluctuación del nivel de voltaje..... 50
TABLA 3.2- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del grupo electrógeno..... 53
TABLA 3.3- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del UPS..... 90

CAPITULO 4

TABLA 4.1- Valores típicos de resistividad del terreno..... 103
TABLA 4.2- Valores de resistividad por tipo de terreno..... 104
TABLA 4.3- Valores obtenidos como resistencia de puesta a tierra de una varilla de 1.8 m de longitud y 16 mm de diámetro..... 134

GLOSARIO DE TERMINOS

CIR.-	Carga Instalada Representativa.
DMU.-	Demanda Máxima Unitaria.
DMUp.-	Demanda Máxima Unitaria Proyectada.
EEQSA.-	Empresa Eléctrica Quito S.A.
EMI.-	Electromagnetic Interference, Interferencia Electromagnética.
FDM.-	Factor de Demanda.
FFUn.-	Factor de Frecuencia de Uso.
FSn.-	Factor de Simultaneidad.
G/T.-	Relación Ganancia/Temperatura.
HPA.-	High Power Amplifier, Amplificador de Potencia.
IF.-	Intermediate Frequency, Frecuencia Intermedia.
LNA.-	Low Noise Amplifier, Amplificador de bajo ruido.
MOV.-	Metal - Oxide Varistor.
NEC.-	National Electrical Code, Código eléctrico nacional de Estados Unidos.
pire.-	Potencia isotrópica radiada equivalente.
Pn.-	Potencia Nominal de consumo eléctrico.
RF.-	Radio Frecuencia.
S/E.-	Subestación eléctrica.
SNI.-	Sistema Nacional Interconectado.
Ti.-	Tasa de crecimiento anual.
UPS.-	Uninteruptible Power Supply, Fuente de energía Ininterrumpible.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 OBJETIVO

Diseñar el suministro y protecciones del sistema eléctrico, público y de emergencia, que garantice el abastecimiento continuo y confiable de electricidad, para el equipamiento electrónico de muy alta prioridad, de un telepuerto satelital.

1.2 JUSTIFICACION

Actualmente, las distancias del mundo se están reduciendo, Quito y Hong Kong están unidos, desde el punto de vista de las comunicaciones.

En Ecuador, una de las últimas innovaciones en tecnología es la comunicación satelital para voz, datos y video, reemplazando al sistema telefónico convencional.

A ésta y otras innovaciones tecnológicas, la fuerza que las mueve es naturalmente la energía eléctrica.

La razón de ser de la comunicación satelital es la transmisión en línea, permanente y la garantía de una confiabilidad del 99.9 % en el servicio. Todos los equipos de comunicación satelital son alimentados por energía eléctrica; el servicio de comunicaciones depende 100 % del sistema de suministro de electricidad; se puede observar fácilmente la importancia que tiene el sistema eléctrico para este tipo de servicios empresariales.

1.3 ALCANCE

Esta tesis abarca el análisis de las necesidades y requerimientos específicos del sistema eléctrico de un telepuerto satelital. Con el fin de satisfacer los mismos, se abordan los siguientes temas:

* Diseño y características de la cámara de transformación y grupo generador.

* Diseño y características del sistema de control del tablero de transferencia, que garantiza alta continuidad y confiabilidad de servicio.

* Diseño y características de alimentadores, protecciones y puesta a tierra.

* Diseño y características del sistema de aire acondicionado.

* Características del sistema de protección contra incendios.

1.4 DESCRIPCION

En el *capítulo 1*, se introducen los justificativos que sirven de base para la presente tesis, su contenido y alcance.

En el *capítulo 2*, se hace un estudio general sobre el tipo de carga que existe en un telepuerto satelital; se analizan las condiciones de la red pública existente y se realiza el diseño de una cámara de transformación que proporciona la energía eléctrica convencional, necesaria para el normal funcionamiento de las instalaciones.

En este capítulo, también se hace referencia a las condiciones de funcionamiento normal y de seguridad que se deben mantener en un telepuerto, ya que los equipos electrónicos deben funcionar en un ambiente controlado por aire acondicionado de precisión; y naturalmente, la protección del personal y

equipo ante cualquier eventualidad de incendio.

En el *capítulo 3*, se realiza el diseño del sistema de suministro de emergencia, el cual, para dar un respaldo completo, debe estar conformado por un grupo generador de emergencia, un tablero de transferencia automático y una unidad de energía ininterrumpible (UPS, Uninterruptible Power Supply).

Cada uno de estos subsistemas será analizado en los varios elementos que los componen y en los varios condicionantes que se deben tener en cuenta para su correcto desempeño.

En el *capítulo 4*, se abordan las diferentes protecciones eléctricas que se deben tener en cuenta para un telepuerto satelital.

Se diseña un sistema de malla de tierra, analizando su función, factores que influyen en su diseño, distintos tipos existentes y los elementos que la conforman.

Se diseña también la protección contra descargas atmosféricas, necesaria por ubicación del telepuerto y la presencia de antenas de microondas que deben ser ubicadas en torres elevadas.

Finalmente, en el *capítulo 5*, se tienen las conclusiones y recomendaciones a las que se llegan luego del desarrollo del presente trabajo y que servirán como base para implementaciones de este tipo o para estudios futuros.

CAPITULO 2

2 SISTEMA ELECTRICO DE UN TELEPUERTO SATELITAL

2.1 GENERALIDADES

El sistema eléctrico de un Telepuerto Satelital es el motor que le da vida y funcionamiento al sistema de comunicaciones y por lo tanto se lo debe manejar con el mayor cuidado posible.

Este sistema está conformado por varios subsistemas enlazados entre sí, de tal forma que la falla en uno de los subsistemas podría originar una falla general; por esto es recomendable identificar los subsistemas más débiles o susceptibles de falla, con el objeto de tener respaldo en los mismos.

2.2 ESTUDIO DE LA CARGA

Para el estudio de carga, se deben tener en consideración las características propias de la instalación, el tipo de servicio, la potencia unitaria y características de los equipos, la cantidad de equipos similares y el número de los mismos que funcionan a la vez.

Para determinar los valores correspondientes a la carga instalada y demanda máxima unitaria proyectada, se ha seguido el procedimiento establecido en las Normas de Distribución de la E.E.Q.S.A. en su sección A-II-B y A-II-C.[1]

Para obtener el valor de demanda máxima unitaria proyectada, *DMUp*, se ha adoptado un factor de crecimiento acumulativo anual de acuerdo a las normas

antes indicadas.

2.2.1 Equipo de la Estación Terrena

Es el sistema más importante del Telepuerto, es el centro de operaciones.

Para una fácil aplicación y definición de los equipos, se aplicará el concepto de modularidad, que consiste en dividir la estación terrena en varios subsistemas:

2.2.1.1 Subsistema de Radiofrecuencia

Incluye los elementos que facilitan las conversiones ascendente y descendente de frecuencia, la amplificación desde la sección de Frecuencia Intermedia (*IF*, Intermediate Frequency) hacia la antena y viceversa. Las características del subsistema de radiofrecuencia están determinados por el modo de operación de los trasponder satelitales.

a) *El HPA (High Power Amplifier).* En un Telepuerto Satelital, la función primordial del amplificador de potencia (*HPA*) consiste en amplificar el bajo nivel de potencia de la onda portadora de radiofrecuencia *RF* procedente del equipo de comunicación terrestre a un nivel suficientemente alto que, sumado a la ganancia efectiva de transmisión de la antena, irradie al satélite una potencia isotrópica radiada equivalente (*pire*) adecuada por onda portadora.

b) *El LNA (Low Noise Amplifier).* Como su nombre lo indica, los amplificadores de bajo ruido (*LNA*), son aquellos que por su factor de ruido muy bajo y amplio ancho de banda son sumamente convenientes para usarlos como la primera etapa de una cadena receptora de un Telepuerto Satelital. La *G/T* (Relación Ganancia/Temperatura) del sistema para una estación terrena la

determinan prácticamente el factor de ruido del *LNA*, y la ganancia de la antena. El *LNA*, por lo general, va montado lo más cerca posible del alimentador de la antena a fin de mantener al mínimo las pérdidas de la línea de transmisión al *LNA*.

c) *Convertidores de Frecuencia*. Los convertidores elevadores (U/C, Up/Converter), convierten la señal de *IF* en una señal de *RF*. A la inversa, los convertidores reductores (D/C, Down/Converter), convierten la señal de *RF* en una señal de *IF*. La frecuencia intermedia, *IF*, puede ser la convencional de 70 MHz o la de 140 MHz para mejorar el filtrado de las señales indeseadas.

2.2.1.2 Subsistema de Banda Base

Comprende la amplificación en *IF*, filtros, combinadores de *IF*, modulación, demodulación e interconexión. Las características del subsistema de banda base, están principalmente determinadas por el tipo de aplicación y el número de canales.

Los modems satelitales a utilizarse son de tasa continuamente variable y constituyen un método válido para utilizar eficazmente la capacidad de trasponder satelital.

Los multiplexores son los encargados de multiplexar las señales de los canales de voz o datos, desde una velocidad baja hacia una más alta.

2.2.1.3 Subsistema de Monitoreo y Control

Comprende los equipos que sirven para verificar tanto la calidad de las señales, que se reciben y se envían con sus correspondientes monitores e impresoras, como aquellos equipos que realizan el control de los elementos complementarios como: *UPS*, aire acondicionado, sistema de extinción de

incendio, etc.

2.2.1.4 Subsistema de Soluciones de Ultimo Kilómetro

El Telepuerto es la estación maestra desde la cual se reciben o se envían las señales de los clientes hacia el satélite, por lo que este Telepuerto debe estar enlazado con los usuarios, lo que se consigue con las denominadas soluciones de último kilómetro, entre las que se pueden citar micro onda y fibra óptica.

2.2.1.5 Otros

En este ítem se debe incluir aquellos equipos que no forman parte de la transmisión, ni de la recepción de señales, pero que son una parte complementaria para el funcionamiento de la Sala Operativa, que constituyen una carga eléctrica como el aire acondicionado, UPS, iluminación, etc.

También se deben tener en cuenta los motores de la antena satelital, a pesar de que estos únicamente se utilizan en el apuntamiento inicial de la misma, y una vez fijada ésta, a menos de que exista una condición extrema y excepcional, no se deberían volver a utilizar.

2.2.2 Equipo de Oficinas

Para la oficina actual, el equipo predominante es el computador, en algunos puestos de trabajo por comodidad o necesidad existirán equipos eléctricos comunes, y naturalmente, los equipos de uso comunitario como la iluminación, central telefónica, copiadoras, cafeteras, etc.

2.2.3 Otros

Este ítem dependerá mucho del tamaño y de la política de la empresa que opere y sea propietaria del Telepuerto Satelital, ya que dependerá de los

directivos el que se proyecte un comedor para el personal, lo que incluiría la presencia de una cocina tipo industrial, los diferentes calentadores para autoservicio, congeladores, lavadora de vajilla, etc.

2.3 RED PUBLICA

Un Telepuerto Satelital, debido a su función, a su costo y a la división geográfica y económica del Ecuador, solamente podría ser construído en las 3 principales ciudades: Quito, Guayaquil y Cuenca; cada una de estas ciudades está servida por una Empresa Eléctrica distinta, la Empresa Eléctrica Quito, la Empresa Eléctrica del Ecuador y la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, respectivamente, las cuales utilizan normas distintas para la construcción de redes eléctricas; en esta sección se hará referencia únicamente a las normas utilizadas por la Empresa Eléctrica Quito, por lo que para la aplicación en otras ciudades se deberán tener en cuenta los cambios que dicten las normas respectivas.

La Empresa Eléctrica Quito actualmente entrega servicio a una área de concesión de aproximadamente 8800 Km^2, dentro de la cual se encuentra la capital del país, los cantones Quito, Mejía, Rumiñahui, El Chaco, Quijos, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y parte de Cayambe.

El Sistema Nacional Interconectado SNI llega con un nivel de 138 Kv a las subestaciones Santa Rosa, Selva Alegre, 19 y Vicentina. A partir de éstas se crea un anillo de subtransmisión a 46 Kv para alimentar a las subestaciones de distribución.

Actualmente el sistema de distribución opera a tres niveles de voltaje: 22.8 Kv, 13.2 Kv y 6.3 Kv. La EEQSA tiene un plan de cambio de voltaje de 13.2 Kv a 22.8 Kv, con el fin de que existan sólo dos voltajes normalizados de distribución: 22.8 Kv y 6.3 Kv.

Las redes de distribución son de dos tipos:

a) *Subterránea*. En el área central-comercial de Quito y en áreas urbanas localizadas que presentan condiciones especiales por densidad de carga y/o aspectos urbanísticos.

b) *Aérea*. Con conductores desnudos y sobre estructuras de soporte en el resto de la zona urbana de Quito, zonas periféricas y área rural.

Las líneas primarias a 6.3 Kv entre fases, son predominantemente a tres conductores y están, en general, asociadas con circuitos secundarios trifásicos; eventualmente, en casos especiales se derivan ramales con dos conductores de fase a 6.3 Kv, asociados con circuitos secundarios monofásicos.

Las líneas primarias a 22.8 Kv, están conformadas por uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir de punto neutro de la S/E de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con estas líneas primarias, son indistintamente monofásicos o trifásicos, dependiendo de la necesidad.

2.3.1 Cámara de Transformación

Será la fuente principal de energía, que alimente al Telepuerto.

Se encargará de recibir energía en alto voltaje, de los circuitos primarios de la E.E.Q.S.A. (Empresa Eléctrica Quito S.A.), y entregará energía en bajo voltaje, a las instalaciones del Telepuerto.

2.3.1.1 Determinación de la Demanda

Es necesario tener el listado de equipos que serán instalados, con sus

respectivas potencias nominales (*Pn*) de consumo eléctrico.

El Ingeniero de diseño aportará con los porcentajes del factor de frecuencia de uso o de uniformidad (*FFUn*) (que para un solo usuario será del 100 %) y del factor de simultaneidad (*FSn*) que será fruto de su experiencia y de los datos recogidos en cuanto a la forma y al tiempo en que se utilizan los distintos equipos que serán instalados. El factor de simultaneidad para cada una de las cargas instaladas, determina la incidencia de la carga considerada en la demanda coincidente durante el período de máxima solicitación.

Para la elaboración del cuadro de determinación de la demanda, se debe tener en cuenta que:

$$CIR = Pn * FFUn * 0.01$$

$$DMU = CIR * FSn * 0.01$$

En donde:

CIR = Carga Instalada Representativa (watios).
Pn = Potencia nominal eléctrica (watios).
FFUn = Factor de Frecuencia de Uso (%).
DMU = Demanda Máxima Unitaria (watios).
FSn = Factor de Simultaneidad (%):

El Factor de Demanda, *FDM*, definido por la relación entre la Demanda Máxima Unitaria, *DMU*, y la Carga Instalada Representativa, *CIR*, indica la fracción de la carga instalada que es utilizada simultáneamente en el período de máxima solicitación y permite evaluar los valores adoptados por comparación con aquellos en instalaciones existentes similares.

La Demanda Máxima Unitaria obtenida, expresada en watios es

convertida a kilovoltamperios mediante la reducción correspondiente y la consideración del Factor de Potencia, *FP*, de la instalación.

El valor obtenido de la Demanda Máxima Unitaria *DMU* es válido para las condiciones iniciales de la instalación; para efectos del diseño se deberá considerar el posible crecimiento de la misma a través del período de vida útil. Este incremento progresivo de la demanda que tiene una relación geométrica al número de años considerados como vida útil (para los transformadores de distribución y circuitos secundarios, se toman 10 años), se expresa por un valor índice acumulativo anual ,*Ti*, que permite determinar el valor de la Demanda Máxima Unitaria Proyectada *DMUp* para un período de n años a partir de las condiciones iniciales, por medio de la siguiente expresión:

$$DMUp = DMU\,(1 + \frac{Ti}{100})^n$$

En donde:

DMUp = Demanda Máxima Unitaria proyectada (Kva)
DMU = Demanda Máxima Unitaria (Kva)
Ti = Tasa de crecimiento anual (%)

A continuación se presenta el cuadro obtenido para el estudio de demanda:

ESTUDIO DE CARGA INSTALADA Y DEMANDA MAXIMA CAMARA DE TRANSFORMACION								
NOMBRE DEL PROYECTO: TELEPUERTO SATELITAL								
No.	DESCRIPCION	CANT (u)	POT.NOM (w)	POT.TOT (w)	FFUn (%)	CIR (w)	FSn (%)	DMU (w)
1	Rack primer HPA (1+1)	1	6000	6000	100	6000	100	6000
2	Rack segundo HPA (1+1)	1	2000	2000	100	2000	100	2000
3	Impresora Eventos HNS	1	200	200	100	200	100	200
4	Unidad de Disco y Cinta HNS	1	600	600	100	600	100	600
5	Bus VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
6	CPU VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
7	Rack X.25	1	5700	5700	100	5700	100	5700
8	Rack Control Antena	1	500	500	100	500	100	500
9	Rack de Convertidores	1	600	600	100	600	100	600
10	Rack de F.I. (HNS)	1	2200	2200	100	2200	100	2200
11	Rack de B.B.	1	2600	2600	100	2600	100	2600
12	Rack de radios	2	625	1250	100	1250	100	1250
13	Rack de Modems I.D.S.	1	1200	1200	100	1200	100	1200
14	Presurizador	1	50	50	100	50	100	50
15	Central telefónica Voz VSAT	1	1000	1000	100	1000	100	1000
16	Illuminet	1	400	400	100	400	100	400
17	Monitor VAX	1	200	200	100	200	100	200
18	Analizador de espectros	1	500	500	100	500	100	500
19	Monitoreo GDC	1	400	400	100	400	100	400
20	Computador de tarifación	1	400	400	100	400	100	400
21	Monitoreo PABX	1	300	300	100	300	100	300
22	Mux GDC	1	625	625	100	625	100	625
23	Rack SCPC primera antena	2	1500	3000	100	3000	100	3000
24	Rack SCPC segunda antena	1	1500	1500	100	1500	100	1500
25	Rack Mux SCPC	1	3500	3500	100	3500	100	3500
26	Motor primera antena	1	3000	3000	100	3000	50	1500
27	Motor segunda antena	1	3000	3000	100	3000	50	1500
28	Sistema contra incendio	1	400	400	100	400	80	320
29	Centro de monitoreo y contro	1	400	400	100	400	100	400
30	Iluminación crítica sala op.	20	100	2000	100	2000	100	2000
31	Iluminación semicrítica sala	20	100	2000	100	2000	100	2000
32	Aire Acondicionado sala op.	1	10000	10000	100	10000	80	8000
33	Iluminación de oficinas	200	100	20000	100	20000	80	16000
34	Computadores de oficina	60	400	24000	100	24000	80	19200
35	Impresoras de oficina	6	600	3600	100	3600	80	2880
36	Central telefónica	1	1000	1000	100	1000	80	800
37	Herramientas de taller	1	3000	3000	100	3000	60	1800
38	Laboratorio	1	3000	3000	100	3000	60	1800
39	Iluminación exterior	20	250	5000	100	5000	80	4000
40	Cocina eléctrica	1	10000	10000	100	10000	50	5000
41	Autoservicio	1	4500	4500	100	4500	50	2250
42	Calentador de agua	3	2500	7500	100	7500	80	6000
43	Refrigeradora	1	300	300	100	300	50	150
44	Bomba de agua	2	1500	3000	100	3000	50	1500
	T O T A L E S			141425		141425		112825
	FACTOR DE DEMANDA			FDM=DMU/CIR		0.80		
	FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA			FP		0.90		
	DEMANDA MAXIMA UNITARIA			DMU (KVA)		125.36		
	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL			TI (%)		2.00		
	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO 10 A			(1+TI/100)EE1(		1.22		
	DEMANDA MAXIMA UNITARIA PROYECTADA			DMUp(KVA)		152.94		

En donde:

CANT. = Cantidad
POT. NOM. = Potencia Nominal
POT. TOT. = Potencia Total
FFUn = Factor de uniformidad
CIR = Carga instalada
FSn = Factor de simultaneidad
DMU = Demanda máxima unitaria

Tabla 2.1 Estudio de demanda para la determinación de la capacidad de la cámara de transformación.

Durante la vida útil del transformador (10 años), tomando en cuenta el gran desarrollo que están experimentando las comunicaciones, se espera un incremento de carga adicional al establecido en las normas, del 20%, distribuído en equipos electrónicos para la Sala Operativa y equipos de control como el aire acondicionado y UPS; por lo que la Demanda Máxima Unitaria Proyectada final será 183,53 Kva.

En base a lo anterior, se llega a determinar que la instalación debe ser servida por un transformador de *200 Kva*, de acuerdo a los valores normalizados existentes. Así mismo, de acuerdo a las normas de la Empresa Eléctrica Quito, este transformador deberá ser instalado en una cámara de transformación, puesto que la máxima potencia para instalación en torre es 125 Kva.

2.3.1.2 Red Primaria

La cámara de transformación deberá ocupar necesariamente parte del terreno ubicado dentro de la línea de fábrica, el cual estará asignado permanentemente para tal efecto, por lo tanto estará localizada en un sitio que ocasione la mínima distorsión al aspecto estético de la construcción y al mismo tiempo permitirá el ingreso de los conductores a la cámara en forma adecuada.

Los circuitos primarios en instalaciones subterráneas serán directamente enterrados bajo las aceras y en ductos de hormigón bajo las calzadas, deberán ser diseñados siguiendo el camino de longitud mínima entre los centros de transformación y en lo posible, utilizando los mismos puntos de cruce bajo las calzadas que los circuitos secundarios.

La alimentación se realiza de una cámara hacia otra, en redes subterráneas.

Como dispositivo de protección y seccionamiento, se instalarán seccionadores de barra, en el punto de derivación de una cámara hacia la otra y

seccionadores portafusibles unipolares del tipo cerrado, en la cámara nueva, antes del ingreso de la red de alta tensión a los bushings del transformador.

El seccionador de barra es un dispositivo de seccionamiento manual sin corriente de carga, y que admite el corte de corrientes de valor limitado tales como las de magnetización de transformadores de distribución.

El seccionador fusible permite el seccionamiento manual sin corriente de carga, admite el corte de corrientes de valor limitado como aquellas de magnetización de transformadores de distribución; además el elemento fusible incorporado permite obtener una protección de sobrecorriente para fallas de origen interno del transformador.

2.3.1.3 Determinación de la Cámara para el Proyecto

Actualmente existe una cámara de transformación de 160 Kva a 6.3 Kv. propiedad de la Empresa Eléctrica Quito S.A. en el lote escogido para construir el Telepuerto y que está sirviendo a la red pública del sector. Para el servicio del nuevo telepuerto y de la red existente, se ha previsto realizar lo siguiente:

Se construirá una cámara de transformación junto a la existente y la acometida se la derivará desde ésta, a través de la pared común, en alto voltaje, mediante cable unipolar No. 2 AWG aislado para 8 Kv.

Para el cálculo de las *protecciones* a instalar, se determinarán las corrientes nominales en alto y bajo voltaje:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

En donde:

I = Corriente en Amperios.

S = Potencia aparente del equipo en Voltamperios.

V = Voltaje de alimentación en Voltios.

$$I_{AT} = \frac{200.000}{\sqrt{3} * 6.300} = 18,35\ A$$

$$I_{BT} = \frac{200.000}{\sqrt{3} * 210} = 550,51\ A$$

En base a lo anterior, se determina la necesidad de instalar:

PROTECCION	EQUIPO	FUSIBLE
Alto voltaje	3 Seccionadores portafusibles, cerrados, voltaje nominal: 7.8 Kv.	3 Tirafusibles de 30 A, tipo K.
Bajo Voltaje	3 Bases portafusibles NH3, voltaje nominal: 500 V, corriente nominal: 630 A.	3 Cartuchos NH3 corriente nominal: 500 A.

Tabla 2.2 **Sistema de protecciones a ser instaladas en la cámara proyectada, para alto y bajo voltaje.**

2.3.2 Diseño de Alimentadores

Cuando un circuito suministra corriente a una carga, experimenta una caída en el voltaje y una disipación de energía en forma de calor; la caída de voltaje es una función de la corriente de carga, del factor de potencia y de la impedancia de los conductores. En el diseño de alimentadores, se debe seleccionar un tamaño de conductor tal que soporte la carga requerida, dentro de los límites especificados de la caída de voltaje, y que tenga un valor optimizado del costo de instalación y del costo de pérdidas.

La sección de los alimentadores se determina en función de los siguientes

criterios:

- La caída de voltaje, para que la tensión en el tablero o tableros de distribución esté dentro de los límites establecidos.

- La intensidad admisible por el conductor seleccionado, debe ser superior a la teórica calculada.

El orden de operaciones que se deben realizar es:

a) Se calcula la sección teórica de los conductores:

$$Acometida\ trifásica: \quad A = \frac{P * L}{\gamma * \Delta V * V} \qquad (ec.\ 2.1)$$

En donde:

A = Sección teórica, en milímetros cuadrados.
P = Potencia del suministro, en vatios.
L = Longitud del alimentador, en metros.
γ = Conductividad (56 para el Cu y 35 para el Al).
ΔV = Caída de tensión admisible, en voltios.
V = Tensión de servicio, en voltios.

b) Se obtiene el valor de la intensidad correspondiente al suministro:

$$Acometida\ trifásica: \quad I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \qquad (ec.\ 2.2)$$

c) En la tabla de conductores normalizados, para el tipo de acometida correspondiente, se elige un conductor de sección superior a la teórica calculada y cuya intensidad de corriente máxima admisible sea mayor que

la correspondiente al suministro.

2.3.2.1 Determinación de Conductores para el Proyecto

Tomando en cuenta que la cámara de transformación es de 200 Kva., con un factor de potencia de 0,9 y que el tablero de distribución principal estará ubicado a 12 m. desde las bases portafusibles NH para salida en bajo voltaje, de la ecuación 2.1, se determina:

$$A = \frac{180.000 * 12}{56 * 2,1 * 210} = 87\ mm^2$$

En la ecuación 2.2:

$$I = \frac{200.000}{\sqrt{3} * 210} = 550,51\ A$$

Con los resultados obtenidos, al contrastarlos con los valores proporcionados por la tabla de conductores tipo TTU de Cablec, se llega a determinar que el valor limitante es el de la capacidad de corriente, ya que el cable 1.000 MCM tiene una sección aproximada de 507,74 mm^2 y una capacidad de de conducción de 545 amperios.

Debido a que este tipo de conductor no es común en el mercado y presenta problemas para su manejo por su gran diámetro, se toma como solución utilizar varios conductores por fase, así:

En la tabla mencionada anteriormente, se observa que el cable No. 1/0 AWG tiene una sección aproximada de 53,52 mm^2 y una capacidad de conducción de 150 amperios, por lo que se utilizarán 4 conductores de este tipo en cada fase, con lo que se satisfacen los cálculos iniciales.

Resumiendo, la acometida entre la cámara de transformación y el tablero

de distribución principal será:

Acometida:3x(4x1/0)+1x(2x1/0)AWG con cable de cobre tipo TTU.

2.4 AIRE ACONDICIONADO

La vida útil y la estabilidad de los equipos electrónicos se ve afectada notablemente por el ambiente en el cual operan; de ahí la necesidad de que la Sala Operativa disponga de un equipo de aire acondicionado.

2.4.1 Requerimientos de Temperatura

A medida que han ido evolucionando los sistemas electrónicos, en base al crecimiento del nivel de integración, velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento de información y decrecimiento del tamaño de sus componentes, los circuitos son cada vez más sensibles a factores externos e internos produciendo fallas en el funcionamiento o daños en la información cuando sale del rango de operación. De allí que se debe tener un riguroso control en el cumplimiento de las especificaciones dadas por el fabricante; por lo tanto, hay que cuidar el ambiente que rodea a los equipos, para lo cual se deben observar las siguientes premisas:

- En lo posible, conseguir un aislamiento térmico de la Sala Operativa, con el fin de que los cambios de temperatura externos no afecten a las condiciones ambientales internas del local.

- El rango de temperatura en el que deben trabajar los equipos es de 16 a 32 grados celsius[3]. Estos valores de temperatura se especifican para la tecnología de circuitos integrados. Al estar los elementos electrónicos fuera de su rango normal de operación, se producirán daños en una o varias tarjetas o componentes, ya que son elementos que están interconectados.

Además, los cambios de temperatura afectan a los componentes metálicos, así, un aumento de temperatura produce su dilatación y en consecuencia varían sus posiciones físicas originales, produciendo malos contactos, mala conducción, etc. dejando de trabajar en forma adecuada, y si la temperatura disminuye existe la contracción de las partes metálicas produciendo problemas similares.

- La temperatura que se debe mantener en el área de la Sala Operativa, debe considerar las especificaciones del equipo electrónico y las condiciones de confort del personal (aproximadamente 18 grados centígrados).

2.4.2 Requerimientos de Humedad

Al igual que para la temperatura, los fabricantes especifican un rango de variación de la humedad relativa que debe cumplir el local para que el equipo trabaje en forma correcta.

La humedad relativa es la relación entre la presión de vapor en un espacio dado y la presión de saturación del vapor a igual temperatura.

$$HR\ (\%) = \frac{Presión\ de\ vapor}{Presión\ de\ saturación} * 100$$

- El rango de humedad relativa para equipos electrónicos es del 20 % al 80 % [3]. Si en la sala existe una humedad relativa alta, se producen condensaciones que facilitan la formación de óxidos en los componentes, altera las tensiones internas de los polímeros, etc. En el caso de que la humedad relativa sea baja, facilita la creación de cargas estáticas en el medio ambiente, lo que puede dañar a los equipos electrónicos.

- Para determinar el valor de humedad relativa que va a tener el local donde funcione la Sala Operativa, se debe considerar el tipo de piso que existe en éste, con el fin de producir el mínimo valor de carga estática, la cual es función de la humedad relativa. Por ejemplo:

  Alfombra, dependiendo de la humedad relativa, puede producir voltajes de electricidad estática de hasta 10.5 Kv, lo que es altamente peligroso; en caso de utilizar alfombra, ésta debe ser de material antiestático y antinflamable donde el máximo voltaje sea de 2.5 Kv, para una humedad relativa de 50 % a 55 %.

  Por lo anterior, lo más recomendable para una Sala Operativa es tener un piso falso con la estructura metálica conectada a tierra, con el fin de tener un camino de descarga para la electricidad estática que pudiera generarse, de tal forma que su efecto prácticamente sea nulo; la humedad relativa debe mantenerse en un rango de 40 % a 60 %.

La temperatura y la humedad relativa son variables mutuamente dependientes, al haber cambios de temperatura, también cambia el valor de la humedad relativa ya que se producen evaporaciones o condensaciones en el medio ambiente; por lo que se debe efectuar un control sensible y preciso de éstas dos variables en forma conjunta.

2.4.3 Aire Acondicionado

Los factores que afectan a las condiciones químicas y físicas de la atmósfera comprenden temperatura, humedad, movimiento, distribución, polvo, bacterias, gases, etc. El aire acondicionado es un equipo que controla a estos factores, dependiendo de las especificaciones de cada ambiente. Es un proceso

que consiste en suministrar aire a un volumen de control determinado y adaptar éste a las condiciones requeridas de limpieza, refrigeración, calefacción, secado y humidificación. El equipo de aire acondicionado debe mantener las condiciones ambientales requeridas en el local, independientemente de variaciones externas.

En la Sala Operativa es indispensable la presencia de un acondicionador del aire, ya que se deben mantener ciertos rangos de temperatura y humedad relativa para que los equipos funcionen en óptimas condiciones. Cuando no existe control de éstas variables, se disminuye la vida útil del equipo y su funcionamiento no es confiable.

Para determinar la capacidad del aire acondicionado se deben considerar los siguientes factores: disipación de calor del equipo; disipación de calor del personal y de las luminarias, introducción de aire fresco, ventilación, conducción de calor a través de paredes, techos, pisos, puertas y ventanas.

Hay que destacar el hecho de que la mayoría de los equipos electrónicos modernos tienen ventilación interna propia que forza la circulación del aire, mejorando la calidad del enfriamiento del equipo.

El equipo de aire acondicionado como parte integrante de la Sala Operativa debe estar alimentado por un sistema eléctrico de emergencia.

2.4.4 Procesos de Aire Acondicionado

Los procesos de aire acondicionado modifican la temperatura y la humedad del ambiente. Los procesos aislados que realiza un equipo en el acondicionamiento del aire incluyen: calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación, saturación adiabática y mezcla de dos atmósferas. Estos procesos hacen posible, en combinaciones diversas, a partir de una atmósfera dada, producir otra de características deseadas.

- Calentamiento.- Es el proceso de añadir calor, quedando inalterada la humedad.

- Enfriamiento.- En este proceso se disminuye la temperatura, manteniendo constante la humedad.

- Enfriamiento y deshumidificación.- Es la combinación de dos procesos en el cual hay disminución de temperatura y de humedad.

- Calentamiento y humidificación.- Hay aporte tanto de calor latente como sensible, y como consecuencia existe aumento de temperatura y de humedad.

- Saturación adiabática.- Este proceso tiene por finalidad la humidificación de la mezcla; no se agrega ni se sustrae calor. La humidificación es producida en una cámara con pulverización de agua a través de la cual circula la mezcla.

- Mezcla de dos atmósferas.- Consiste en mezclar dos atmósferas para obtener una tercera, éste es un proceso adiabático.

2.4.5 Distribución del Aire Acondicionado

Se debe dar una cuidadosa atención al método que se aplica para la distribución del aire, con el objeto de eliminar áreas de excesivo movimiento de aire y focos de calor.

- Distribución de aire por el piso.- En este tipo de distribución, el espacio entre el piso del local y el piso falso es usado como un medio para suministrar aire para el enfriamiento del equipo. (Ver figura 2.1)

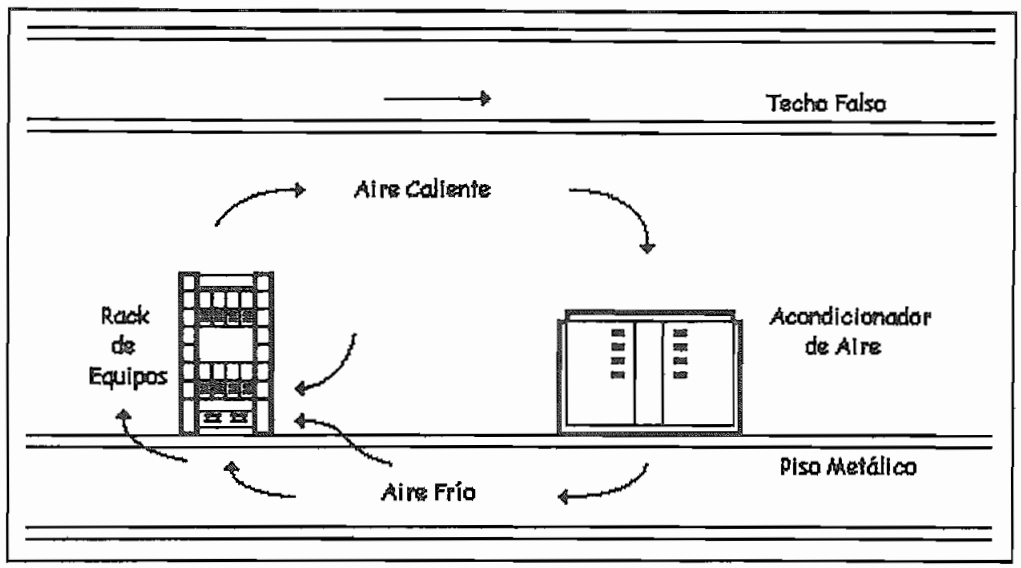


Figura 2.1.- Distribución de aire acondicionado por el piso

Los pisos de concreto del local podrían requerir un tratamiento especial con el fin de evitar el desprendimiento de polvo. El aire es descargado en el local a través de rejillas en el piso y luego de pasar por los equipos retorna directamente al equipo acondicionador de aire.

Se admite un retorno de aire caliente sin que las condiciones de diseño de la Sala Operativa se vean afectadas. El diseño de éste sistema de distribución considera el factor de transferencia de calor a través del piso falso metálico y además provee una cantidad de aire recalentado para controlar la humedad relativa en el aire.

- Distribución de aire por el techo.- En la circulación de aire por el techo, toda la carga calórica del área, incluyendo el calor generado por los equipos, es absorvido por el aire inyectado a la sala y al sistema difusor de área por ductos a presión en el techo (esto es necesario para que el aire caliente baje y circule). Estos ductos poseen aberturas o rejillas sobre los equipos. Esto se puede observar en la fig. 2.2.

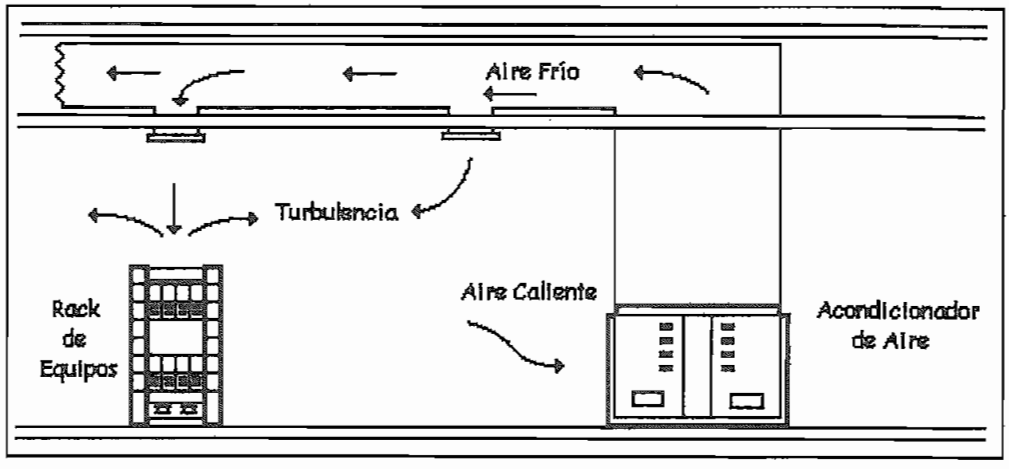


Figura 2.2.- Distribución de aire acondicionado por el techo

2.4.6 Cálculo de la Capacidad del Equipo de Aire Acondicionado

Para determinar la capacidad del equipo de aire acondicionado, se debe determinar la cantidad de calor que debe retirar el mismo. La capacidad sensible del equipo va a estar dada por el sumatorio de las cargas calóricas máximas que dicho equipo debe absorver. Entre las fuentes de calor de la Sala Operativa se tendrán:

- Calor disipado por los equipos.- En general se puede decir que el calor disipado por los equipos electrónicos viene especificado por el fabricante, en el caso de no existir esta información, se puede estimar la disipación tomándola como el 100 % de la potencia eléctrica que consume el equipo. Como equivalencia se tiene: 1 watio = 3,412 BTU.

- Calor debido a las luminarias.- Para obtener el calor disipado por las luminarias, se aplica la siguiente relación matemática:

$$Q_L = Pot * 3,412 * Fu$$

En donde:

Q_L = Calor aportado por la luminaria (BTU).
Pot = Potencia de la luminaria (W).
Fu = Factor de uso de la luminaria.

Para las lámparas fluorescentes, se debe multiplicar la fórmula anterior por 1.3 debido a que genera mayor calor por la presencia de los balastros.

- Calor debido a las personas.- El calor disipado por los ocupantes de un recinto depende fundamentalmente del trabajo que éstos efectúen. Con fines prácticos, existen estimaciones reconocidas técnicamente, las cuales se presentan en la tabla 2.3.[4]

ACTIVIDAD	CAL. SENSIBLE (BTU/h)	CAL. LATENTE (BTU/h)	CALOR TOTAL (BTU/h)
Sentado	155	195	350
Trab. Ligero	200	250	450
Trab. Moderado	245	605	850
Trab. Fuerte	465	980	1450

Tabla 2.3.Calor disipado por el hombre en diversos trabajos

Para el personal de la Sala Operativa, se puede considerar que el calor disipado es 450 BTU/h por persona.

- Calor disipado a través de los elementos de construcción de la Sala Operativa.- Los techos, paredes, ventanas, puertas, etc. disipan calor por conducción, es decir desde un lugar de mayor temperatura hacia otro de menor temperatura. La cantidad de calor que fluye, depende de ciertos factores:

a) Area de los distintos tipos de superficie.

b) Coeficiente de transmisión de calor (K), que depende del tipo de material.

c) La diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura del local.

La ecuación para determinar el calor disipado por conducción es [4]:

$$Q_{conducción} = 3{,}412 * A * K * (T_{EXT} - T_{LOCAL})$$

En donde:

$Q_{conducción}$ = Conducción de calor (BTU/h).
A = Area (m^2).
K = Coeficiente de transmisión de calor (W/m^2 °C).
T_{EXT} = Temperatura externa (°C).
T_{LOCAL} =Temperatura interna (°C).

En la tabla 2.4 se presentan valores del coeficiente K para algunos tipos de superficies.

OBJETO DE DISIPACION DE CALOR	K(W/m^2°C)
PAREDES EXTERIORES	
de madera	0.4375
de ladrillo 8"	0.5250
de bloque de hormigón de 10"	0.6820
de bloque de 4" , enlucida a 12"	0.3500
PAREDES INTERIORES	
de ladrillo de 4" enlucido a los dos lados	0.7525
de bloque de 4" enlucido a los dos lados	0.7000
de madera enlucida con 1/2" de aislamiento	0.3675
PISOS, TECHOS Y TUMBADOS	
techo sin piso	1.0850
techo con piso de 1"	0.4900
piso o techo de concreto de 8"	0.9275
piso típico de madera	0.6125
techo típico de concreto	0.4375
VENTANAS	
de cristal sencillo	5.2320
con doble cristal (1/5)"	3.2558
de vidrio sencillo masillado	5.8139
de doble vidrio masillado de 4.7"	2.3255
PUERTAS EXTERIORES	
de madera y material plástico	3.4880
de madera con cristal, simple	4.6510
de madera con cristal, doble	2.3250
de acero y metal	5.8140

Tabla 2.4.- Coeficiente K de transmisión de calor para varias superficies

2.4.6.1 Determinación del Sistema de Aire Acondicionado del Proyecto

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL AIRE ACONDICIONADO

NOMBRE DEL PROYECTO: TELEPUERTO SATELITAL

No.	DESCRIPCION	CANT (u)	POT.NOM (w)	POT.TOT. (w)	FSn (%)	DMU(w)	CARGA TERMICA (BTU/HR)
1	Rack primer HPA (1+1)	1	6000	6000	100	6000	20472.0
2	Rack segundo HPA (1+1)	1	2000	2000	100	2000	6824.0
3	Impresora Eventos HNS	1	200	200	100	200	682.4
4	Unidad de Disco y Cinta HNS	1	600	600	100	600	2047.2
5	Bus VAX HNS	1	500	500	100	500	1706.0
6	CPU VAX HNS	1	500	500	100	500	1706.0
7	Rack X.25	1	5700	5700	100	5700	19448.4
8	Rack Control Antena	1	500	500	100	500	1706.0
9	Rack de Convertidores	1	600	600	100	600	2047.2
10	Rack de F.I. (HNS)	1	2200	2200	100	2200	7506.4
11	Rack de B.B.	1	2600	2600	100	2600	8871.2
12	Rack de radios	2	625	1250	100	1250	4265.0
13	Rack de Modems I.D.S.	1	1200	1200	100	1200	4094.4
14	Presurizador	1	50	50	100	50	170.6
15	Central telefónica Voz VSAT	1	1000	1000	100	1000	3412.0
16	Illuminet	1	400	400	100	400	1364.8
17	Monitor VAX	1	200	200	100	200	682.4
18	Monitoreo GDC	1	400	400	100	400	1364.8
19	Computador de tarifación	1	400	400	100	400	1364.8
20	Monitoreo PABX	1	300	300	100	300	1023.6
21	Mux GDC	1	625	625	100	625	2132.5
22	Rack SCPC primera antena	2	1500	3000	100	3000	10236.0
23	Rack SCPC segunda antena	1	1500	1500	100	1500	5118.0
24	Rack Mux SCPC	1	3500	3500	100	3500	11942.0
25	Centro de monitoreo y control	1	400	400	100	400	1364.8
26	Iluminación crítica sala op.	20	40	800	100	800	3548.5
27	Iluminación semicrítica sala	20	40	800	100	800	3548.5
28	Personal de operación	2	0	0	0	0	900.0
	T O T A L E S			37225		37225	129549.5

DATOS COMPLEMENTARIOS PARA EL CALCULO:

MEDIDAS DE LA SALA OPERATIVA:	15 m x 8.5 m
ALTURA DE LA SALA OPERATIVA:	3.3 m
MATERIAL DE LAS PAREDES Y TECHO:	Bloque enlucido
PUERTAS:	2 metálicas: 2 m x 2 m
VENTANAS:	Ninguna
TEMPERATURA EXTERIOR:	22 grados celsius

A PARTIR DE ESTOS DATOS:

AREA DE PAREDES:	147.1 metros cuadrados	
K para las paredes (Tab. 2.4):	0.35	
Q conducción paredes =		702.7
AREA DE TECHO:	127.5 metros cuadrados	
K para el techo (Tab. 2.4):	0.4375	
Q conducción techo =		380.7
AREA DE PUERTAS:	8 metros cuadrados	
K para las puertas (Tab. 2.4):	5.814	
Q conducción puertas =		634.8
CAPACIDAD FINAL DEL AIRE ACONDICIONADO (BTU/HR):		**131267.6**

En donde:
CANT. = Cantidad
POT. NOM. = Potencia Nominal
POT. TOT. = Potencia Total
FSn = Factor de simultaneidad
DMU = Demanda máxima unitaria

Tabla 2.5.- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del aire acondicionado

2.5 Sistema de Extinción de Incendios

El Sistema contra incendios está conformado por tres subsistemas, que son:

- Detección de incendio.
- Extinción de incendio.
- Señalización.

Cada uno de estos subsistemas deben estar comandados por la denominada "Central Contra Incendios", que se constituye en el eje de todo el sistema, por lo que debe localizarse en un sitio seguro, pero de acceso sencillo y rápido para el personal autorizado dentro de la Sala Operativa.

La central contra incendios debe manejar de manera conjunta los circuitos de detección, extinción y señalización, con el objeto de garantizar el funcionamiento óptimo del sistema global.

2.5.1 Detección de Incendio

De éste subsistema depende la detección oportuna y eficaz de cualquier problema que puede presentarse en las distintas áreas de la Sala Operativa. Debe cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:

- Debe ser automático, presentar alarmas y debe permitir a través de sus detectores, percibir a tiempo señales que delaten la presencia de problemas.

- Los detectores a instalarse serán de humo, de tipo iónico, ubicados tanto en el cielo falso como en el piso falso.

- El direccionamiento puede ser colectivo, pero cada detector debe

tener un circuito separado.

Una señal de detección de algún sensor originará la siguiente secuencia de operación:

- Activará una señal audible en el panel de control y se generará un sonido diferente al producido por una alarma de incendio, con el objeto de identificar lo que ocurre, diferenciando un fuego incipiente de un incendio total.

- Encenderá en el panel de control una luz que identifique la zona de detección.

Una señal de dos o más detectores pertenecientes a zonas cruzadas, originará la siguiente secuencia:

- Activará alarmas audibles de incendio total en el panel de control y áreas estratégicas.

- Encenderá luces indicadoras de las zonas de detección.

- Desactivará la alimentación de energía eléctrica de entrada al UPS, apagará el UPS y de igual manera se cortará el sumnistro de energía al aire acondicionado.

- Activará el control de tiempo de espera previo a la descarga del gas.

- La reactivación del sistema deberá lograrse reseteando el mismo de forma manual.

2.5.1.1 Detectores de humo

Un detector de humo actúa con mayor rapidez que uno de calor. Por este motivo y tomando en cuenta la curva de selección de detectores de incendio mostrada en la figura 2.3, los detectores de humo son los más utilizados en la totalidad de las aplicaciones en sistemas de seguridad que involucren la protección de equipo electrónico, ya que permiten identificar la presencia de fuego antes de que se produzca una llama que cause daños irreparables en el equipo, en el local y principalmente en el personal.

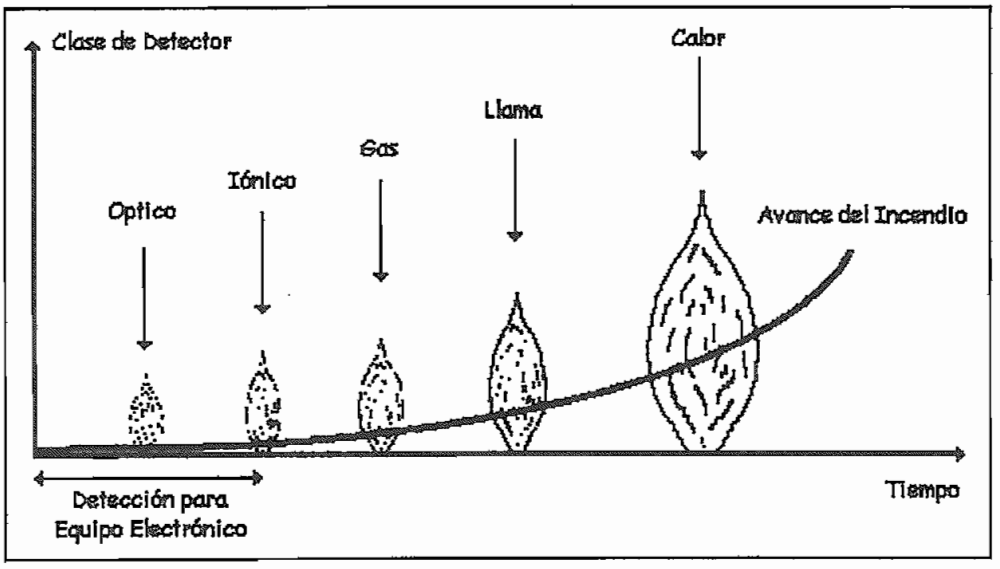


Figura 2.3.- Curva de selección de detectores de incendio

Estos detectores se identifican según su principio de funcionamiento, siendo los más comunes los de ionización (iónicos) y los fotoeléctricos (ópticos).

- Detectores de humo por ionización (iónicos).- Poseen una respuesta más rápida a fuegos de alta energía (con llama), en los cuales se producen elevadas cantidades de partículas de menor tamaño (no visibles para el ser humano).

Son del tipo puntual y contienen una pequeña cantidad de material radiactivo que ioniza el aire en la cámara detectora, convirtiéndolo en conductor y permitiendo que pase una corriente entre dos electrodos cargados.

Esto proporciona a la cámara una cierta conductancia eléctrica. Cuando las partículas de humo penetran en la zona de ionización, disminuyen la conductancia eléctrica del aire, al adherirse a los iones, disminuyendo su movilidad. El detector responde cuando la conductancia baja de un nivel prefijado.

- Detectores de humo fotoeléctricos (ópticos).- Estos detectores responden con mayor rapidez al humo generado por fuegos de baja energía, ya que en éstos se producen generalmente partículas de mayor tamaño (visibles para el ser humano).

La presencia de partículas de humo en suspensión, generadas durante el proceso de combustión, afectan a la propagación de un haz luminoso a través del aire. Este efecto puede delatar la presencia de un incendio de dos maneras: obscurecimiento de la intensidad luminosa a medida que pasa el haz y dispersión del haz luminoso.

Los detectores fotoeléctricos que utilizan el principio de obscurecimiento poseen una fuente luminosa y un dispositivo fotosensible; cuando las partículas de humo penetran en el haz, la luz que alcanza el dispositivo fotosensible se reduce y la alarma se activa.

Los detectores fotoeléctricos que emplean el principio de dispersión son puntuales y contienen una fuente luminosa y un dispositivo fotosensible, dispuestos de tal manera que los rayos

luminosos no inciden de manera perpendicular en el segundo. Cuando las partículas de humo entran en el haz luminoso, éste se dispersa sobre el elemento fotosensible, provocando la respuesta del detector.

En la actualidad, los detectores de humo evitan dar falsas alarmas, ya que se deben superar dos condiciones para actuar: la cantidad de humo y su velocidad de crecimiento.

2.5.2 Extinción de Incendio

Este subsistema que debe instalarse en la Sala Operativa debe apagar el fuego, pero sin dañar al equipo eléctrico, al equipo electrónico, ni al personal que se encuentra dentro de la Sala.

Debido a la naturaleza del equipamiento y por la seguridad del personal, la extinción debe ser totalmente automática, respaldada por extinguidores manuales para el caso de incendios pequeños que puedan ser controlados manualmente antes de la descarga del gas.

Es importante la existencia de un número suficiente de extintores portátiles, su ubicación debe estar claramente señalada, ser de fácil acceso, su transporte debe ser sencillo y su manejo debe ser conocido por todo el personal.

El subsistema de extinción automático se basa en el principio de inundación total, por lo que debe estar centralizado y el diseño del recorrido de tuberías y ubicación de boquillas de dispersión del gas, deberá garantizar que la descarga del mismo se realice en menos de 10 segundos, desarrollando una concentración de agente extintor uniforme en el interior del local cerrado a protegerse (Sala Operativa).

Las boquillas de dispersión se activarán una vez que se haya verificado la existencia de fuego, mediante la activación de detectores ubicados en zonas cruzadas dentro del local y de la actuación de las alarmas correspondientes. La descarga del gas deberá ser monitoreada por los subsistemas de detección y señalización.

Un fuego clase C es el que se produce en ambientes que albergan equipos eléctricos energizados.

La extinción de incendios en lugares en los cuales existe la presencia de equipo electrónico, hasta hace tres años se la efectuaba en base al gas HALON del tipo 1211 o 1301, dependiendo si la extinción era manual o automática; hoy en día éste agente químico ya no se lo expende, debido a que su naturaleza es CFC (cloro-fluor-carbono), que es altamente perjudicial para la capa de ozono; por lo que ha sido reemplazado por gases menos nocivos.

Los agentes de extinción alternativos son aceptables para el ambiente y la capa de ozono, extinguen el fuego, no dejan residuos, son eléctricamente no conductivos y son apropiados para proteger espacios ocupados por personas. Los agentes candidatos alternativos para sistemas de inundación total son:

Nombre comercial	Nombre químico	Fabricante
Inergen	IG-541	Ansul Fire Protection
FE-13	HFC-23	Dupont Company
FM-200	HFC-227ea	Great Lakes Chemical
CEA-410 Agente limpio	FC-3-1-10	3M Specialty Chemicals

Tabla 2.6.- Lista de gases alternativos para extinción de incendios (no tóxicos)

2.5.3 Señalización

La señalización que debe poseer un sistema de seguridad es de suma importancia puesto que debe facilitar el desalojo de las áreas afectadas en caso de emergencia; debe contar por lo menos con las siguientes partes:

- Panel central de control, en el cual se pueden visualizar a través de indicadores luminosos las zonas afectadas. Este panel de control además debe permitir el comando automático y manual de cada uno de los subsistemas mencionados; es decir, en el peor de los casos el panel central permite realizar un disparo o un aborto del sistema de extinción en forma manual.

- Alarmas de intensidad sonora claramente distinguibles.

- Avisos luminosos o luces estroboscópicas ubicadas convenientemente señalando las puertas de salida y escape.

El sistema de señalización debe poseer un suministro principal de energía y un secundario que funcione en el caso de que el primero falle.

2.6 REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL SISTEMA ELECTRICO

2.6.1 Relación entre Aterramiento, Conexión y Apantallamiento

El simple aterramiento de los elementos de una instalación de telecomunicaciones es solamente una de varias medidas necesarias para alcanzar un nivel de protección adecuado y supresión del ruido eléctrico.

Para proveer un camino de baja impedancia para el flujo de corriente

eléctrica desde o hacia los equipos y lograr un sistema de tierra efectivo, varios conductores, electrodos, equipo y otros objetos metálicos deben ser conectados entre sí.

Cada una de estas uniones o conexiones deben ser realizadas de tal forma que las propiedades eléctricas y mecánicas del camino estén determinadas por los miembros de la conexión y no por el medio de interconexión. Aún más, la conexión debe mantener sus propiedades durante un extenso período de tiempo para prevenir la degradación de las cualidades establecidas inicialmente.

Las conexiones deben ser realizadas de tal forma que sean mecánicamente fuertes, presenten baja impedancia y no sean afectadas ni deterioradas por una posterior corrosión.

La capacidad de un apantallamiento o escudo eléctrico para derivar las cargas eléctricas inducidas y anular los efectos de un campo de interferencia depende del material usado como escudo o protección y de su instalación.

El apantallamiento de circuitos eléctricos sensibles es una medida de protección esencial para obtener operación confiable en un ambiente contaminado electromagnéticamente.

En las instalaciones de telecomunicaciones, equipo y conductores, para alcanzar el apantallamiento se pueden usar cubiertas sólidas, de malla, papel de estaño o trenzadas, de plomo, aluminio, cobre, hierro y otros metales.

Estas pantallas no son totalmente efectivas a menos que durante la instalación se empleen las técnicas adecuadas en aterramiento y conexión.

2.6.2 Instalación de Puesta a Tierra

Todas las instalaciones electrónicas y de telecomunicaciones están relacionadas intrínsecamente con la tierra física, ya sea por un acoplamiento capacitivo, contacto accidental o una conexión intencional. Por lo tanto, la puesta a tierra debe ser considerada como un sistema total que proporciona un camino directo de una baja impedancia conocida, entre tierra y los equipos eléctricos y de comunicaciones. El sistema de puesta a tierra está conformado por cuatro subsistemas que son: electrodos de tierra, protección contra descargas atmosféricas, protección de fallas y referencia de señal.

2.6.2.1 Subsistema de Electrodos de Puesta a Tierra

Es la red de los electrodos, ya sean estos varillas, planchas, láminas o mallas y los conductores que los interconectan. Las extensiones hacia el interior de los edificios se usan como el principal punto de conexión para que los equipos estén conectados a la instalación de puesta a tierra. La referencia de tierra se establece por medio de los electrodos enterrados en el sitio. Este subsistema puede incluir lo siguiente:

a) Varillas clavadas enterradas interconectadas con cable desnudo formando un anillo alrededor del edificio, o con alguna otra forma geométrica.

b) Cables desnudos enterrados horizontalmente.

En el capítulo 4, sección 4.1 se desarrolla con más detalle lo concerniente a la malla de tierra.

2.6.2.2Subsistema de Protección Contra Descargas Atmosféricas

Este subsistema provee un camino no destructivo a tierra para la energía

de una descarga atmosférica, ya sea inducida o por contacto directo, en la estructura de las instalaciones. Para proteger en forma efectiva a un edificio, mástil o torre del daño ocasionado por la energía de un rayo, se debe colocar por lo menos una punta terminal o pararrayo tipo Franklin, de un material tal que aporte la rigidez mecánica y provea la conductividad eléctrica necesaria para soportar la fuerza del choque eléctrico.

Una punta terminal interceptará la descarga y evitará que ésta ingrese y dañe o destruya los equipos. Naturalmente, esto debe ser complementado con un camino de baja impedancia desde la punta terminal a tierra.

Los rayos están caracterizados por una o más descargas con corrientes pico típicas de 20 kA o más. En las inmediaciones del punto de ingreso de la corriente de la descarga atmosférica hacia la tierra se producen gradientes de potencial peligrosos en la superficie de la tierra, suficientes para causar la muerte a un ser humano, de ahí la importancia de que el sistema de puesta a tierra esté configurado de tal forma que minimize éstos gradientes.

Mientras más baja es la resistencia de puesta a tierra, menor será el pico de voltaje y consecuentemente menos severos los gradientes de potencial en la superficie. Aún con una baja resistencia de puesta a tierra, los caminos para la corriente deben ser distribuídos de tal manera que se minimizen los gradientes sobre el área en la cual existe presencia de personal. (El desarrollo de este tema se encuentra en el capítulo 4, sección 4.3.3).

2.6.2.3 Subsistema de Protección de Fallas

Este subsistema asegura que el personal está protegido de descargas peligrosas y el equipo está protegido de daños ocasionados por fallas que se podrían originar en el sistema eléctrico. En este se incluyen los conductores a tierra (normalizado en color verde), que están provistos por todo el sistema de distribución de potencia, para proporcionar caminos eléctricos de capacidad

suficiente, de tal forma que los elementos de protección como fusibles y breakers instalados en las fases, puedan operar rápidamente.

Dentro de lo posible, los conductores de protección de falla del equipo deben estar físicamente separados de la tierra de referencia de señal, excepto en el subsistema de electrodos de tierra.

El subsistema de protección de fallas proporciona el aterramiento para todas las estructuras metálicas y cabinas o racks que soportan a los equipos.

En el caso de una falla en el transformador o cualquier falla entre los conductores de alimentación y los objetos conectados a tierra dentro de la instalación, la puesta a tierra se convierte en parte del camino de retorno para la corriente de falla.

Una baja resistencia ayuda en el despeje de la falla, sin embargo, esto no garantiza la completa protección del personal contra gradientes de voltaje peligrosos, que se desarrollan en el suelo durante fallas de alta corriente.

Una adecuada protección generalmente requiere el uso de mallas diseñadas, para distribuir el flujo de corriente sobre una área suficiente y reducir los gradientes de voltaje a niveles seguros.

El neutro del transformador por lo tanto debe estar conectado al subsistema de puesta a tierra, para asegurar una baja resistencia en el camino de retorno.

Con el objeto de brindar protección al personal, se recomienda el uso de breakers diferenciales o sensibles a la falla a tierra.

2.6.2.4 Subsistema de Referencia de Señal

Se establece una referencia común para los equipos y por lo tanto se minimizan las diferencias de voltaje entre los mismos.

Con esto se reduce el flujo de corriente entre equipos y se minimiza o elimina el voltaje de ruido en los circuitos de señal.

Dentro de los equipos, el subsistema de referencia de señal debe ser una barra que sirva como referencia para todos los circuitos de señal.

Entre equipos, el subsistema de señal de referencia será una red de conductores que los interconectan.

Si se sirve a varios circuitos dentro de un equipo o a varios equipos dentro de una instalación, la red de referencia de señal será, en la mayoría de los casos, una superficie plana equipotencial para múltiples puntos.

El sistema de tierra es importante para minimizar el ruido electromagnético, principalmente de baja frecuencia, que podría afectar a los circuitos de señal y que, es un resultado de corrientes extrañas.

Por ejemplo, si se considera un sistema de dos estructuras localizadas de tal manera que existen dos puestas a tierra diferentes como se muestra en la figura 2.4.

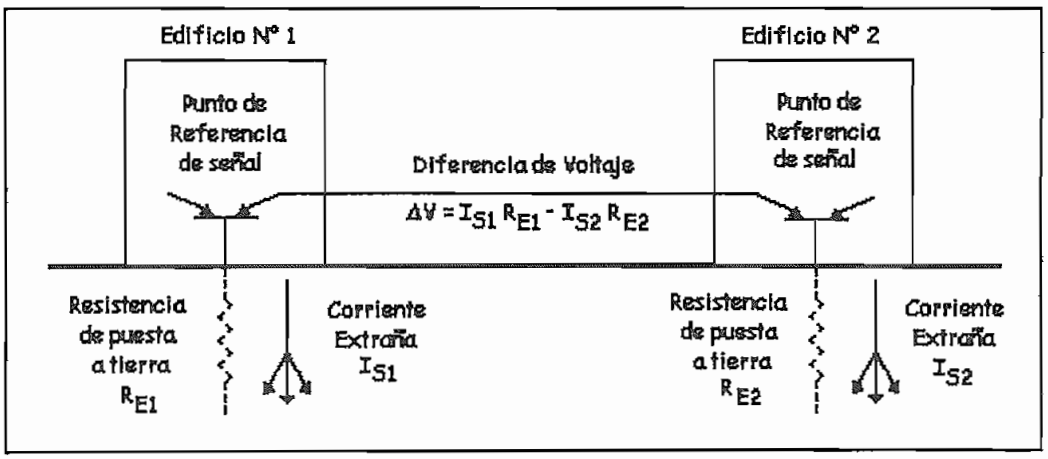


Figura 2.4.- Diferencia de voltaje que se alcanza con diferentes puestas a tierra.

Si existen corrientes extrañas (las que pueden ser originadas por una conexión inapropiada del sistema AC, ruptura de un aislante, fallas, etc.) hacia tierra, en cualquiera de las dos estructuras, entonces existirá una diferencia de potencial entre las puesta a tierra de cada instalación.

Las corrientes que se originan en fuentes en el exterior de las estructuras también pueden ser causa de voltajes de ruido.

Por ejemplo, frecuentemente las subestaciones de alto voltaje son fuentes de gran corriente en la tierra.

Estas corrientes provienen de fugas a través de los aisladores, a través del aislamiento del cable, etc.

Las corrientes que fluyen a través de la tierra entre las dos estructuras, generarán una diferencia de voltaje entre las conexiones a tierra de los dos sitios, como se observa en la figura 2.5.

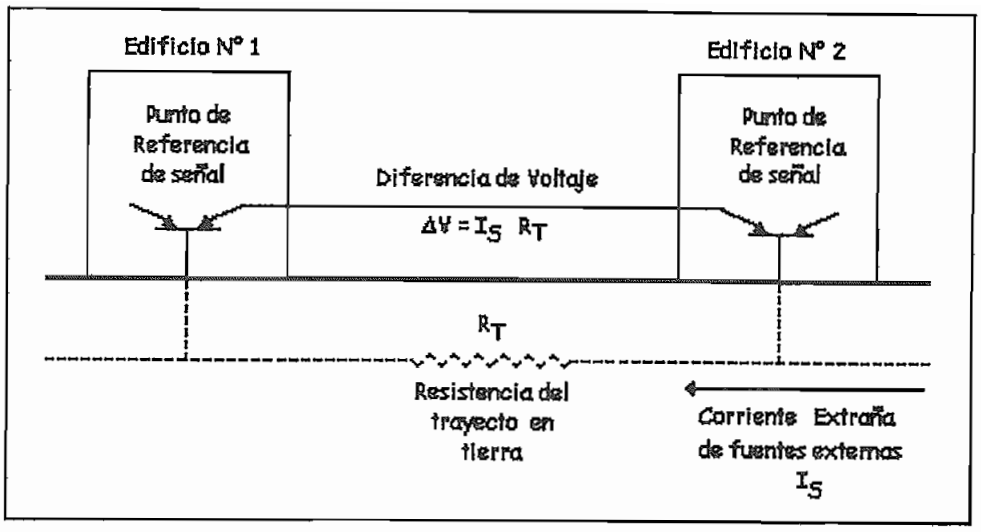


Figura 2.5.- Diferencia de voltaje entre estructuras, como resultado de corrientes de tierra extrañas.

Cualquier cable de interconexión tendrá éstos voltajes aplicados, lo que originará un flujo de corriente en el blindaje del cable y otros medios conductores. Esta corriente entre equipos puede inducir voltaje de ruido de modo común, en los subsistemas de puesta a tierra.

2.6.2.5La Tierra y el Sistema de Distribución de Potencia

Por razones de seguridad, el sistema eléctrico de potencia y los equipos, deben estar conectados efectivamente a tierra. Con esto se minimiza la magnitud y la duración de los sobrevoltajes en un circuito eléctrico, de esta manera se reduce la probabilidad de lesiones en las personas, falla en aislamientos o fuego con el consecuente daño de equipos, sistemas o edificios.

La presencia de corrientes alternas en el sistema de tierra se deben principalmente a errores en el cableado, descuidos simples en la instalación del sistema de distribución de potencia AC o fallas en el mismo. Para proporcionar la adecuada seguridad al personal y reducir los daños en los equipos, todo sistema trifásico en *Y* hacia una instalación de comunicaciones, ya sea fija o móvil, debe

ser a través de 5 hilos: 3 fases, 1 neutro y 1 para tierra (normalizado color verde).

Un edificio único, que recibe la energía de una fuente única requiere que el neutro esté conectado efectivamente al subsistema de tierra en el lado de la fuente y para eliminar o reducir el ruido indeseado, el neutro debe estar conectado al subsistema de tierra solo en la fuente de energía (transformador, generador, etc.) o panel de ingreso del servicio público.

Se debe tener mucho cuidado para asegurar que el neutro no esté conectado a tierra en ninguna parte dentro del edificio. El conductor de tierra (verde) no estará conectado a la barra de neutro en los paneles de distribución o subdistribución, con el objeto de evitar un retorno de la corriente de falla a los equipos.

En un sistema de distribución secundario monofásico a 240 V, se tienen 2 fases, 1 neutro y 1 conductor de tierra y en el sistema de distribución secundario monofásico a 120 V, se tiene 1 fase, 1 neutro y 1 conductor de tierra. En ambos casos, el neutro no debe estar conectado a tierra en el lado de la carga, sino debe estar conectado al terminal de tierra en la fuente de energía y al subsistema de tierra, si existe sólo una fuente de energía para un sólo edificio.

La secuencia en el cableado eléctrico (fase, neutro y tierra) debe ser correcta y la misma todo el tiempo desde la alimentación hasta la última carga, sin inversión entre conductores y sin interconección entre neutro y tierra. Las múltiples interconecciones entre neutro y tierra o inversión entre los mismos, generalmente resulta en un flujo de corriente AC en todos los conductores de tierra.

También los filtros de línea de corriente alterna provocan un flujo de corriente AC en el sistema de tierra, cuando están distribuídos en varios puntos de la instalación; esto se debe al paso de alguna corriente a través de los

capacitores en los filtros cuando las líneas están siendo filtradas hacia tierra, la corriente máxima permitida es 30 miliamperios.

2.6.3 Requerimientos de Resistencia

La medida básica de la efectividad de un electrodo de puesta a tierra, es el valor de la resistencia a tierra en el punto de conexión.

Debido a la naturaleza distribuída del volumen de la tierra en el cual fluye la energía eléctrica, la resistencia a tierra está definida como la resistencia entre el punto de conexión y un punto muy distante en la tierra. Idealmente, el subsistema de electrodos de puesta a tierra debería proveer cero resistencia entre la tierra y el punto de conexión; pero, cualquier configuración física que se pueda construir tendrá una resistencia determinada a tierra.

La economía del diseño de la puesta a tierra involucra un compromiso entre gastar lo necesario para alcanzar una muy baja resistencia y la satisfacción o cumplimiento de requerimientos mínimos del sistema.

En la puesta a tierra se deben interconectar todos los electrodos clavados y los objetos metálicos enterrados de la instalación, incluyendo el grupo electrógeno o generador de emergencia. La tubería metálica enterrada que ingrese a la instalación también debe ser conectada a la puesta a tierra.

Para el subsistema de protección de fallas, el National Electrical Code, *NEC*, en su artículo 250 establece que cualquier electrodo que no tenga una resistencia a tierra de 25 ohmios o menos, debe ser mejorado. Es decir, que los electrodos con resistencias superiores a éste valor sólo serán usados en casos extremos, los 25 ohmios es el límite normalizado para una resistencia de tierra sin importar las necesidades de un sistema específico. Este es un límite razonable o adecuado para aquellas aplicaciones del hogar e instalaciones de ese tipo.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos tiene una meta de diseño de 10 ohmios para el subsistema de electrodos de tierra, su norma US MIL-STD-188-124A especifica que debe existir un anillo de tierra alrededor (en la periferia) de la instalación a ser protegida.

Para la protección contra descargas atmosféricas es difícil establecer un valor de resistencia que garantice la seguridad del personal. La corriente originada por una descarga directa puede variar de varios cientos de amperios hasta unos 300.000 amperios. Dicha corriente, a través de una resistencia mínima como 1 ohmio teóricamente puede producir potenciales peligrosos. No es razonable intentar alcanzar la resistencia de 1 ohmio en ciertas condiciones, cuando una resistencia de 10 ohmios brinda una protección contra descargas atmosféricas, bastante confiable para transformadores, líneas de transmisión, torres y otras estructuras expuestas.

CAPITULO 3

3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE EMERGENCIA

Debido a la naturaleza misma de un sistema eléctrico normal o red pública, en ningún país del mundo y mucho menos en el Ecuador se puede garantizar un servicio eléctrico continuo y confiable en un 100 %.

Pese a las medidas que se tomen para garantizar el servicio en la red pública, los cortes de energía eléctrica no pueden ser evitados en su totalidad. El corte del suministro puede ocasionarse por alguna falla en cualquiera de los elementos que conforman los subsistemas: generación, transmisión, subtransmisión y distribución, de un sistema eléctrico.

En un telepuerto satelital, una interrupción de energía de un ciclo, ocasionaría que se corte el servicio de transmisión de datos de los usuarios, generando con ello una posible pérdida de información. Si estos cortes son muy seguidos o muy prolongados, como es el caso del Ecuador, la confiabilidad del sistema bajaría ostensiblemente y perdería una de sus ventajas comparativas. Por esta razón es imprescindible la existencia de un Sistema de Suministro de Emergencia que garantice el abastecimiento permanente de electricidad al equipamiento electrónico del Telepuerto.

En el servicio de conmutación de corriente alterna, ante una falla del suministro de red, se conmuta a una fuente de corriente alterna (instalación sustitutiva del suministro) que se halla en disponibilidad. Al quedar restablecido el suministro, se conmuta nuevamente a alimentación desde la red pública. Se entiende por instalación sustitutiva del suministro de red, aquella que asegure energía eléctrica alterna, sin limitaciones de tiempo utilizando generador y motor de combustión interna (grupo electrógeno), u otras fuentes alternativas.

En servicio normal, los equipos consumidores son alimentados directamente por la red pública. Al fallar ésta, se conmuta a alimentación sustitutiva, para lo cual es necesario poner en marcha el motor de combustión interna, acoplado con un generador. Una vez que el motor ha alcanzado velocidad nominal, el generador restablece el suministro de energía eléctrica a los equipos consumidores. Cuando el suministro de la red pública retorna, se conmuta a servicio de alimentación por red. Con un sistema configurado en la forma descrita anteriormente se tendrá interrupciones, en el suministro de energía eléctrica a los equipos consumidores, mayores a 1 segundo, lo cual no sirve para un Telepuerto, como se vio anteriormente. Por lo tanto, es necesaria la instalación de una Fuente de Energía Ininterrumpida (U.P.S., Uninterruptible Power Supply), junto con el grupo electrógeno, con el objeto de que sea ésta unidad la que suministre energía eléctrica durante el tiempo de conmutación entre el suministro de red pública y el suministro del grupo electrógeno.

Durante todo el tiempo, el UPS cumple el papel de regulador de energía tanto en amplitud como en frecuencia, del voltaje y corriente alternos que reciben los equipos del telepuerto.

Según lo anterior, el Sistema de Suministro de Emergencia quedará conformado por los siguientes bloques:

- Generador de Emergencia.

- Tablero de Transferencia o Conmutación.

- Fuente de Energía Ininterrumpida (U.P.S.)

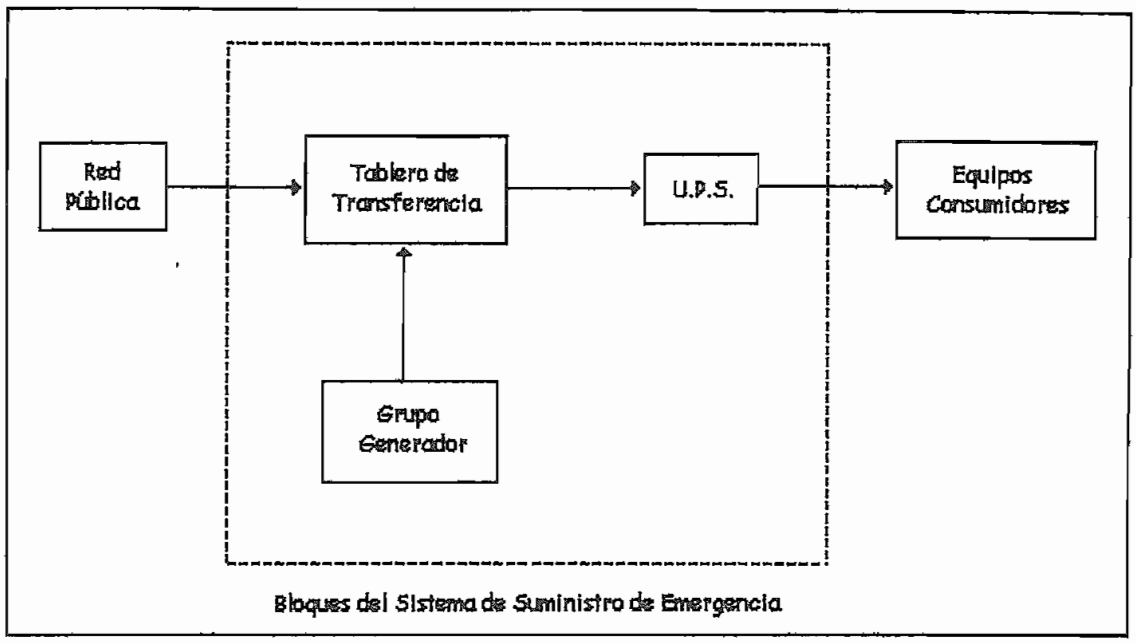


Figura 3.1.- Bloques que conforman el Sistema de Suministro de Emergencia

3.1 Generador de Emergencia

El generador de emergencia o grupo electrógeno está constituído por un generador y un motor (a gasolina, gas o diesel). El motor Diesel es, por muchas razones, la máquina motriz más empleada en los grupos electrógenos de emergencia, entre otras, su robustez y su moderada velocidad de rotación lo hacen particularmente apto para servicios de larga duración. Los motores requieren de un servicio menos frecuente y en general tienen vida útil mayor que los motores a gasolina. El combustible es económico y no explosivo, por lo que puede almacenarse fácilmente.[6]

Además de los componentes principales (generador y motor), se tienen los sistemas auxiliares, siendo el de arranque y paro el más importante, puesto que, se lo tiene que relacionar con el tablero de transferencia automática.[7]

3.1.1 Dimensionamiento

Para dimensionar un grupo electrógeno, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Potencia total de todos los equipos a alimentar con energía eléctrica de emergencia.

- Arranque individual de los grandes motores eléctricos de ascensores, compresores, bombas, etc. o simultaneidad de arranque y de funcionamiento de varias de éstas máquinas.

La relación de todos los equipos receptores de energía debe indicar, no solamente la potencia, sino también el tipo de motor (de jaula de ardilla, de rotor bobinado, etc.), la forma de ponerlo en marcha (arranque directo, arranque en estrella-triángulo, etc.), así como el número de arranques o puestas en marcha de los motores. La elevada potencia de arranque de los grandes motores de jaula de ardilla puede obligar a la adopción de una potencia de alternador, superior a la potencia total.

Lo mismo sucede para el conjunto del grupo, cuando hay que satisfacer severas exigencias de calidad de voltaje y de frecuencia, para lo cual será necesario verificar los niveles de voltaje y frecuencia en los bornes del generador en condiciones críticas de carga.

La determinación de la máquina motriz depende esencialmente de la potencia de los receptores de energía. Las exigencias especiales que se refieren a la frecuencia del alternador, obligan a la correspondiente velocidad de la máquina motriz, y por lo tanto, pueden requerir de una reserva de potencia en dicha máquina.

También son importantes las condiciones ambientales del sitio de montaje (temperatura, humedad de aire, altitud, etc.), que, naturalmente, hay que especificar sus efectos en el rendimiento del generador.[6]

3.1.1.1 Características de la Carga

a) *Cargas de Iluminación.-* Las cargas de iluminación son netamente resistivas y a la vez que constituyen una parte importante dentro de las cargas de emergencia, son relativamente fáciles de manejar, ya que las variaciones originadas por el aumento o disminución de la carga en los grupos únicamente produce una ligera titilación.

Para las lámparas fluorescentes, el nivel de voltaje se debe mantener en ± 10 % para conseguir un arranque seguro. El ojo humano es sensible a ligeras fluctuaciones de la luz. Una reducción de 1.5 V en luces incandescentes de 110 V es perceptible para el ojo humano. Una caída de más de un voltio, si es repetitiva, es rechazable; en la siguiente tabla se muestra la gama de caídas de voltaje rechazadas dependiendo de la frecuencia de la ocurrencia.[8]

Variación del Voltaje	Frecuencia Permisible de ocurrencia
± 1.5 %	20 veces por segundo
± 2.5 % - 5 %	2 veces por segundo
± 5 % - 10 %	1 vez por hora

Tabla 3.1.- Límites de Fluctuación del nivel de voltaje

b) *Cargas de Motores.-* Cuando se examina cargas de motores, se debe tener en cuenta que los mismos requieren capacidad adicional de generación (KVA del grupo electrógeno) para propósitos de arranque.

Cualquier grupo debe ser capaz de alimentar los requerimientos de torque, o el sistema de control debe asegurar que, este torque sea provisto por un determinado número de unidades puestas en paralelo.

Como consecuencia del arranque de los motores, se debe tener en cuenta el efecto que causaría las caídas de voltaje en otras cargas conectadas al sistema.

c) *Carga de Equipo Electrónico.-* Las cargas de equipo electrónico para transmisión de datos y/o computadoras, requieren un sistema de potencia especial, ya que un corte de un ciclo ($16{,}67 \times 10^{-3}$ s) se traduce en la pérdida de datos. Este es un tiempo demasiado corto como para que en el mismo se logre la transferencia de energía desde la red pública hacia el grupo electrógeno. Para evitar estos problemas, se hace indispensable la presencia de otra fuente de energía que alimente a la carga durante el tiempo que toma realizar el arranque del grupo electrógeno, el tiempo que toma en alcanzar condiciones de funcionamiento estables y la transferencia mencionada anteriormente. Esta fuente alterna es el sistema UPS, que utiliza baterías para su funcionamiento.

El equipo tolerará variaciones de frecuencia de ± 3 %. Las variaciones de voltaje de ± 10 % son aceptadas, ya que los circuitos electrónicos sensibles se diseñan normalmente con dispositivos de regulación de voltaje internos

3.1.1.2 Análisis de la Carga

El equipo adecuado para un determinado tipo de carga debe responder a un análisis de la misma, en cuanto a sus necesidades de capacidad, calidad y seguridad necesaria.

Son muy pocos los casos en los cuales exista un funcionamiento simultáneo de todos los equipos conectados dentro de una instalación; en la mayoría de los casos la carga utilizada o demandada es una fracción de la carga conectada; la relación entre éstos dos valores es el factor de simultaneidad. Más aún, en el caso de un Telepuerto Satelital, el grupo electrógeno suministrará energía únicamente a las cargas denominadas como semicríticas y que se alimentan de un circuito separado de las cargas normales. De ésta manera, al tener en cuenta todas estas consideraciones, se conseguirá un dimensionamiento de la capacidad del grupo electrógeno lo más cercana a la realidad, con el objeto de no sobredimensionar el grupo y no incurrir en gastos elevados innecesarios.

3.1.1.3 Consideraciones de Altitud y Ambiente

Para juzgar sobre las características de potencia de los motores diesel utilizados en grupos electrógenos, es importante tener en cuenta las condiciones de ambiente. La altitud a la cual el grupo electrógeno funcionará influye en la potencia del motor y en la capacidad del generador. Generalmente, la potencia nominal de estos motores se refiere a la altura del nivel del mar, con una temperatura ambiente de 20 °C. Los grupos electrógenos tienen una pérdida de potencia respecto a la nominal, del 4 % cada 305 m sobre la altitud máxima de funcionamiento nominal. Los motores turbo cargados usualmente no experimentan una pérdida de potencia hasta una altitud especificada, que es un valor típico que se ubica entre 762 y 1525 m sobre el nivel del mar. También existe un factor de decremento debido a la temperatura ambiental del 1 % por cada 6 °C sobre 16 °C. La pérdida por temperatura no se considera tan importante como la pérdida por altitud.

3.1.1.4 Determinación del Grupo Electrógeno del Proyecto

A continuación se presenta el estudio de carga para el dimensionamiento del grupo específico que alimentará al Telepuerto en estudio.

ESTUDIO DE CARGA INSTALADA Y DEMANDA MAXIMA GRUPO ELECTROGENO

NOMBRE DEL PROYECTO: TELEPUERTO SATELITAL

No.	DESCRIPCION	CANT (u)	POT.NOM (w)	POT.TOT (w)	FFUn (%)	CIR (w)	FSn (%)	DMU (w)
1	Rack primer HPA (1+1)	1	6000	6000	100	6000	100	6000
2	Rack segundo HPA (1+1)	1	2000	2000	100	2000	100	2000
3	Impresora Eventos HNS	1	200	200	100	200	100	200
4	Unidad de Disco y Cinta HNS	1	600	600	100	600	100	600
5	Bus VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
6	CPU VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
7	Rack X.25	1	5700	5700	100	5700	100	5700
8	Rack Control Antena	1	500	500	100	500	100	500
9	Rack de Convertidores	1	600	600	100	600	100	600
10	Rack de F.I. (HNS)	1	2200	2200	100	2200	100	2200
11	Rack de B.B.	1	2600	2600	100	2600	100	2600
12	Rack de radios	2	625	1250	100	1250	100	1250
13	Rack de Modems I.D.S.	1	1200	1200	100	1200	100	1200
14	Presurizador	1	50	50	100	50	100	50
15	Central telefónica Voz VSAT	1	1000	1000	100	1000	100	1000
16	Illuminet	1	400	400	100	400	100	400
17	Monitor VAX	1	200	200	100	200	100	200
18	Analizador de espectros	1	500	500	100	500	100	500
19	Monitoreo GDC	1	400	400	100	400	100	400
20	Computador de tarifación	1	400	400	100	400	100	400
21	Monitoreo PABX	1	300	300	100	300	100	300
22	Mux GDC	1	625	625	100	625	100	625
23	Rack SCPC primera antena	2	1500	3000	100	3000	100	3000
24	Rack SCPC segunda antena	1	1500	1500	100	1500	100	1500
25	Rack Mux SCPC	1	3500	3500	100	3500	100	3500
26	Motor primera antena	1	3000	3000	100	3000	50	1500
27	Motor segunda antena	1	3000	3000	100	3000	50	1500
28	Sistema contra incendio	1	400	400	100	400	80	320
29	Centro de monitoreo y control	1	400	400	100	400	100	400
30	Iluminación crítica sala op.	20	100	2000	100	2000	100	2000
31	Iluminación semicrítica sala	20	100	2000	100	2000	100	2000
32	Aire Acondicionado sala Op.	1	10000	10000	100	10000	80	8000
33	Iluminación de oficinas	100	100	10000	100	10000	80	8000
34	Computadores de oficina	60	400	24000	100	24000	80	19200
35	Impresoras de oficina	6	600	3600	100	3600	80	2880
36	Central telefónica	1	1000	1000	100	1000	80	800
37	Laboratorio	1	3000	3000	100	3000	60	1800
38	Iluminación exterior	10	250	2500	100	2500	80	2000
39	Autoservicio	1	4500	4500	100	4500	50	2250
40	Calentador de agua	1	2500	2500	100	2500	80	2000
41	Refrigeradora	1	300	300	100	300	50	150
42	Bomba de agua	1	1500	1500	100	1500	50	750
	T O T A L E S			109425		109425		91275

FACTOR DE DEMANDA	FDM=DMU/CIR	0.83
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA	FP	0.90
DEMANDA MAXIMA UNITARIA	DMU (KVA)	101.42
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	TI (%)	2.00
PORCENTAJE DE CRECIMIENTO 10 A	(1+TI/100)EE10	1.22
DEMANDA MAXIMA UNITARIA PROYECTADA	DMUp(KVA)	123.73

En donde:

CANT. = Cantidad
POT. NOM. = Potencia Nominal
POT. TOT. = Potencia Total
FFUn = Factor de uniformidad
CIR = Carga instalada
FSn = Factor de simultaneidad
DMU = Demanda máxima unitaria

Tabla 3.2.- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del grupo electrógeno.

En base al cálculo efectuado, se puede observar que se necesita un grupo electrógeno cuya potencia sea de 92 Kw. o 124 Kva. mínimos, efectivos en Quito (altura: 2800 msnm y temperatura ambiente 20 ° C). El tipo de carga a alimentar está compuesta por un 80 % de equipos electrónicos, por lo que se debe tener especial cuidado en la compatibilidad del grupo electrógeno con los mismos, y en especial con el UPS, en lo referente a condiciones de voltaje y frecuencia.

El equipo que puede satisfacer éstos valores es un Grupo Electrógeno marca Caterpillar, modelo 3304B, cuyos valores nominales son: 113 Kw. o 141 Kva. hasta una altitud máxima de 1960 msnm con una temperatura ambiente de 20 ° C; lo que significa que a la altura de Quito (2800 msnm) tendrá una pérdida de potencia del 12 %, por lo que los valores efectivos serán: 100 Kw. o 124 Kva.

3.1.2 Configuraciones

Las instalaciones de unidades múltiples dependen de muchos factores que son determinados a partir del análisis de la carga. En algunos casos, se hace obligatorio el uso de más de un grupo electrógeno; en otros, puede resultar más económico el tener varias unidades, como en el caso de que exista gran variedad de carga durante el día o carga temporal, con el objeto de que los grupos electrógenos en lo posible estén operando siempre con carga cercana a la capacidad nominal.

En el caso de un Telepuerto Satelital, siempre se debe disponer de un segundo grupo electrógeno, capaz de soportar las cargas críticas en el caso de que se produzca una falla en el grupo principal o para utilizarlo durante el mantenimiento del mismo.

3.1.2.1 Configuración Mínima: Una Fuente de Emergencia

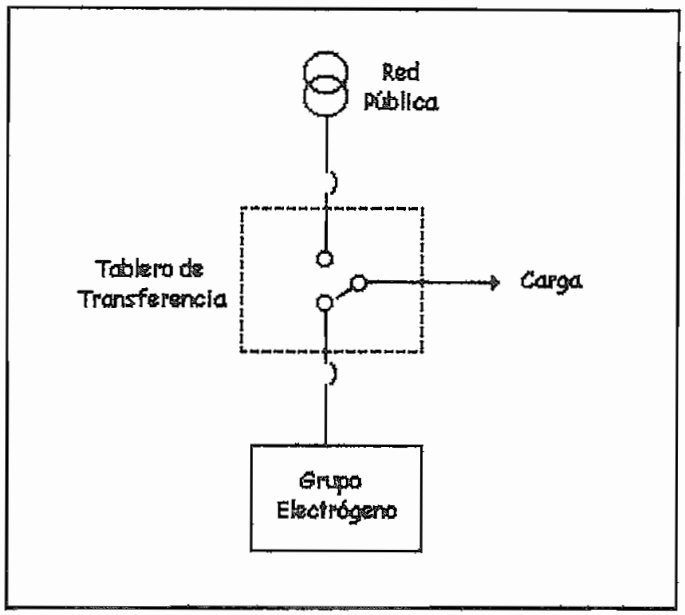


Figura 3.2.- Configuración mínima: Una fuente de emergencia

En la figura 3.2 se presenta un sistema de transferencia automático de carga desde la fuente pública hacia la de emergencia o viceversa. La configuración logra una completa aislación entre la fuente principal y la de emergencia, a través del uso de un Tablero de Transferencia Automático (TTA).

El Tablero de Transferencia Automático es el encargado de detectar el nivel de voltaje de la fuente pública, si se sale de los rangos previamente establecidos, ordena el arranque del grupo electrógeno y cuando éste alcanza voltaje y frecuencia adecuados, se realiza la transferencia automática de la carga hacia el generador.

Cuando se restituye la energía de la red pública, el tablero de transferencia mide sus parámetros y al encontrarlos estables, retransfiere la carga y mantiene funcionando al grupo en vacío con el objeto de que se enfríe.

El tiempo de interrupción en caso de falla, depende de las características de funcionamiento del grupo electrógeno, respecto a la velocidad de arranque, al tiempo que demora en estabilizarse y estar en capacidad de tomar carga.

3.1.2.2 Configuración Optima: Dos Fuentes de Emergencia

La figura 3.3 presenta un esquema típico.

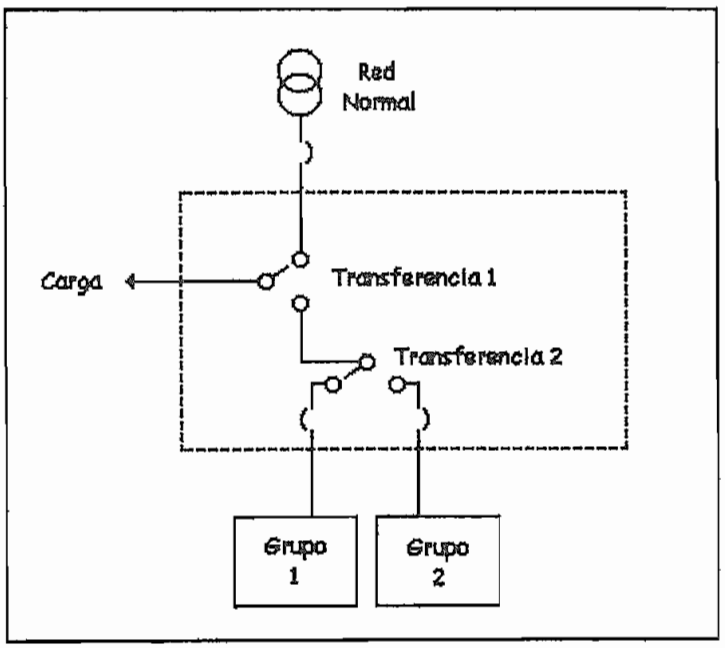


Figura 3.3.- Configuración óptima: Dos fuentes de emergencia

Cuando las cargas son altamente críticas, como en un Telepuerto Satelital, es necesario tener respaldo en cuanto a fuentes de emergencia se refiere. La confiabilidad del sistema es mucho mayor, por cuanto, si un grupo de emergencia no arranca o presenta una falla o está en mantenimiento, arrancará el segundo grupo y tomará la carga crítica.

Para esta configuración, se necesita que el equipo de transferimiento automático esté constituído por dos transferencias, una del tipo Utility/Standby y la otra Standby/Standby.

La transferencia Utility/Standby realizará el mismo trabajo que el tablero de transferencia automática descrito en el literal anterior.

El trabajo del tablero Stanby/Stanby es discriminar cual generador será el que trabaje: Cuando sale de servicio la red pública, ordena el arranque del grupo electrógeno número 1, si no lo hace en el primer intento, el proceso se repetirá dos veces más. Si el motor número 1 no arranca en el tercer intento, éste será bloqueado y se ordenará el arranque del grupo electrógeno número 2 y será éste el que asuma la carga crítica.

De igual manera, ante una falla del grupo electrógeno número 1, se ordenará su detención y el inmediato arranque del grupo electrógeno número 2.

3.1.2.3 Configuración Seleccionada

Para objeto del Telepuerto en estudio, se adoptará la configuración óptima, pero con una modificación: al inicio se instalará únicamente el equipo mínimo (un generador y un tablero de transferencia automático), y se dejará el espacio físico adecuado para implementar la configuración total a futuro.

3.1.3 Especificaciones

3.1.3.1 Motor

El motor diesel es el más empleado en grupos de emergencia, por varias razones: menor mantenimiento, durante las paradas no hay consumo de combustible, tiempo de arranque corto (puede recibir su carga nominal rápidamente), bajo consumo de combustible, combustible económico y no explosivo.

Para grupos de emergencia, la velocidad de los motores diesel es, generalmente, 1800 r.p.m. Hasta potencias de 200 HP, los motores son refrigerados por aire.

Estos motores tienen la ventaja de alcanzar rápidamente su temperatura de régimen y de no necesitar líquido de refrigeración; sin embargo tienen el limitante de no lograr refrigeración uniforme en todos los cilindros.

Los motores Diesel con refrigeración por agua existen para todas las potencias requeridas. Precisan de un equipo de refrigeración, del que se hablará más adelante, para absorber el calor desarrollado. La ventaja de estos motores es la refrigeración uniforme de todos los cilindros. Además, el precalentamiento del agua puede mejorar el tiempo de arranque del motor frío.

Las características de construcción son, además de la forma de refrigeración, el número y disposición de los cilindros, la carrera de los pistones y el cilindraje total. Es más corriente el empleo del sistema de 4 tiempos que el sistema de 2 tiempos.

Los motores Diesel sobrealimentados, con llegada de aire comburente a elevada presión, requieren un soplante o compresor accionado mecánicamente por el motor diesel o, más frecuentemente, por una turbina alimentada con los gases de escape. La compresión permite aumentar la potencia, sobre todo a grandes alturas. La refrigeración del aire de combustión, compensando la elevación de temperatura del aire debida a la compresión en el soplante, permite un mejor llenado de los cilindros y aumenta aún más la potencia.[6]

3.1.3.2 Sistema de arranque

Se ofrecen tres sistemas de arranque para la mayoría de los grupos electrógenos:

- Eléctrico.
- De aire.
- Hidráulico.

El sistema de arranque por aire, normalmente es utilizado cuando el ambiente de trabajo es una atmósfera explosiva, requiere un compresor pesado y voluminoso, así como un receptor para acumulación de aire; el arranque hidráulico raramente se utiliza en grupos electrógenos que dan servicio a edificios; por lo que no se ahondará en ninguno de los dos.

El sistema de arranque eléctrico es el más común debido a su diseño compacto, facilidad de instalación, además de un precio más ventajoso, la principal razón de su empleo es que el dispositivo puede estar constituído por piezas normalizadas y fáciles de suministrar, ya que también se utilizan en la técnica del automóvil. Además, la batería necesaria para el arranque puede emplearse también como fuente de corriente para la alimentación de los dispositivos de mando y control. De tipo apropiado, mantenidas correctamente y, sobre todo, provistas de un cargador adecuado, las baterías de plomo pueden funcionar con toda seguridad durante muchos años.[6]

3.1.3.2.1 Consideraciones sobre el arranque

La temperatura y frecuencia de arranque afectan la facilidad del mismo en los motores diesel.

El más importante es la temperatura ambiente. El motor diesel se basa en una alta temperatura desarrollada por la compresión de aire en el cilindro para su encendido. Cuando el motor está frío, el calor de compresión se pierde y por consiguiente el motor diesel debe arrancar durante un período de tiempo más largo o una velocidad más elevada, con el objeto de lograr la temperatura de encendido. La temperatura baja también afecta a la viscosidad del aceite de lubricación, lo que incrementa la demanda del torque de arranque.

El rendimiento de la batería queda reducido por temperaturas frías que disminuirán la capacidad de arranque posterior.

Si la frecuencia de arranque es demasiado grande comparada con el tiempo de funcionamiento del motor, las baterías pueden descargarse.[8]

3.1.3.2.2 Baterías

Las baterías por acumuladores de plomo son la fuente de energía más común para el sistema de arranque del motor. Este tipo de baterías poseen una alta capacidad de rendimiento y el mínimo costo inicial. Una buena regla de precisión es la de seleccionar una batería que porporcione no menos de dos minutos de arranque continuo a la temperatura ambiente más baja, para lo cual se seleccionarán baterías de mayor capacidad en Amperios-hora.

La batería de arranque debe estar siempre situada en lugares donde sea fácil de comprobar el nivel de agua, el estado de la carga y limpieza. El sitio debe ser lo más cercano posible al motor de arranque, para reducir la caída de voltaje y mantener las longitudes del cable a un mínimo. Todas las conexiones de cables deben ir ajustadas y cubiertas con una capa protectora de grasa para impedir la corrosión.

3.1.3.2.3 Carga de las baterías

Los cargadores lentos y continuos requieren normalmente una fuente de corriente alterna de 120 V o 210 V. La batería por acumulador de plomo tiene un voltaje flotante de 2.33 voltios por vaso.

Cualquier tipo de cargador de baterías utilizado debe ser capaz de limitar las corrientes máximas durante el ciclo de arranque o tener un relé para desconectar el cargador de la batería durante dicho ciclo. En aplicaciones donde un alternador accionado por motor y el cargador de baterías se utilicen conjuntamente, el relé de desconexión debe ser controlado para desconectar el cargador de baterías durante los períodos de arranque y marcha del motor.

No es conveniente que la carga de baterías se realice únicamente cuando el motor se encuentra en funcionamiento, ya que si un grupo electrógeno está supeditado a muchos arranques durante una avería intermitente del servicio de red pública, una insuficiente capacidad de la batería puede causar problemas de encendido.

Un cargador de baterías estará cumpliendo su función todo el tiempo si es alimentado desde un circuito que recibe energía tanto de la red pública, como de la red de emergencia.[8]

3.1.3.2.4 Calentador de agua del circuito

Uno de los dispositivos más comunes para el arranque es el calentador de agua del circuito exterior o camisas. Se recomienda normalmente este calentador para las temperaturas ambientales por debajo de 21,1 °C (70 °F) y es esencial para todas las instalaciones de arranque automático. El calentador de agua precondiciona al motor para un arranque rápido al mantener la temperatura del agua del circuito durante los períodos en que no funciona el motor. El calentador adecuado para una instalación debe mantener la temperatura del agua del circuito cerca de los 32,2 °C (90 °F).

3.1.3.3 Generador

Pueden ser de dos tipos: con y sin escobillas. El primero está restringido para aquellas aplicaciones en las cuales existe vapor explosivo. Por el contrario, el segundo tipo no posee anillos colectores y la transmisión de corriente rectificada al campo se realiza mediante dispositivos en estado sólido; se utiliza un generador giratorio de corriente alterna con rectificadores para la excitación del campo.

El voltaje del generador puede ser regulado mecánicamente o con elementos estáticos, que tienen una respuesta más rápida a las variaciones de carga.[7]

3.1.3.4 Regulador de Velocidad

Al analizar la carga, se debe considerar la tolerancia en frecuencia de la misma. Las revoluciones por minuto de un grupo electrógeno determinan la frecuencia del voltaje alterno generado. El regulador juega un papel principal en el control de frecuencia, por consiguiente, debe ser seleccionado minuciosamente. Básicamente existen tres tipos disponibles: mecánico, hidráulico y electrónico.

3.1.3.4.1 Regulador Mecánico

El regulador mecánico es el menos costoso. Generalmente proporciona +/- 0.25 % de control en frecuencia de estado estable. El cambio de frecuencia (grado de estatismo) desde vacío hasta carga total varía generalmente entre 3 % y 5 %. No obstante también se encuentran disponibles reguladores para regulaciones más exactas en algunos motores que tienen una regulación de velocidad de menos del 1 %. De esta forma, el regulador mecánico del motor puede satisfacer las necesidades de un alto porcentaje de aplicaciones.

3.1.3.4.2 Regulador Hidráulico

El control de frecuencia de estado estable es prácticamente similar al anterior, su ventaja radica en la facilidad para distribuir la carga total por igual o sobre una base de porcentajes, con otros motores equipados similarmente. El cambio de frecuencia desde vacío hasta carga total varía entre 0 % y 7 %. El tiempo de respuesta momentánea para cambios de carga grandes se diferencia muy poco del regulador mecánico; no obstante para cambios pequeños en la carga, este tipo de regulador no varía la velocidad ni la frecuencia.

3.1.3.4.3 Regulador Electrónico

El regulador electrónico posee varias ventajas sobre los otros tipos, su principal desventaja es su mayor costo.

El regulador electrónico duplica la acción del regulador hidráulico con una mejora significativa en el tiempo de respuesta momentánea para aplicaciones de carga, este regulador satisface las exigencias más elevadas de velocidad, resultando entonces el comportamiento completamente estático. Los golpes de carga, detectados eléctricamente en el lado del alternador, sólo tienen una mínima influencia sobre la velocidad de rotación. Este regulador puede ser utilizado en instalaciones múltiples de grupos electrógenos, es el único regulador capaz de efectuar una operación en paralelo sin caída de velocidad.

3.1.3.5 Regulador de Voltaje

El regulador de voltaje puede ser el mismo para los generadores con y sin escobillas. Pueden ser mecánicos o de estado sólido y de los siguientes tipos:

a) Voltaje constante
b) Voltios/Hertzios
c) Mecánico

El regulador de *voltaje constante* permite que el campo sea forzado hasta el punto de saturación para mantener el voltaje de línea, la desventaja de este regulador se aprecia en la aplicación de grandes cargas, ya que el motor se sobrecargará, con riesgo de quemarse.

El regulador *voltios por hertzios* permite al voltaje seguir la frecuencia proporcionalmente, hace a su vez que el motor se recupere más rápidamente de las cargas grandes.

El regulador de voltaje *mecánico*, común en instalaciones más antiguas, hoy en día ya no se utiliza, debido a la respuesta relativamente lenta y alta necesidad de mantenimiento.[8]

3.1.3.6 Panel de Control

Los dispositivos de medición que van montados en el panel de control de los grupos electrógenos son indispensables para el correcto funcionamiento del equipo.

El número, tipo y precisión de los instrumentos de medición suministrados en el panel de control dependen directamente de la marca del grupo electrógeno, los cuales influyen directamente en el costo del mismo. Un panel de control bien equipado dispone de:

- Voltímetro (uno o más).
- Amperímetro (uno o más).
- Frecuencímetro.
- Cuenta horas de funcionamiento.
- Voltímetro para las baterías.
- Velocímetro,
- Manómetro de aceite.
- Termómetro.
- Reóstato de ajuste del voltaje.
- Señales luminosas o audibles de alarma.
- Luces de iluminación del panel.
- Interruptor para parada de emergencia.
- Comandos de encendido y apagado manual.

3.1.3.7 Especificaciones Escogidas

Una vez seleccionado el tipo de grupo electrógeno: Caterpillar 3304 B, se deben comprobar las siguientes especificaciones mínimas:

- Motor a Diesel, enfriado por agua.
- Aspiración con turboalimentador.
- Ciclo: 4 tiempos.
- 4 Cilindros.

- Velocidad: 1800 rpm.
- Arranque eléctrico 24 V.
- Baterías de plomo-ácido (larga duración).
- Cargador eléctrico de baterías (de alta calidad).
- Calentador de agua de las camisas.
- Generador sin escobillas.
- Acoplamiento directo, de un cojinete.
- Detección de 3 fases.
- Desviación de onda: inferior a 5 %.
- Capacidad de conexión en paralelo: estándar.
- Regulador electrónico de velocidad.
- Regulador de voltaje montado en generador, voltios/Hz, inferior a +/- 0.5 %.
- Dispositivos de protección para sobrevelocidad, alta temperatura, baja presión de aceite.

* Panel de control con:
- Voltímetro digital con selector para las 3 fases.
- Amperímetro digital con selector para las 3 fases.
- Frecuencímetro digital.
- Cuenta horas de funcionamiento (digital).
- Voltímetro para las baterías (digital).
- Velocímetro (digital).
- Manómetro de aceite (digital).
- Termómetro digital.
- Reóstato de ajuste del voltaje.
- Señales luminosas o audibles de alarma.
- Luces de iluminación del panel.
- Interruptor para parada de emergencia.
- Comandos de encendido y apagado manual.

3.1.4 Ubicación

3.1.4.1 Requisitos de emplazamiento (un solo cojinete)

Las principales funciones de la bancada son:

- Soportar el peso total del grupo electrógeno.
- Mantener la alineación entre el motor, generador y equipo adicional.
- Aislar la vibración de origen del grupo electrógeno de las instalaciones próximas.

Se deben tener en cuenta las siguientes precauciones al diseñar los emplazamientos:

Calcular el peso de toda la instalación. Esto incluye el equipo adicional y el peso de todos los líquidos, el refrigerante, el aceite y combustible.

Ciertos tipos de suelo, tales como arcilla fina, arena suelta o bien arena cerca del nivel de agua del suelo, son particularmente inestables bajo cargas dinámicas y requerirán un asiento con una superficie incrementada sustancialmente. Se debe obtener información específica con respecto a la capacidad de resistencia del suelo en el lugar de trabajo.[8]

La base debe poder soportar el peso del grupo electrógeno sin flexionarse. Para determinar la presión ejercida por un grupo electrógeno, se usa la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{A}$$

En donde:

W = Peso (kilogramos).
A = Area (m^2).
P = Presión (kilopascales).

La presión debe ser inferior a la capacidad de carga del suelo o de la base.

Los generadores de un solo cojinete requieren una mínima atención a la alineación una vez que han sido montados adecuadamente y cuando el motor y el generador incorporan una base fabricada de canales de acero para el apoyo.

Para el diseño de una base de hormigón para para el grupo electrógeno, se debe considerar:

Las dimensiones de longitud y ancho del asiento o bancada deben ser superiores a las respectivas del grupo electrógeno en un mínimo de un pie (0,305 m.) en todos los lados.

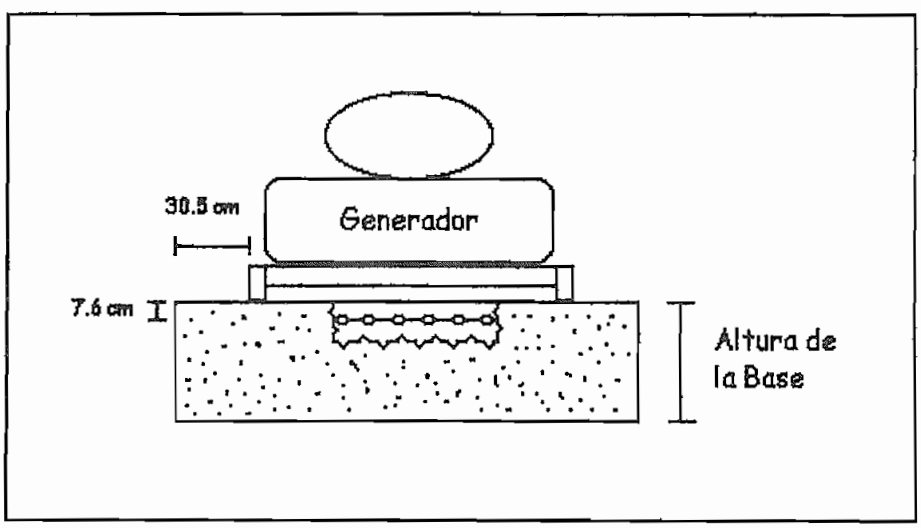


Figura 3.4.- Base de concreto para grupos electrógenos

El peso de la base debe ser por lo menos igual al peso del grupo electrógeno cargado con los fluídos necesarios. Para determinar la profundidad necesaria de la base, tomando en cuenta que se utilizarán aisladores de vibración, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$Altura\ de\ la\ base\ (m) = \frac{W}{D \times B \times L} \qquad (ec.3.1)$$

En donde:

W = Peso total (Kg) del grupo electrógeno cargado con fluídos.
D = Densidad del hormigón (2400 Kg/m^3).
B = Ancho de la base (m).
L = Largo de la base (m).

Esta ecuación supone una relación de la mezcla de 1:2:3 (cemento:arena:agregado) con asentamiento máximo de 101,6 mm y fuerza de compresión de 20,67 MPa (Megapascales) después de 28 días.

Según cálculos estructurales realizados, se debe reforzar la base con malla de acero calibre 8 o barras de refuerzo de acero calibre 6 colocadas horizontalmente sobre centros de 30,5 cm. Las barras deben estar embutidas en el hormigón a una profundidad mínima de 7,6 cm.

Si no se usan amortiguadores de vibración, el piso debe ser capaz de soportar un 125 % del peso del grupo electrógeno.

Si se conectan grupos electrógenos en paralelo, un posible desfasaje puede producir reacciones de torque. Para conexiones en paralelo, hay que diseñar las bases de manera que soporten el doble del peso de un grupo electrógeno cargado con fluídos.

3.1.4.2 Control de Vibración

Los grupos generadores de corriente de rotación rápida, tienen en su construcción estándard, el motor y el generador acoplados para formar una sola unidad, soportes de metal antivibratorio entre la unidad del grupo y el bastidor base de chapa de acero. De esta forma se amortigua eficientemente la transmisión de vibraciones de contacto sobre otras partes del edificio.

Al tratarse de grupos mayores, se colocan el motor y el generador rígidamente sobre el bastidor base. Tales grupos se pueden apoyar elásticamente sobre el fundamento por medio de varios elementos elásticos.

Los grupos electrógenos son capaces de soportar todas las vibraciones *autoin*ducidas y no se requiere ningún aislamiento con el único fin de prolongar la vida de servicio. Sin embargo, las vibraciones del equipo próximo, si son fuertes, pueden influir en un grupo electrógeno que esté sin funcionar durante largos períodos de tiempo. Los cojinetes pueden golpearse y averiarse si no se aislan estas vibraciones. El método para aislar la unidad es el mismo para las vibraciones exteriores que para las autoinducidas, es decir los aisladores de vibración.[8]

Hay disponibles muchos tipos de aisladores comerciales que proporcionarán varios grados de aislamiento. Los aisladores más eficaces son los de muelle de acero. Estos son capaces de conseguir un 96 % de aislamiento. Añadiendo un disco de goma debajo del aislador de muelle, las vibraciones de alta frecuencia que se transmiten a través de dicho muelle quedan también bloqueadas. Estas vibraciones de alta frecuencia pueden también producir un ruido molesto.[8]

Los grupos electrógenos deben llevar siempre acoplamientos flexibles fijados en todas las conexiones exteriores (combustible, agua, tubo de escape, conductos eléctricos, etc.). De lo contrario, se impedirá el aislamiento de la vibración, produciendo una avería en la conexiones externas.

3.1.4.3 Sistema de Refrigeración

Hay dos sistemas de enfriamiento, por aire y por agua.

3.1.4.3.1 Refrigeración por aire

Este sistema consiste en un ventilador que envía aire fresco a las aletas de refrigeración de los cilindros, saliendo el aire caliente por un conducto apropiado.

Al disponerse de salas suficientemente grandes y bien ventiladas se puede aspirar el aire refrigerante directamente desde el interior de la sala. Con respecto al caudal de aire refrigerante requerido en dependencia de la potencia del generador, se puede ver en la figura 3.5. Al existir salas menores, deberá tomarse el aire refrigerante desde el exterior, a través de una tubería.

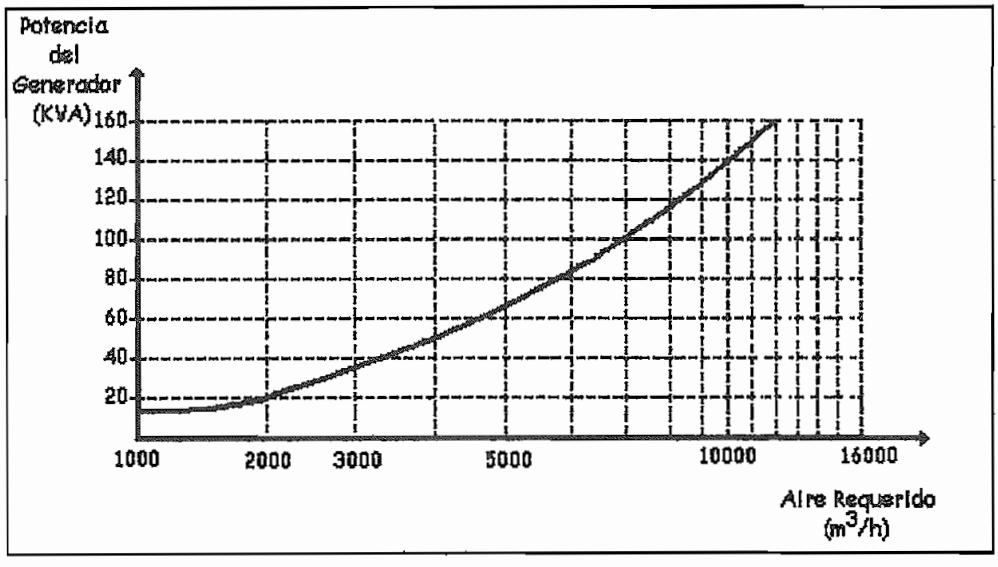


Figura 3.5.- Caudal de aire requerido para motores diesel refrigerados por aire.

En grupos electrógenos equipados con motores refrigerados por aire, con cilindros en línea existen tres posibilidades para la desviación del aire refrigerante: hacia arriba, hacia el lado o bajo piso.

En los grupos electrógenos con motores refrigerados por aire con cilindros en V, el aire refrigerante se desvía bajo piso.

3.1.4.3.2 Refrigeración por agua

El sistema de enfriamiento por agua puede ser de dos tipos:

a) *Radiador de panal.-* El empleo de radiadores de panal es aconsejable en especial en aquellos casos en los cuales no se dispone de suficiente cantidad de agua refrigerante o donde la alimentación y desvío de mayores caudales de agua implicaría dificultades.

El sistema con radiador consta de una bomba que es accionada por el motor, la cual hace circular el agua alrededor de los cilindros, pasando por el radiador, donde se enfría mediante un ventilador.

El radiador puede montarse directamente sobre el bastidor base del grupo. En tal caso resulta aconsejable colocar el grupo con el radiador hacia una abertura por la que se desvía el aire refrigerante a la atmósfera. Al existir una suspensión elástica del grupo, deberá intercalarse, entre el radiador y la pared, una pieza intermedia elástica.

Es esencial un suministro adecuado y continuo del aire de enfriamiento del radiador para el adecuado rendimiento de los sistemas de refrigeración. El aire frío se dejará entrar en el cuarto de motores a través de una segunda abertura en la pared, situada de forma que no se introduzca en la habitación el aire caliente de la salida del radiador ni del escape. La eliminación de calor radiante del grupo electrógeno se lleva a cabo también normalmente por el ventilador del radiador. En las aberturas de entrada y salida del aire se instalarán persianas.[8]

Si se utiliza un radiador montado en el motor, y el grupo electrógeno está instalado en el centro de la habitación, se empleará un ventilador impelente y se proporcionará un conducto hasta el exterior, esto evita la recirculación. El conducto debe ser tan corto y directo como sea posible y su sección transversal será del mismo tamaño o mayor que el núcleo del radiador y no se acoplará rígidamente al radiador.[8]

Cuando se trata de motores con sobrealimentación, se utilizan frecuentemente radiadores de panal de dos o de tres circuitos: Uno para el refrigerador del aire de sobrealimentación (circuito de refrigeración individual); y otro circuito individual se destina al refrigerador de aceite ya que el motor tiene un dispositivo de lubricación, del cual sale aceite a presión y pasa a través de los cojinetes del cigueñal a los ejes del pistón, a los engranajes de distribución y a otros elementos, con el fin de lubricarlos y enfriarlos. El aceite de circulación debe ser depurado mediante la utilización de filtros, y la refrigeración exterior sirve para evacuar el exceso de calor.

b) *Con intercambiador de calor*.- En este sistema, se diferencian dos circuitos individuales de agua: el circuito interior, con el agua circulante en el motor y el circuito exterior, con agua natural; el agua del circuito interior es enfriada por transferencia de calor a un líquido de temperatura inferior (agua del circuito exterior).

3.1.4.4 Aire de Combustión

Cuando se dispone de grandes salas, bien ventiladas, se puede aspirar el aire de combustión directamente desde la misma sala. Para filtrar el aire, se colocan normalmente filtros de aire en húmedo, ya que, por regla general, se puede suponer que las salas de instalación están libres de polvo. Cuando esto no sucede porque los grupos trabajan al aire libre, se utilizarán filtros de aire en

baño de aceite. Al utilizarse grupos en un ambiente muy cargado de polvo con efecto abrasivo (canteras, fábricas de cemento, etc.) se deberá efectuar un filtrado adicional ineludible, empleando filtros de combinación de ciclón y elemento de papel. Al aspirar el aire de combustión desde la misma sala de motores, se deberá tener en cuenta que no se aspire ningún aire caliente, ya que en tal caso se reduciría la potencia del grupo.[8]

Los motores diesel requieren un caudal de aire de combustión, cuyo valor se puede deducir del gráfico de la figura 3.6.

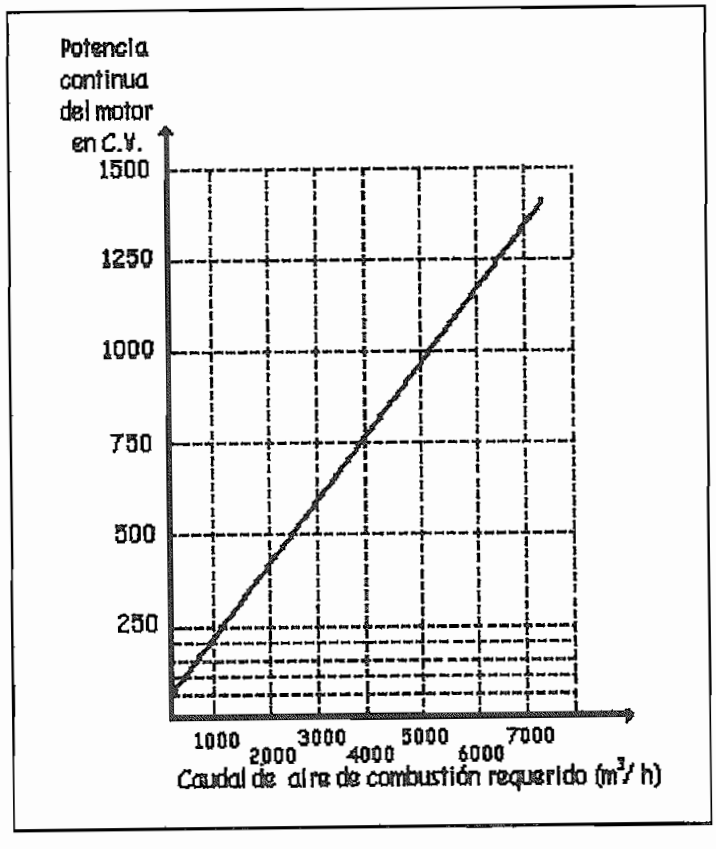


Figura 3.6.- Caudal de aire de combustión requerido

3.1.4.5 Aire para Ventilación

El motor diesel del grupo entrega hasta 5 % de su potencia como calor de irradiación a la sala. Esta cantidad de calor produciría, en caso de un funcionamiento prolongado, un calentamiento inadmisible para la sala de motores, razón por la cual es necesario tener una ventilación para la sala en la cual se instala el grupo, mayor al caudal de aire requerido en dependencia de la potencia del generador, según se puede observar en la figura 3.7. El caudal de aire requerido rige para una temperatura ambiente de 20 °C y un aumento admisible de 10 °C.

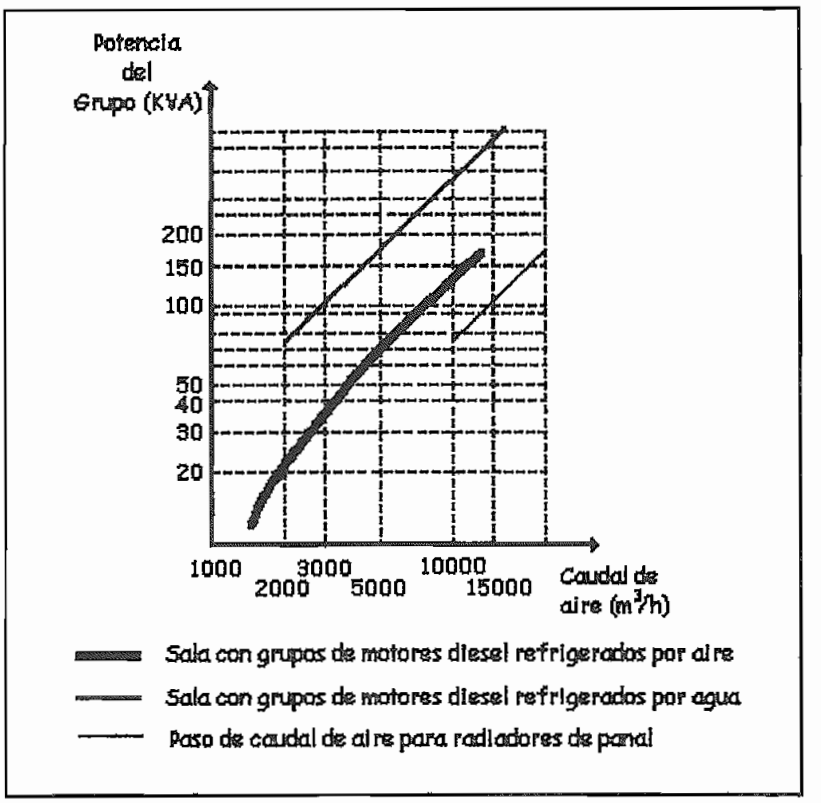


Figura 3.7.- Caudal de aire requerido para ventilación.

En los sistemas que utilizan radiadores montados en la pared o en el motor, con conductos hacia el exterior, el ventilador del radiador proporciona a menudo suficiente flujo de aire para ventilar el cuarto de máquinas. La abertura de ingreso del aire debe situarse para que proporcione el enfriamiento máximo posible en la vecindad del grupo electrógeno.

3.1.4.6 Sistema de Escape

La finalidad de un sistema de escape es recoger los gases de escape de los cilindros del motor y descargarlos lo más rápida y silenciosamente posible. Se debe tener cuidado en no restringir el flujo de gases, ya que origina pérdida de potencia y aumenta la temperatura de funcionamiento.

Se dispone de silenciadores del escape para reducir el nivel de ruido. El silenciador amortigua las pulsaciones del escape a niveles que no se consideren irritables dentro de la zona de ubicación del grupo electrógeno.

El silenciador debe situarse lo más cerca posible del grupo electrógeno. La elevada temperatura en este lugar impide que el carbón obstruya el silenciador. Frecuentemente se instalan en forma vertical, sobre el tubo de escape del motor, aunque pueden colocarse también en una sección horizontal del conducto de escape.

Se debe ubicar un tubo flexible (de acero inoxidable o equivalente) en la salida del escape del motor, para evitar que la vibración se transmita a la estructura y para permitir la expansión del sistema de escape cuando se calienta.

3.1.4.7 Combustible

Lo más recomendable es tener dos tanques: uno de uso diario y uno de almacenamiento, con el fin principal de mantener una reserva de combustible que garantice el suministro de energía eléctrica durante largos períodos de corte de la red pública.

El volumen del tanque diario deberá ser tal que garantice una operación continua de por lo menos 12 horas y el volumen del tanque de almacenamiento garantizará por lo menos seis volúmenes de tanque diario.

El tanque de uso diario se coloca a un nivel superior del ingreso de combustible al motor, se tendrá cuidado para mantener el nivel del combustible inferior al nivel de los inyectores de combustible a fin de evitar las fugas; en estas condiciones, la alimentación se realiza por gravedad; a su vez, el tanque de uso diario recibe el combustible automáticamente, desde el tanque de almacenamiento, mediante la acción de una bomba eléctrica para diesel, que está comandada por un interruptor acoplado al flotador del tanque diario. Se recomienda instalar una tubería entre el tanque diario y el tanque de almacenamiento, de forma que sirva para vaciar el combustible sobrante en el caso de que el depósito esté demasiado lleno y, además para la aireación.

Para el control del consumo, los tanques deben ir provistos de un indicador de nivel con una escala legible.

Al tanque de uso diario se conectan las tuberías que conducen el combustible al motor. El diesel excedente suministrado por la bomba de alimentación del motor vuelve al depósito general por medio de otra tubería.

El funcionamiento correcto del motor diesel se logra con la inyección justa y en el momento preciso, del combustible; siendo la presión de inyección elevada, se introduce en el cilindro con aire comprimido. Cada cilindro tiene su propia bomba de inyección elemental, accionada por el árbol de levas que controla la distribución adecuada. Para no tener problemas con las bombas de inyección, el combustible que se usa debe estar libre de impurezas.

Los depósitos de hierro negro son apropiados para el almacenamiento del combustible diesel. No se deben utilizar tanques galvanizados ni tubería galvanizada para el traslado de combustible ya que pueden formarse contaminantes por la reacción con las impurezas del combustible.

3.1.4.8 Ubicación dentro del Telepuerto del Proyecto

El grupo electrógeno Caterpillar 3304 B posee las siguientes dimensiones:

Largo total : 2.56 m.
Alto total : 1.48 m.
Ancho total : 1.22 m.
Peso, seco : 1678 Kg.
Peso, fluídos : 1800 Kg.

La base de hormigón que se deba construir será de 3.16 m de largo por 1.82 m de ancho y su altura será, (según ecuación 3.1, de la página 68):

$$Altura\ de\ la\ base\ (m) = \frac{W}{D*B*L} = \frac{1800}{2400*1.82*3.16} = 0.13\ m$$

Esta base será construída de hormigón reforzado con malla de acero.

El grupo electrógeno estará soportado directamente por aisladores de vibración de muelle de acero, 2 por lado, 4 en total, ubicados en los huecos que trae la base de hierro tipo patín para tal efecto.

El grupo electrógeno llevará acoplamientos flexibles para todas las conexiones exteriores: combustible, agua, tubo de escape, conductos eléctricos.

Para el sistema de enfriamiento, se seleccionará un grupo electrógeno enfriado por agua, es decir está provisto con un radiador de panal y un ventilador, que realizarán el intercambio de calor entre el agua refrigerante y la atmósfera; por lo que se debe tener previsto una toma de aire fresco, a través de ventanas con persianas, ubicadas en la parte superior del cuarto de generadores. La eliminación del calor radiante también se la realiza a través del radiador, por lo que éste tendrá un ducto con persianas directo hacia afuera del cuarto de

generadores, de tal manera que este aire caliente no vuelva a ingresar al generador.

Se usarán dos depósitos para el combustible: El tanque de almacenamiento principal, que por ahorro de espacio estará ubicado dentro de un compartimiento, bajo la superficie del cuarto de máquinas y un tanque de uso diario, que será el encargado de enviar el combustible al grupo generador por efecto gravedad. Debido a que el tanque de almacenamiento estará bajo la superficie, se usará una bomba para diesel de 1.5 Kw, 110 V_{AC}, con el fin de enviar el combustible hasta el tanque de uso diario

3.1.5 Tablero de Transferencia

El único método realmente confiable para realizar la transferencia de carga desde la fuente normal hacia la de emergencia, cuando falla la primera, es mediante un tablero de transferencia automática. Este tablero realiza la transferencia, y además controla el arranque del grupo electrógeno. Realiza la transferencia cuando este tablero determine que los parámetros de voltaje y frecuencia son los apropiados.

Para el caso específico de un Telepuerto Satelital, es imposible pensar en abaratar costos en la transferencia, al hacerla en forma manual, ya que existiría una dependencia directa de la transmisión de comunicaciones con el correcto desempeño de un operador en casos de corte de energía, lo que no es aceptable desde ningún punto de vista.

3.1.5.1 Requerimientos del Tablero de Transferencia Automática

Puesto que el tablero de transferencia automática es el corazón del sistema de emergencia, se debe ser exigente en el momento de su elección, los requerimientos mínimos necesarios son:

a) Detectar una caída de voltaje bajo un límite, el mismo que puede

ser ajustado de acuerdo a los requerimientos del usuario final; para el caso del Telepuerto será de +/- 10 %, el monitoreo se hará en cada una de las tres fases en forma independiente.

b) El monitoreo de ausencia de voltaje de la red pública, debe tener un tiempo de retardo ajustable para evitar arranques por fallas transitorias, en el caso del Telepuerto, 30 segundos.

c) Tiempo de enfriamiento programable, para que el motor funcione en vacío durante un tiempo ajustable una vez que la red pública se ha reestablecido, en el caso del Telepuerto, 10 minutos.

d) Período mínimo de tiempo de funcionamiento del generador, ajustable, una vez que se ordenó su encendido.

e) Tiempo de retardo ajustable para retransferir la carga hacia la red pública, con el objeto de que no existan varias transferencias innecesarias en corto tiempo, aproximadamente será de 5 minutos, en el Telepuerto.

f) Monitoreo de voltaje y frecuencia que entrega el generador.

g) Luces indicativas del estado de funcionamiento.

h) Switch selector de 4 posiciones: Prueba, automático, apagado y arranque.

i) Programador calendario, de tal forma que se pueda establecer un día a la semana, en el cual, automáticamente se encenderá el grupo electrógeno independientemente de la presencia de la red pública, con el objeto de que todo el sistema esté funcionando correctamente cuando sea requerido. Esta prueba tendrá la opción de ser ejecutada con transferencia de carga o sin ella.

3.1.6 Diseño de Alimentadores del Grupo Electrógeno del Proyecto

Se debe tener en cuenta que el grupo electrógeno tiene una potencia efectiva en Quito de 100 Kw. o 124 Kva., y que el tablero de transferencia automática estará ubicado a 7 m. desde la salida del generador, de la ecuación 2.1, página 16, se determina:

$$A = \frac{100000 * 7}{56 * 2.1 * 210} = 28.35\, mm^2$$

En la ecuación 2.2, página 16:

$$I = \frac{124000}{\sqrt{3} * 210} = 340.91\, A$$

Con los resultados obtenidos, al compararlos con los valores proporcionados por la tabla de conductores tipo TTU de Cablec, se llega a determinar que el valor limitante es el de la capacidad de corriente.

En la tabla mencionada anteriormente, se observa que el cable No. 2/0 AWG tiene una sección aproximada de 67.35 mm cuadrados y una capacidad de conducción de 175 amperios, por lo que se utilizarán 2 conductores de este tipo en cada fase, con lo que se satisfacen los cálculos iniciales.

Resumiendo, la acometida entre el grupo generador y el tablero de transferencia será:

Alimentadores: 3x(2x2/0)+2/0 AWG con cable de cobre tipo TTU

3.2 Unidad de Energía Ininterrumpible (U.P.S.)

Los sistemas de alimentación ininterrumpida, más conocidos por sus siglas en inglés U.P.S. (Uninterruptible Power Supply), tienen como característica específica su capacidad para mantener la alimentación de la carga en ausencia de red durante cierto tiempo llamado de autonomía, que suele estar comprendido entre 10 minutos y varias horas.

Los sistemas UPS se han convertido en una necesidad para alimentar sistemas pequeños y grandes en los que la aplicación sirve a cargas críticas, en las cuales la interrupción de la energía eléctrica pone en riesgo la seguridad de las personas u origina pérdidas monetarias o de información, en instrumentos médicos, sistemas de telecomunicaciones, circuitos de luces de emergencia, circuitos de protección y monitoreo, etc.

3.2.1 Principio de Funcionamiento

Los tres conceptos básicos que se tienen en cuenta son:

* Continuidad en la provisión de energía.
* Calidad de la onda de voltaje.
* Tasa de disponibilidad (confiabilidad).

En vista de los eventos que pueden ocurrir en una red, tan confiable como ésta pueda ser, la continuidad en la provisión de energía, solo se puede asegurar con el almacenamiento de energía suficiente para superar tanto las microinterrupciones como las fallas de corriente de varios minutos. Obviamente, esto implica el uso de baterías.

El concepto de calidad de la onda de voltaje expresa un grado de estabilidad y neutralización de armónicos, implicando una total independencia de la red, la cual es frecuentemente contaminada por otros usuarios.

Finalmente, la tasa de disponibilidad, implica el uso de elementos confiables que requieran poco o ningún mantenimiento, y que en todo caso puedan ser reparados o cambiados en pocas horas.

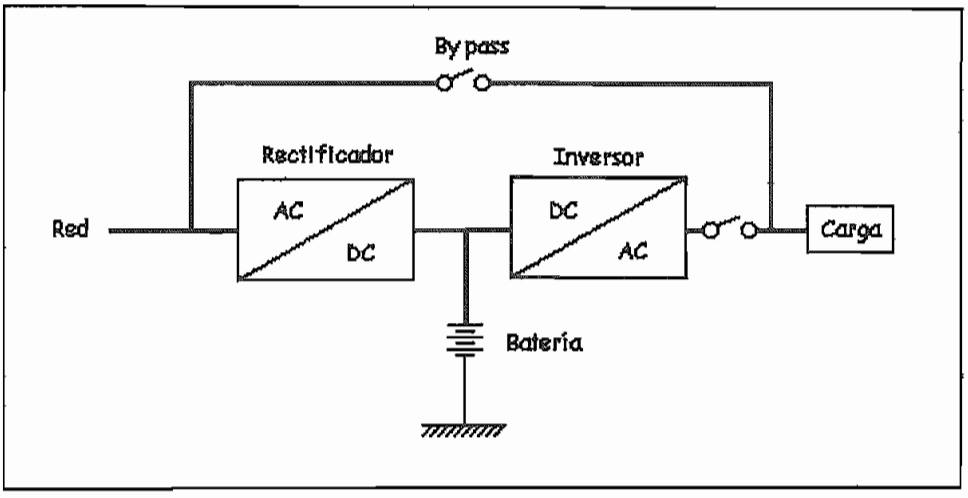


Figura 3.8.- Esquema básico de un UPS

Como se muestra en la figura 3.8, un UPS se compone básicamente de un rectificador cargador (convertidor AC/DC), una fase intermedia en DC (batería) y el inversor (convertidor DC/AC). Cuando está en funcionamiento la red normal, la energía es transmitida hacia la carga a través del rectificador y del inversor, mientras que las baterías se mantienen recargadas en su estado de "flotación", es decir listas para su uso. Cuando la red pública falla (por períodos cortos o largos), el rectificador se vuelve inactivo y las baterías proporcionan energía a la carga a través del inversor. Cuando se repone la red, el rectificador reasume su operación: transmite nuevamente energía al inversor y adicionalmente recarga las baterías. Durante el mantenimiento o cuando se produce sobrecarga, la carga puede ser alimentada directamente desde la red mediante un circuito de bypass. Esta configuración puede funcionar en dos modos básicos: en línea y fuera de línea.

El elemento más importante del UPS es el inversor, que independientemente del tipo de elemento de conmutación, puede adoptar en su circuito de potencia tres configuraciones básicas:

a) *Inversor con transformador en toma media.*

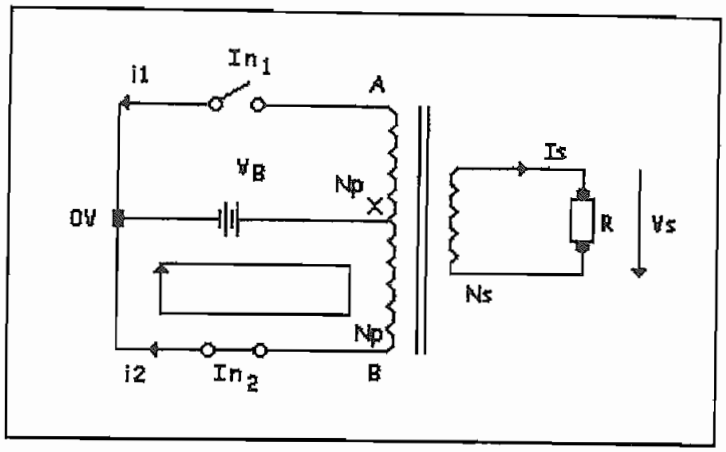


Figura 3.9.- Inversor con transformador en toma media

La batería se conecta por uno de sus polos al punto medio del primario de un transformador. El otro polo se conecta alternativamente a uno u otro extremo del primario mediante los interruptores In_1 e In_2, que en la realidad serían transistores o tiristores. Esta operación se repite de acuerdo a la frecuencia de salida.

Esta configuración no es apta para potencias altas porque el primario del transformador tiene un bajo coeficiente de utilización.

b) *Inversor con batería de toma media.*

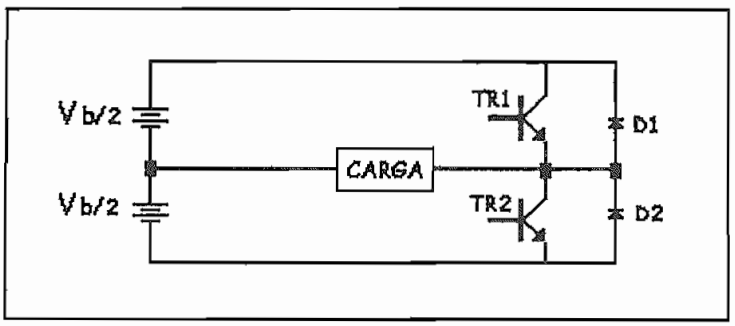


Figura 3.10.- Inversor con batería de toma media.

La batería tiene una toma a la tensión media permanentemente conectada a un extremo de la carga; el otro extremo de ésta se conecta alternativamente al positivo y al negativo de la batería mediante transistores o tiristores.

El voltaje de salida resultante es una onda cuadrada, cuya amplitud es la mitad del valor de la batería. La forma de onda de la corriente de carga depende de ésta.

Es un inconveniente el hecho de necesitar una toma media en la fuente, sobre todo cuando ésta se halla alejada del equipo.

c) *Inversor en puente monofásico y puente trifásico.*

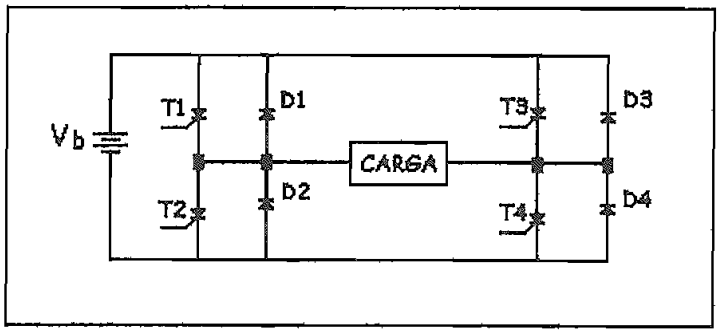


Figura 3.11.- Inversor tipo puente

Está formado por dos ramas de semiconductores, similares a la de la configuración anterior, para cada fase.

La carga está conectada a los puntos medios de las dos ramas. Disparando T_1 y T_4, el voltaje aplicado a la carga es V_b. Bloqueando aquellos y disparando T_2 y T_3, el voltaje pasa a ser $-V_b$. Alternando éstos dos casos, se obtendrá una forma de onda cuadrada para el voltaje de salida.

3.2.2 Tipos de UPS por su topología

Si bien existen en el mercado una gran variedad de equipos, topológicamente los UPS pueden ser de tres tipos básicos:

- Fuera de línea con rectificador.
- Fuera de línea con regulador de voltaje.
- En línea de doble conversión.

3.2.2.1 UPS Fuera de Línea con Rectificador

Llamados SPS (Stanby Power Supply), UPS Off Line o EPS (Emergency Power Supply).

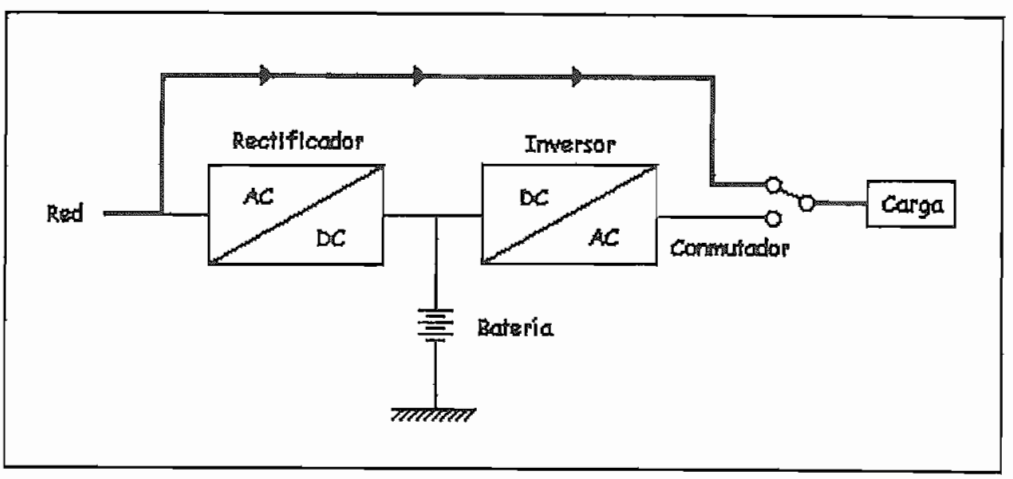


Figura 3.12.- Flujo normal de energía de un UPS fuera de línea.

En la figura 3.12 se puede observar el flujo de energía cuando existe presencia de red pública. Los UPS fuera de línea, actúan en forma similar a los sistemas de iluminación de emergencia, cuando la red pública está presente mantienen las baterías cargadas mediante un pequeño rectificador incapaz de suministrar la energía que requiere el inversor.

No protegen a la carga de fluctuaciones de voltaje o ruidos eléctricos. Cuando se produce un corte de energía, se conecta la carga a la energía de las baterías, produciéndose un lapso de tiempo de unos diez milisegundos, tiempo en el cual la carga se encuentra sin alimentación, lo que ocasiona pérdida de información.

Esta disposición no brinda aislamiento de la carga respecto a la línea en operación normal, por lo tanto, la carga está expuesta a cualquier problema que se origine en la red. Además, tiene gran dependencia en la eficiencia del conmutador y en las conmutaciones se producen transitorios.

3.2.2.2 UPS Fuera de Línea con Regulador[9]

Para mantener un buen voltaje en la carga, con red presente, algunos UPS fuera de línea disponen de estabilizadores de red de distintos tipos.

a) *Ferroresonante.-* Estos UPS constan de un inversor de onda cuadrada o modulada con un transformador ferroresonante a la salida. La estabilización del voltaje de salida, tanto con red presente como en baterías se establece por resonancia entre un condensador y una bobina en paralelo obtenida por saturación del hierro del transformador. Normalmente la red alimenta a la carga a través de la línea ferroresonante, mientras el inversor carga la batería, trabajando como rectificador gracias a un desfase adecuado entre el voltaje de salida y las ondas de excitación del inversor. Si falla la red, el inversor pasa automáticamente a suministrar energía desde la batería.

b) *Interactivo.-* A diferencia del UPS anterior, este circuito libera al núcleo de la saturación realizando la estabilización de voltaje, no por ferroresonancia, sino por un efecto de divisor de voltaje inductivo. El control de flujo de energía en este tipo de UPS se realiza por desplazamiento de la señal de salida del inversor, hasta

lograr que se encuentre en fase. El sistema de potencia consiste en un inversor acoplado con la línea a través de una inductancia. La carga se conecta directamente a la salida del inversor, esto permite que el inversor esté operando en sincronismo con la línea.

3.2.2.3 UPS En Línea de Doble Conversión[9]

La carga es alimentada normalmente por la línea rectificador-inversor. El rectificador además carga o mantiene cargadas las baterías.

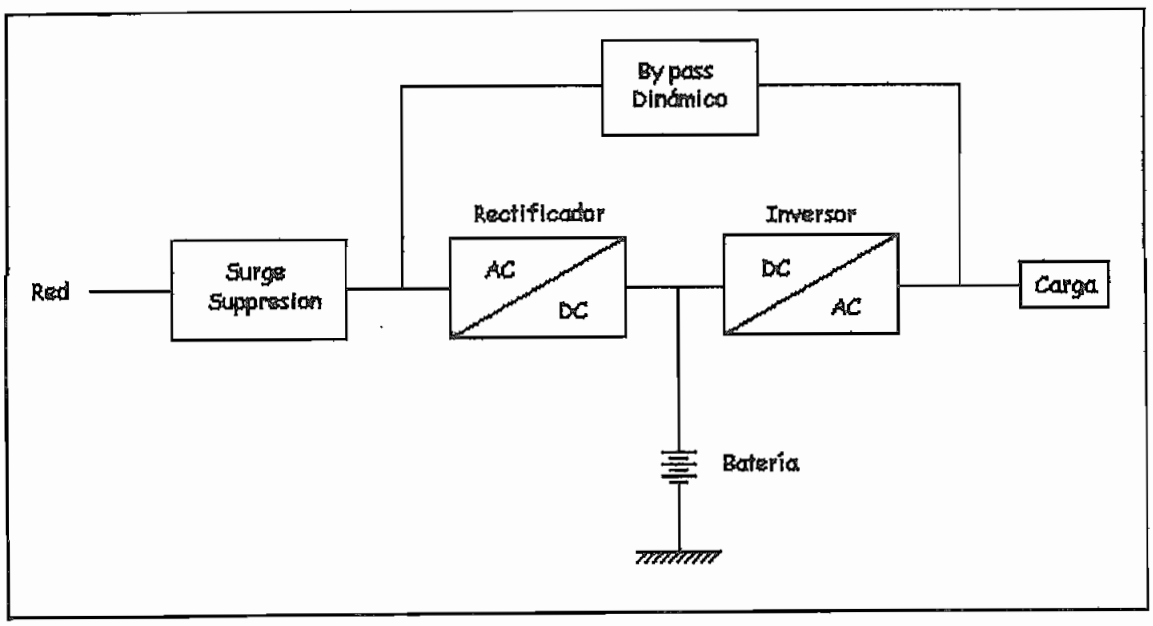


Figura 3.13.- Diagrama de un UPS EN LINEA

Este tipo de arquitectura brinda aislamiento total entre carga y red, en modo normal de operación. Requiere dos bloques de conversión de energía. Estos UPS, en verdad trabajan como tales, están continuamente en línea (On line UPS o "true" UPS), son ininterrumpibles realmente. La energía eléctrica se convierte en todo instante de alterna a continua y luego nuevamente es invertida a alterna, de tal forma que la fuente DC está siempre conectada a la batería; entonces la batería no necesita ser conmutada en el instante en que existe un corte de energía.

El bypass dinámico actúa en condiciones de falla interna, puenteando el rectificador-inversor, para permitir su revisión y reparación.

La tecnología de estos UPS logra que el voltaje sea una perfecta onda senoidal, eliminando las pequeñas fluctuaciones, que se les escapan a las tecnologías anteriores. Solo este tipo de tecnología consigue regulación de frecuencia, condición esencial para el uso con generadores de respaldo.

3.2.3 Dimensionamiento

Para determinar la capacidad del UPS que necesitamos, se deben seguir los siguientes pasos:

a) Realizar un listado de todos los equipos a ser protegidos por el UPS.

b) Para todos los equipos listados en el paso anterior, se debe obtener el valor de potencia de consumo del mismo, o valores que puedan reemplazar a éste como el voltaje de funcionamiento y la corriente eléctrica que consumen en operación. Estos datos deben ser lo más cercanos a la realidad, por lo que se recomienda tomar los mismos de placa del equipo o de los manuales. De no ser posible esto, se debe aplicar el criterio de diseño para determinar un valor cercano a la realidad, evitando sobre dimensionamientos innecesarios. La potencia de todos los equipos deberá ser expresada en watios.

c) Al existir varios equipos de un mismo tipo, se puede utilizar un factor de simultaneidad, lo que dependerá del criterio de diseño y de la forma en que se usan los equipos que serán protegidos por el UPS. En el caso de un Telepuerto Satelital, todos los equipos están funcionando a la vez y durante las 24 horas del día, por lo que el factor de simultaneidad recomendado es 100 %.

d) Se realiza la sumatoria de las potencias de todos los equipos, tomando en cuenta el factor de simultaneidad..

e) Debido a que nada es estático, se debe tener en cuenta un factor de crecimiento, ya que ningún equipo se debe dimensionar solamente para el momento actual, siempre se debe proyectar su utilización para un futuro mediato. Nuevamente, este factor dependerá del criterio de diseño y de las condiciones de crecimiento que se observen en los equipos.

f) Al multiplicar el factor de crecimiento por el total de la potencia de los equipos, tendremos la potencia real requerida, si este valor se divide para el factor de potencia, tendremos los VA requeridos, que será el valor mínimo que ofrezca el UPS a seleccionar.

3.2.3.1 Dimensionamiento del UPS del Proyecto

A continuación se presenta el estudio de carga para el dimensionamiento del UPS específico que servirá a las cargas críticas del Telepuerto en estudio.

ESTUDIO DE CARGA INSTALADA Y DEMANDA MAXIMA U.P.S.								
NOMBRE DEL PROYECTO: TELEPUERTO SATELITAL								
No.	DESCRIPCION	CANT (u)	POT.NOM (w)	POT.TOT (w)	FFUn (%)	CIR (w)	FSn (%)	DMU (w)
1	Rack primer HPA (1+1)	1	6000	6000	100	6000	100	6000
2	Rack segundo HPA (1+1)	1	2000	2000	100	2000	100	2000
3	Unidad de Disco y Cinta HNS	1	600	600	100	600	100	600
4	Bus VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
5	CPU VAX HNS	1	500	500	100	500	100	500
6	Rack X.25	1	5700	5700	100	5700	50	2850
7	Rack Control Antena	1	500	500	100	500	50	250
8	Rack de Convertidores	1	600	600	100	600	100	600
9	Rack de F.I. (HNS)	1	2200	2200	100	2200	100	2200
10	Rack de B.B.	1	2600	2600	100	2600	100	2600
11	Rack de radios	2	625	1250	100	1250	100	1250
12	Rack de Modems I.D.S.	1	1200	1200	100	1200	100	1200
13	Presurizador	1	50	50	100	50	100	50
14	Central telefónica Voz VSAT	1	1000	1000	100	1000	100	1000
15	Illuminet	1	400	400	100	400	100	400
16	Monitor VAX	1	200	200	100	200	100	200
17	Monitoreo GDC	1	400	400	100	400	100	400
18	Computador de tarifación	1	400	400	100	400	100	400
19	Monitoreo PABX	1	300	300	100	300	100	300
20	Mux GDC	1	625	625	100	625	100	625
21	Rack SCPC primera antena	2	1500	3000	100	3000	100	3000
22	Rack SCPC segunda antena	1	1500	1500	100	1500	100	1500
23	Rack Mux SCPC	1	3500	3500	100	3500	100	3500
24	Sistema contra incendio	1	400	400	100	400	80	320
25	Centro de monitoreo y control	1	400	400	100	400	100	400
	T O T A L E S			35825		35825		32645

FACTOR DE DEMANDA	FDM=DMU/CIR	0.91
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA	FP	0.90
DEMANDA MAXIMA UNITARIA	DMU (KVA)	36.27
PORCENTAJE DE CRECIMIENTO 10 A	10%	1.10
DEMANDA MAXIMA UNITARIA PROYECTADA	DMUp(KVA)	39.90

En donde:

CANT. = Cantidad
POT. NOM. = Potencia Nominal
POT. TOT. = Potencia Total
FFUn = Factor de uniformidad
CIR = Carga instalada
FSn = Factor de simultaneidad
DMU = Demanda máxima unitaria

Tabla 3.3.- Estudio de demanda para la determinación de la capacidad del UPS.

De acuerdo al cálculo anterior, se escoge un UPS en línea de doble conversión de 40 KVA de potencia.

3.2.4 Configuraciones

Los UPS, como todo equipo eléctrico o electrónico creado por el hombre, no son perfectos y pueden fallar; debido a que en un Telepuerto Satelital, todos los equipos de comunicación están conectados al UPS, al fallar éste, originaría que todos los procesos sufran un corte. En previsión de esto, existen configuraciones o formas de interconexión que aseguran mayor confiabilidad en el servicio, ya que se basan en la redundancia del UPS.

3.2.4.1 Redundancia Aislada

Para conseguir una redundancia aislada, se deben tener dos UPS de igual capacidad, y por lo menos uno de ellos debe tener una configuración interna de doble entrada. El esquema de conexión se observa en la figura 3.14.

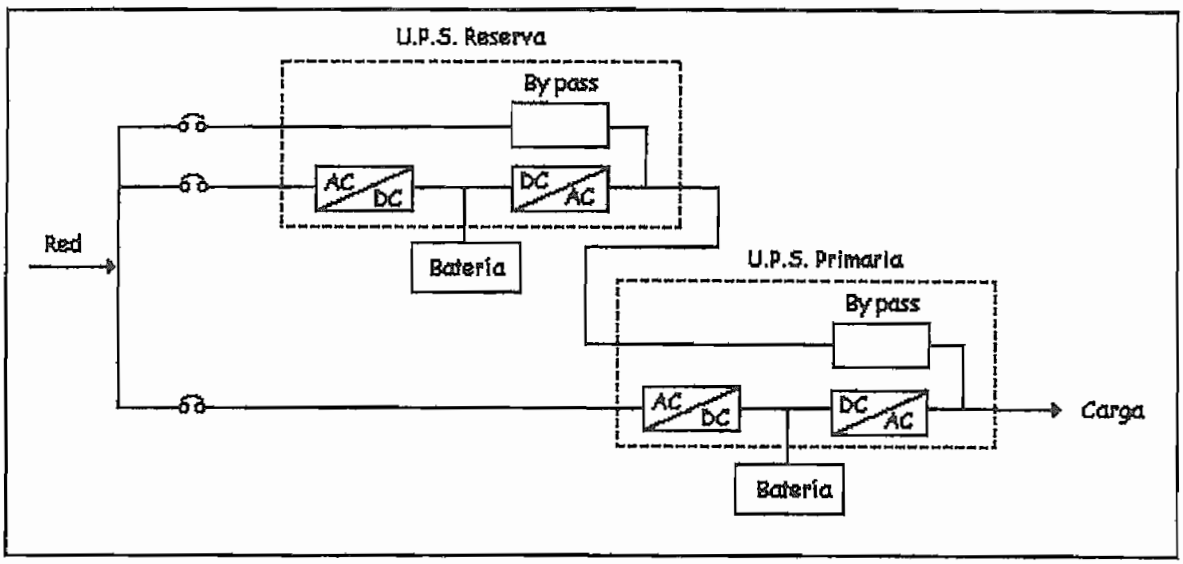


Figura 3.14.- Redundancia Aislada para UPS.

Según se observa en la figura 3.14, existe un UPS primario, que es el que está siempre soportando toda la carga y el que necesariamente debe ser de doble entrada. Si éste UPS falla por cualquier razón, se activa el by pass interno, que conmuta la alimentación hacia la segunda entrada, en una instalación simple, en ésta segunda entrada estaría la red eléctrica pública, por lo que los equipos quedarían sin protección ante la posibilidad de cualquier corte. Gracias a este tipo de configuración, en la segunda entrada estará la salida del UPS de respaldo o reserva, que siempre se encuentra en stand by e inmediatamente alimentará a la carga crítica, protegiéndola de cualquier eventualidad mientras se repara la unidad principal.

3.2.4.2 Redundancia Serie.

Los UPS deben ser de igual capacidad y únicamente de entrada simple. Como su nombre lo indica, las unidades se conectan en serie, según se puede observar en la figura 3.15.

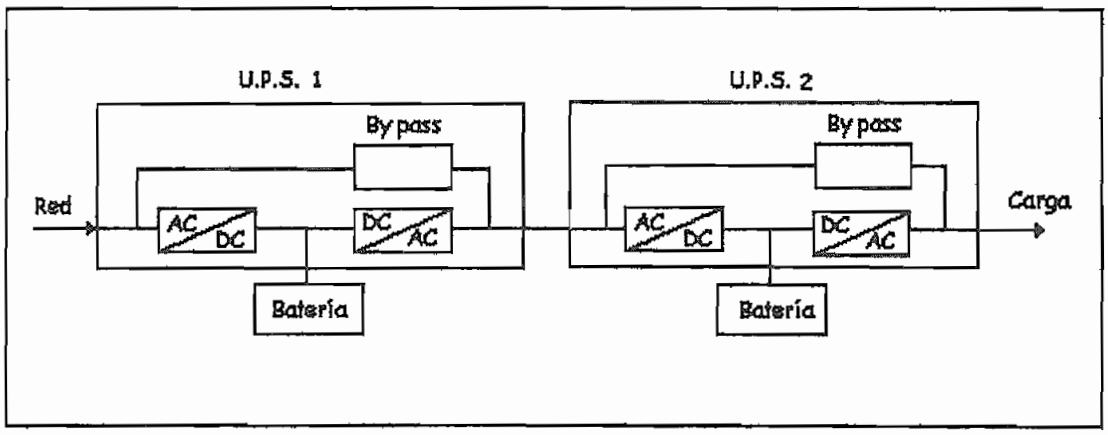


Figura 3.15.- Redundancia Serie para UPS.

En este esquema de conexión, las dos unidades están funcionando siempre y la carga tiene una doble protección.

Debido a que las dos unidades están conectadas el 100 % del tiempo, puede fallar cualquiera de ellas y automáticamente se activaría el by pass interno. En este caso el flujo de corriente hacia la carga crítica estaría pasando solamente por una de las unidades, pero la protección sigue siendo total.

Debido a que las dos unidades están funcionando siempre, el problema que presenta ésta configuración es que existe una posibilidad de que las dos unidades fallen a la vez o con un intervalo de tiempo pequeño que no permita la reparación de la unidad que falló primero y se pierda toda la protección a la carga.

3.2.4.3 Redundancia Distribuída.

Es un caso especial de la Redundancia Serie, como se observa en la figura 3.16, ya que la concepción es la misma, es decir tener dos unidades conectadas en serie; la variación se da en el hecho de que la segunda unidad no es una, sino son varias de una capacidad mucho menor y que se encuentran distribuídas, protegiendo cada una a ciertos equipos, de acuerdo a su capacidad.

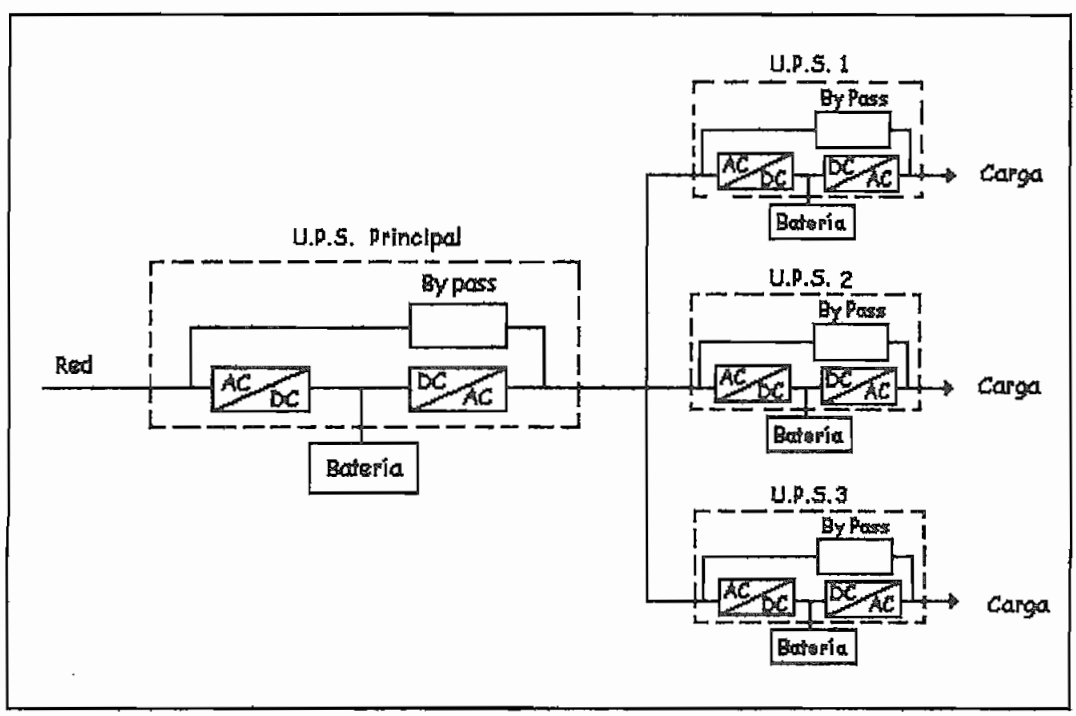


Figura 3.16.- Redundancia Distribuída para UPS.

En el caso específico de un Telepuerto Satelital, todos los equipos se encuentran agrupados por clases y distribuídos en racks estandarizados de 19 pulgadas de ancho. Se puede aprovechar esta distribución y ubicar UPS pequeños adecuados para ser instalados en rack, con capacidades adecuadas de acuerdo a la carga que van a servir. Para completar la redundancia, la alimentación que reciban éstos UPS, será de un UPS centralizado y de capacidad adecuada.

Esta configuración nos presta la facilidad de mantenimiento, reemplazo y crecimiento de las unidades más pequeñas, además de que al existir una falla en un rack, ocasionaría solamente el daño en un UPS pequeño, que podría ser reemplazado inmediatamente.

3.2.4.4 Configuración para el Telepuerto del Proyecto

Debido al carácter crítico de las cargas alimentadas por el UPS del Telepuerto, y a la facilidad de empezar por una configuración inicial mínima e implementar en el futuro una configuración completa, la configuración escogida para el Telepuerto será una Redundancia aislada, para lo cual el UPS que se instale en principio será uno de 40 KVA de potencia y que posee doble entrada, de la serie 300 DT de Liebert.

3.2.5 Ubicación

Al hablar de un UPS que sirve a varios equipos, se tiene un sistema de distribución de energía eléctrica centralizado, es decir el UPS debe ser colocado en lo posible, en el centro de carga. En el caso de un Telepuerto Satelital, el UPS servirá únicamente a los equipos instalados dentro de la Sala Operativa, por lo que puede existir cierta variación en la ubicación del mismo, sin ser una obligación el que el UPS se encuentre físicamente en el centro de carga; su ubicación final, más bien dependerá de un conjunto de condicionantes que deben ser analizados a la vez, como:

- Disponibilidad física para la ubicación de los equipos a servir.

- Disponibilidad física para crecimiento futuro, es decir, espacio suficiente para la instalación posterior de nuevas unidades.

- Disponibilidad física para la ubicación del banco de baterías.

- Análisis del posible recorrido de alimentadores hacia los equipos a proteger.

Una vez definida la ubicación del UPS dentro de la Sala, se debe tener en cuenta que ésta debe tener piso falso para facilitar la instalación de los alimentadores y el suministro de aire acondicionado a los equipos; por lo tanto en el sitio a instalar el UPS, se deberá sustituir el piso falso por una base de hormigón que soporte el peso total del UPS, y que sea construída del tal forma que facilite el ingreso y salida de cables del UPS y cuyo nivel de terminado sea el mismo del piso falso.

Para calcular las dimensiones y el peso que soportará la base, se deben tener en cuenta los datos que proporcionan los manuales de la unidad seleccionada para ser instalada.

3.2.6 Especificaciones

El UPS debe cumplir o exceder las siguientes especificaciones:

ENTRADA

- Entrada al rectificador: 3 fases, 3 hilos más tierra.
- Entrada de by pass: 3 fases, 4 hilos más tierra.
- Rango de voltaje: 208 V, + 10 %, - 15 %.
- Frecuencia: 60 Hz, +/- 5 %.
- Factor de potencia: 0.8.
- Corriente límite: 125 % de la corriente nominal máxima.
- Distorsión de corriente: distorsión de armónicos 10 % THD con carga completa.

SALIDA

- Configuración: 3 fases, 4 hilos más tierra.
- Regulación de voltaje: +/- 1 % para carga balanceada.
- Desbalance en voltaje:

  1 % con carga balanceada.

  1 % con 20 % de carga desbalanceada.

  2 % con 50 % de carga desbalanceada.

  5 % con 100 % de carga desbalanceada.
- Rango de ajuste de voltaje: +/- 5 %.
- Frecuencia: 60 Hz +/- 0.1 %.
- Tasa de variación de la frecuencia: Seleccionable entre 0.1 hasta 1 Hz por segundo.
- Capacidad de sobrecarga: 125 % por 10 minutos.

  150 % por 30 segundos.

3.2.7 Tablero de Distribución

El tablero de distribución, no será más que un tablero con capacidad para contener los breakers de protección individual para cada circuito, que en el caso del telepuerto, alimentará exclusivamente a un rack y su equipamiento.

Para el caso del UPS seleccionado, existe la posibilidad de solicitar un tablero de distribución incorporado, que es una extensión de la cabina en el lado derecho del UPS, con capacidad para uno o dos paneles de 42 breakers unipolares y un breaker principal cada uno.

Si tenemos en cuenta que cada rack contendrá en su interior equipamiento electrónico semejante, y que la potencia total de éstos será 2000 W, se calcula que todos los breakers que alimenten a éste tipo de racks, serán de 20 A cada uno, y la alimentación se realizará con cable tipo THHN No. 12 AWG.

3.2.8 Diseño de Alimentadores del U.P.S. del Proyecto

Se debe tener en cuenta que el UPS tiene una potencia de 40 Kva., y que estará ubicado a 35 m. del tablero de transferencia automática, de la ecuación 2.1, página 16, se determina:

$$A = \frac{32000 * 35}{56 * 2.1 * 210} = 45.35\, mm^2$$

En la ecuación 2.2, página 16:

$$I = \frac{40000}{\sqrt{3} * 210} = 109.97\, A$$

Con los resultados obtenidos, al compararlos con los valores proporcionados por la tabla de conductores tipo TTU de Cablec, se llega a determinar que el valor limitante es el de la caída de voltaje.

En la tabla mencionada anteriormente, se observa que el cable No. 1/0 AWG tiene una sección aproximada de 53.52 mm cuadrados y una capacidad de conducción de 150 amperios, por lo que se utilizará 1 conductor de este tipo en cada fase, con lo que se satisfacen los cálculos iniciales.

Resumiendo, la acometida entre el tablero de transferencia automática y el UPS será:

Alimentadores: 3x(1/0)+2 AWG con cable de cobre tipo TTU

CAPITULO 4

4 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIONES

4.1 Malla de Tierra

4.1.1 Funciones y Objetivos

La función de la puesta a tierra de una instalación eléctrica es la de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya sea que se trate de corrientes de defecto, baja frecuencia industrial o debidas a descargas atmosféricas.

Con la puesta a tierra, se logra:

- Limitar la diferencia de potencial que puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra.

- Posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones, eliminando o disminuyendo el riesgo que supone una avería.

- Limitar los sobrevoltajes internos transitorios, ya sea por maniobra o por falla, que puedan aparecer en la red eléctrica.

- Evitar que los voltajes de frente de onda profundos, que originan las descargas de los rayos, dañen los equipos.

La circulación de las intensidades mencionadas por la instalación de puesta a tierra puede originar la aparición de diferencias de potencial entre ciertos puntos, por ejemplo, entre la instalación de puesta a tierra y el terreno que la rodea o entre dos puntos del mismo; por lo que se debe concebir la instalación de puesta a tierra para que, incluso con la aparición de las diferencias de potencial se cubran los siguientes objetivos:

- Seguridad de las personas.
- Protección de las instalaciones.
- Mejora de la calidad de servicio.
- Establecimiento y permanencia de un potencial de referencia.[10]

4.1.2 Resistividad del Terreno[10]

En general, la resistencia total que presenta una instalación de puesta a tierra está constituída por la suma de las siguientes partes:

- La resistencia del conductor (línea de tierra y línea de enlace con el electrodo) que conecta el electrodo de tierra al sistema que debe ponerse a tierra.

- La resistencia de contacto entre la superficie del electrodo y el terreno.

- La resistencia del suelo en el que está enterrado el electrodo.

La *resistencia del conductor* se puede determinar, dependiendo de la geometría y naturaleza del mismo. La de *contacto con el terreno* es despreciable por su escaso valor y la parte más significativa es *la correspondiente al terreno* que rodea al electrodo.

La resistencia que presenta el terreno es función de la resistividad del mismo, de las dimensiones y forma del electrodo; aunque, pese a ello, se considere la tierra como un conductor de ilimitada conductancia, por sus grandes dimensiones, no puede asumirse, que las "conexiones" que a ella se efectúen mediante electrodos tenga esa misma propiedad, ya que cualquiera sea la forma que presenten, ofrecerán una resistencia definida al paso de la corriente y, en muchos casos, resultará difícil obtener una puesta a tierra de baja resistencia.

En relación con las dimensiones de la resistividad del suelo, se debe tener presente que es práctica usual simplificar sus unidades ($\Omega.m^2/m$) e indicarla como Ω.m.

Expresar la resistividad del terreno, ρ, en Ω.m, equivale a la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de 1 m de arista, como se muestra en la figura 4.1.

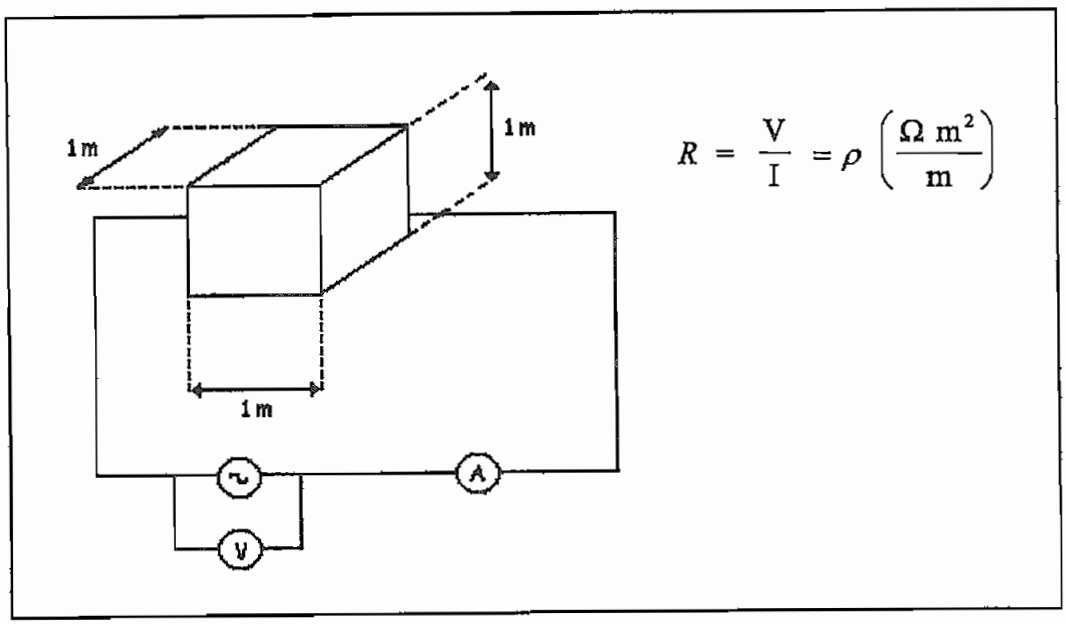


Figura 4.1.- Resistividad del terreno, ρ, expresada en Ω . m.

La expresión general de la resistencia es:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Para el caso de la figura, será:

$$R(\Omega) = \rho \frac{1(m)}{1(m^2)}$$

De donde:

$$\rho = R(\frac{\Omega m^2}{m}) = R(\Omega.m)$$

4.1.2.1 Factores que Influyen en la Resistividad del Terreno.[10]

El valor de la resistencia de puesta a tierra tiene como factor determinante la resistencia específica o resistividad del terreno y del subsuelo en el que está enterrada. Por esta razón, es un requisito inicial el análisis de la naturaleza del suelo sobre el que se va a construir la red de puesta a tierra.

Podría parecer que la investigación de la naturaleza y de la estructura geológica, para determinar la variación de la resistividad en función de la profundidad es más propia de la geofísica, pero no es así, ya que una de las bases necesarias para determinar la configuración de una red mallada que abarque una gran superficie es el conocimiento de la resistividad a diversas profundidades. Si bien la presencia de filones profundos muy resistentes o muy conductores puede tener escasa influencia sobre la resistividad aparente del terreno, esas particularidades pueden ser capaces, no obstante, de variar notablemente la resistencia de la malla de tierra que se establezca. Sin embargo, las resistividades del terreno en varias profundidades, raramente se conocen antes del inicio de las obras y es frecuente que la realización de la malla de tierra sea la que aporte las primeras indicaciones sobre la calidad del terreno.

Si bien los componentes más importantes del terreno, en estado seco, son aislantes (sílice, óxido de aluminio, etc.), su resistividad disminuye rápidamente en presencia de sales solubles y de la humedad.

Por otro lado, la composición de la tierra, incluso en un lugar determinado, es muy heterogénea, presentándose capas, bolsas, depósitos, etc., tanto horizontal como verticalmente.

Las zonas superficiales en que se instalan las mallas de tierra tampoco son uniformes y, además, están afectadas por los cambios climáticos.

Todo esto hace que la resistividad sea muy variable de un lugar a otro, los factores del terreno que la modifican notablemente son:

- La composición.
- Las sales solubles y su concentración.
- El estado higrométrico (humedad).
- La temperatura.
- La granulometría.
- La compacidad (compactación).
- La estratigrafía (capas).

a) *Composición del Terreno.*- La variación de la resistividad según la composición del terreno va desde algunas unidades hasta 5000 Ω.m, con la dificultad de que las diferentes clases de terreno no están delimitadas como para saber, de antemano, el valor de la resistividad en el punto elegido para efectuar la toma de tierra. Inclusive, para una misma clase de terreno, situada en distintos sitios, la resistividad puede ser bastante diferente.

En la tabla 4.1 se pueden observar valores típicos medios.

NATURALEZA DEL TERRENO	VALOR MEDIO DE LA RESISTIVIDAD EN Ω.m
Terrenos cultivables y fértiles, compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles	500
Suelo pedregoso desnudo,arena seca permeable	3000

Tabla 4.1.- Valores típicos de resistividad del terreno, serán preferentes los valores menores, para mayor conductividad.

En la tabla 4.2, se ven en detalle los valores por tipo de terreno.

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN Ω.m
Terreno Pantanoso	5 a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Grava	3000 a 5000

Tabla 4.2.- Valores de resistividad por tipo de terreno, se preferirán los menores, para mayor conductividad.

b) *Sales Solubles y su Concentración.-* Al ser aislantes los principales componentes del terreno, la conductividad del suelo es, esencialmente de naturaleza electrolítica, es decir, la conducción de corriente tiene lugar principalmente a través del electrolito formado por las sales y el agua habitualmente contenida en el terreno.

En la figura 4.2 se refleja como la cantidad de sales disueltas afectan la resistividad, y en la figura 4.3 los distintos efectos de sales diferentes.

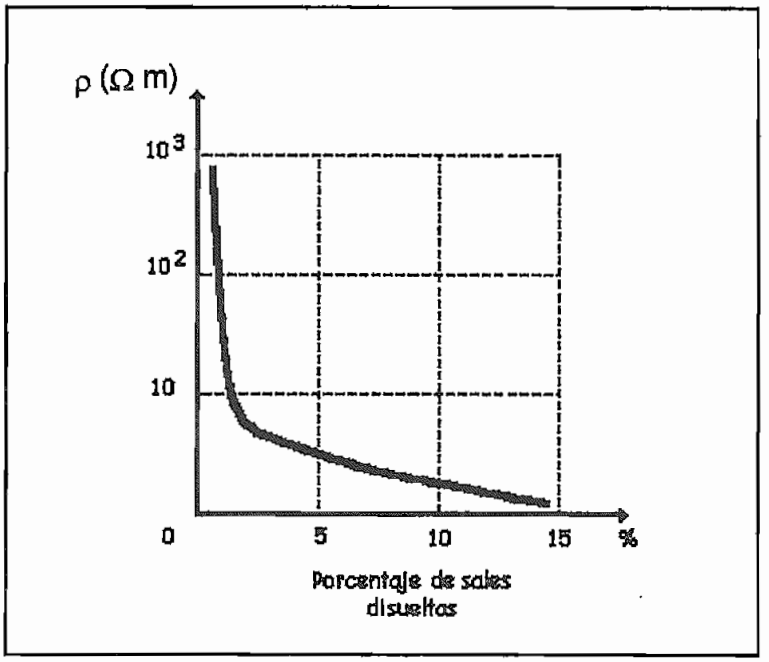


Figura 4.2.- La conductividad del suelo es función, principalmente, de la concentración del electrolito que constituyen las sales al disolverse.

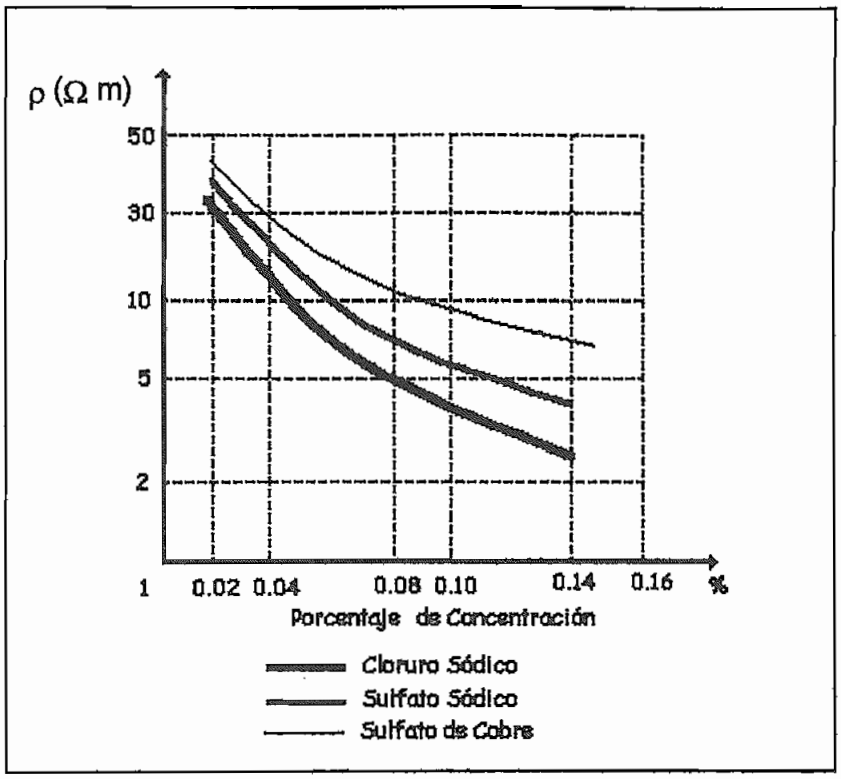


Figura 4.3.- Efecto de diferentes sales, en la resistividad.

c) *Estado higrométrico del Terreno.-* El contenido de agua o grado de humedad del terreno influye, de forma apreciable sobre su resistividad. Su valor no es constante, ya que varía con el clima, época del año, naturaleza del subsuelo, la profundidad considerada y la situación del nivel freático.

A medida que el grado de humedad aumenta (cuyo principal efecto es disolver las sales solubles), la resistividad disminuye con rapidez, pero a partir de cifras del orden del 15 % en peso, esta disminución es mucho menos notoria, a causa de la saturación del terreno, tal como se puede observar en la figura 4.4.

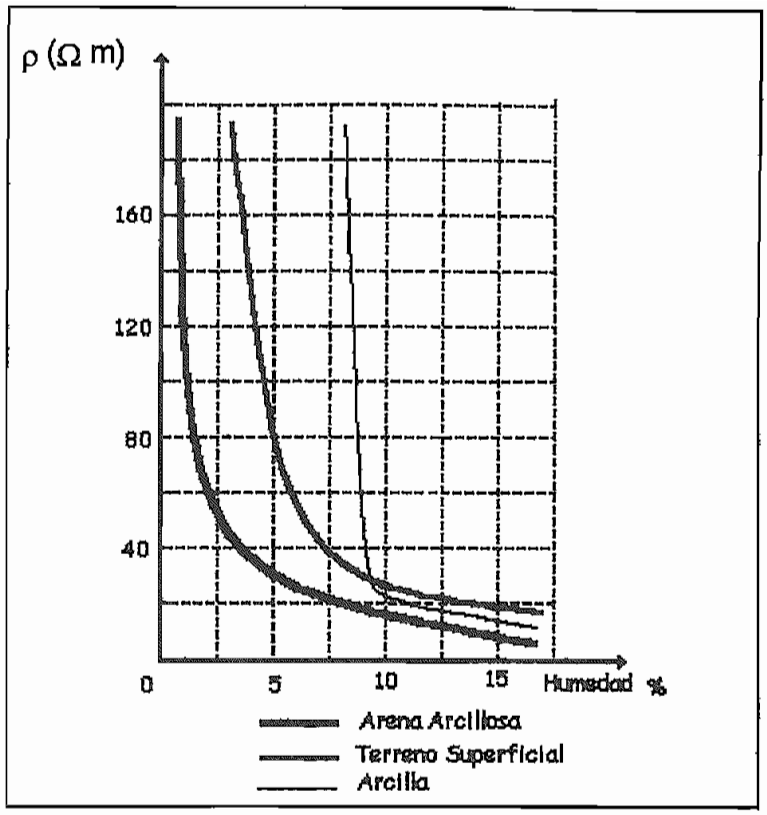


Figura 4.4.- El porcentaje de humedad modifica la resistividad del suelo.

d) *Temperatura.-* La resistividad del terreno aumenta a medida que desciende la temperatura y ese aumento se hace muy notorio al alcanzarse los 0 °C, ya que a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelamiento, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos, elevándose ostensiblemente la resistividad del terreno, como se indica en la figura 4.5.

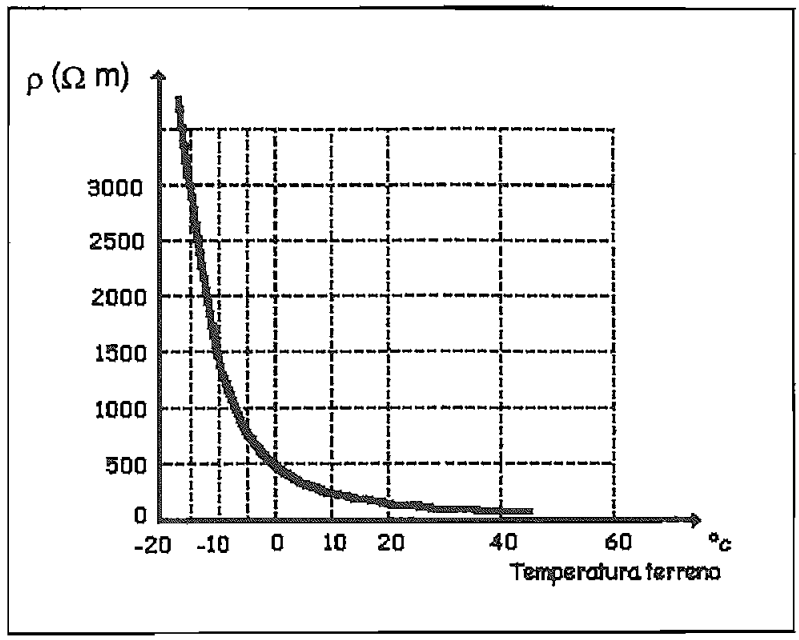


Figura 4.5.- La temperatura, en general, aumenta la solubilidad de las sales, por lo que disminuye la resistividad.

e) *Granulometría.-* Es un elemento importante que influye a la vez sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos, incrementando la resistividad con el mayor tamaño de los granos. Esta es la razón para que el valor de la resistividad de la grava sea superior al correspondiente a la arena y que el valor de ésta supere al de la arcilla.

Los suelos de grano grueso son malos para establecer una buena malla de tierra, lo que se puede mejorar rodeando la superficie de los electrodos de un cierto espesor de tierra fina o de otro material de menor resistividad.

f) *Compacidad.-* La resistividad también es afectada por el grado de compactación del terreno, disminuyendo al aumentar éste.

g) *Estratigrafía.*- La resistividad total de un terreno es la resultante de las correspondientes a las diversas capas que lo constituyen. Puede suceder que una sola capa presente una resistividad tan baja que la influencia de las demás sea imperceptible, tal como cuando se alcanzan zonas de agua o el nivel freático.

4.1.2.2 Medida de la Resistividad del Terreno.- Método de los Cuatro Electrodos.[10]

La realización de una instalación de puesta a tierra requiere conocer previamente el perfil de la resistividad del terreno según la profundidad, para de esta forma, facilitar la elección de la disposición de los electrodos de tierra, que mejores resultados técnicos-económicos proporcionen.

Existen diversos métodos para determinar la resistividad de un terreno, por ejemplo el sistema consistente en medir la resistencia de tierra de un electrodo que responda a una fórmula bien conocida (por ejemplo una varilla), para determinar, a partir de ahí, la resistividad del terreno que la rodea, método que tiene la ventaja de proporcionar una medida global pero cuya aplicación resulta adecuada solo si la toma de tierra a implantar es de dimensiones comparables a la de los electrodos utilizados como referencia.

El método más utilizado para determinar la resistividad del terreno es el de los cuatro electrodos.

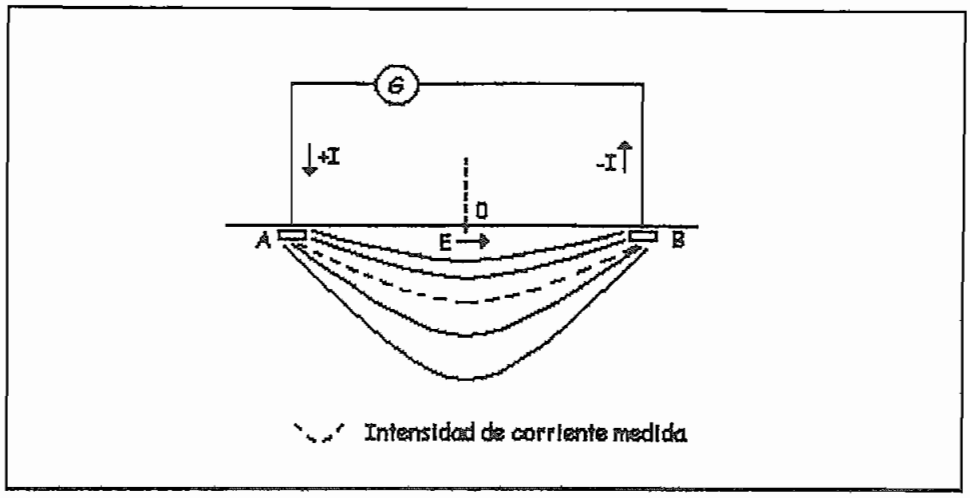


Figura 4.6.- Método de los cuatro electrodos

En este procedimiento, se establece la resistividad, en función de la profundidad en la vertical de un punto, *O* (figura 4.6), haciendo circular una corriente, *I*, con ayuda de un generador *G*, entre dos electrodos puntuales, de pequeñas dimensiones, clavados en el suelo, *A* y *B*.

En terreno homogéneo, de resistividad ρ, el valor del campo eléctrico, *E*, en el punto *O*, debido a la presencia de las cargas eléctricas de signos contrarios procedentes de *A* y *B*, tienen por valor:

$$E = \frac{\rho}{2\Pi} \left[\frac{(+I)}{(AO)^2} - \frac{(-I)}{(OB)^2} \right]$$

Si el punto *O* está situado en la mitad del segmento *AB*, se tendrá que *AO*=*OB*=*x*, por lo que:

$$E = \frac{I\rho}{\Pi\, x^2}$$

De donde se deduce la resistividad del suelo bajo el punto *O*:

$$\rho = \Pi\, x^2 \frac{E}{I}$$

Puesto que el suelo raramente es homogéneo, en realidad la fórmula expresa la resistividad aparente de las capas existentes en el suelo bajo el punto *O*, justo hasta la profundidad alcanzada por la intensidad de corriente media que circula entre los electrodos *A* y *B*.

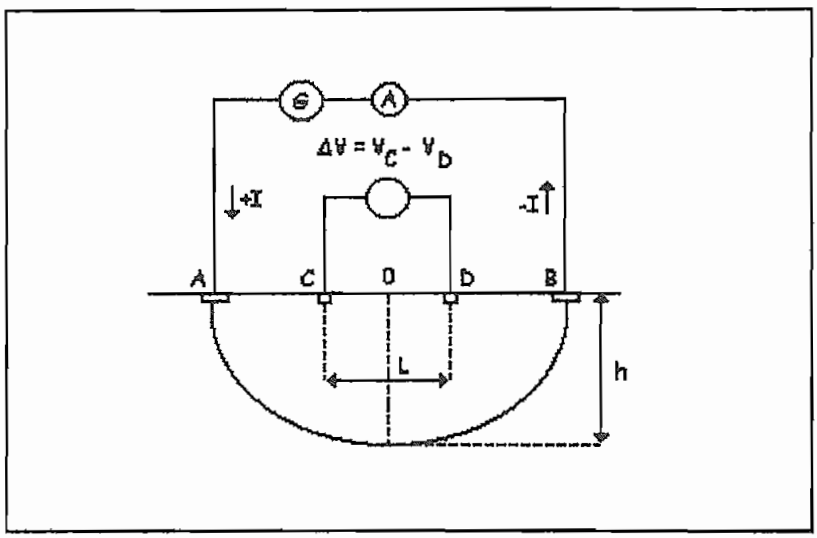


Figura 4.7.- El valor del campo eléctrico que se necesita para calcular la resistividad se establece como cociente entre la diferencia de voltaje entre dos puntos de tierra *C* y *D* (simétricos respecto a *O*) y la distancia *L* que existe entre ellos.

El campo eléctrico, *E*, se determina por el cociente entre la diferencia de potencial V_C - V_D que existe entre dos sondas de tierra, *C* y *D* (colocadas simétricamente con relación a *O*), y su separación, *L* (figura 4.7).

$$E = \frac{V_C - V_D}{L}$$

Al expresar la diferencia de potencial en función de la distancia respectiva de los puntos *C* y *D* con respecto a las corrientes + *I* y - *I*, se tiene:

$$V_C - V_D = \frac{\rho I}{2\Pi}[(\frac{1}{AC} - \frac{1}{CB}) - (\frac{1}{AD} - \frac{1}{DB})]$$

y por lo tanto, la resistividad aparente, ρ, de las capas acumuladas del terreno debajo del punto *O* será:

$$\rho = \frac{2\Pi}{\frac{1}{AC} - \frac{1}{CB} - \frac{1}{AD} + \frac{1}{DB}} \left(\frac{V_C - V_D}{I}\right)$$

que es la fórmula general para la medida de la resistividad aparente del terreno, cualquiera que sean las longitudes existentes entre los electrodos, despreciando la profundidad de enterramiento de las picas de medida.

El término $(V_C - V_D)/I$ es la resistencia *R* en Ω, que proporcionan directamente los instrumentos de 4 bornes comúnmente utilizados, cuyo circuito voltimétrico se conecta a las tomas *C* y *D* y el amperímetro, a las *A* y *B*.

En el caso de que el suelo sea homogéneo, la resistividad aparente es idéntica a la resistividad real.

4.1.2.2.1 Método de Wenner

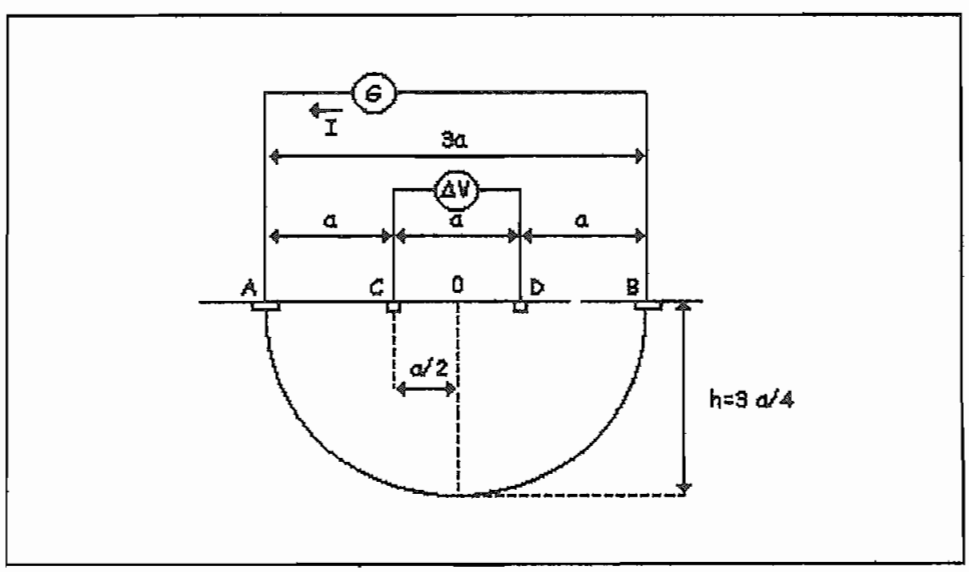


Figura 4.8.- Método de Wenner para medir resistividad.

Es un caso particular del método de los 4 electrodos, que se colocan en línea recta y equidistantes, simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del suelo. Los electrodos de los extremos son los de inyección de la corriente de medida y los dos centrales, los electrodos de medida del potencial (figura 4.8).

El punto O de medida de la resistividad se encuentra en el medio de un sistema simétrico, entre los electrodos de potencial, llamándose base de medida a la distancia *(a)* entre dos electrodos adyacentes y línea de emisión a la distancia entre los electrodos extremos, en este método es igual a *(3a)*.

En estas condiciones, la fórmula de resistividad se reduce a:

$$\rho = 2 \Pi a R$$

La resistividad aparente es, básicamente, la de las capas comprendidas entre la superficie del suelo y la profundidad a la cual, la densidad de corriente, se ha reducido a la mitad de su valor en la superficie, siendo esta profundidad de investigación *h*, del orden de magnitud de la distancia *a* que separa dos picas adyacentes (*h* está comprendida entre *a* y 0.75 *a*).

4.1.3 Efectos Fisiológicos de la Corriente Eléctrica

4.1.3.1 Umbral de Sensibilidad

El establecer los límites a partir de los cuales la corriente eléctrica resulta peligrosa, presenta notables dificultades. Como muestra de esto, se pueden observar las dispersiones que aparecen en la determinación del umbral de sensibilidad sobre el paso de corriente eléctrica, definido como el valor de la intensidad mínima que percibe una persona al hacer circular una corriente de mano a mano.

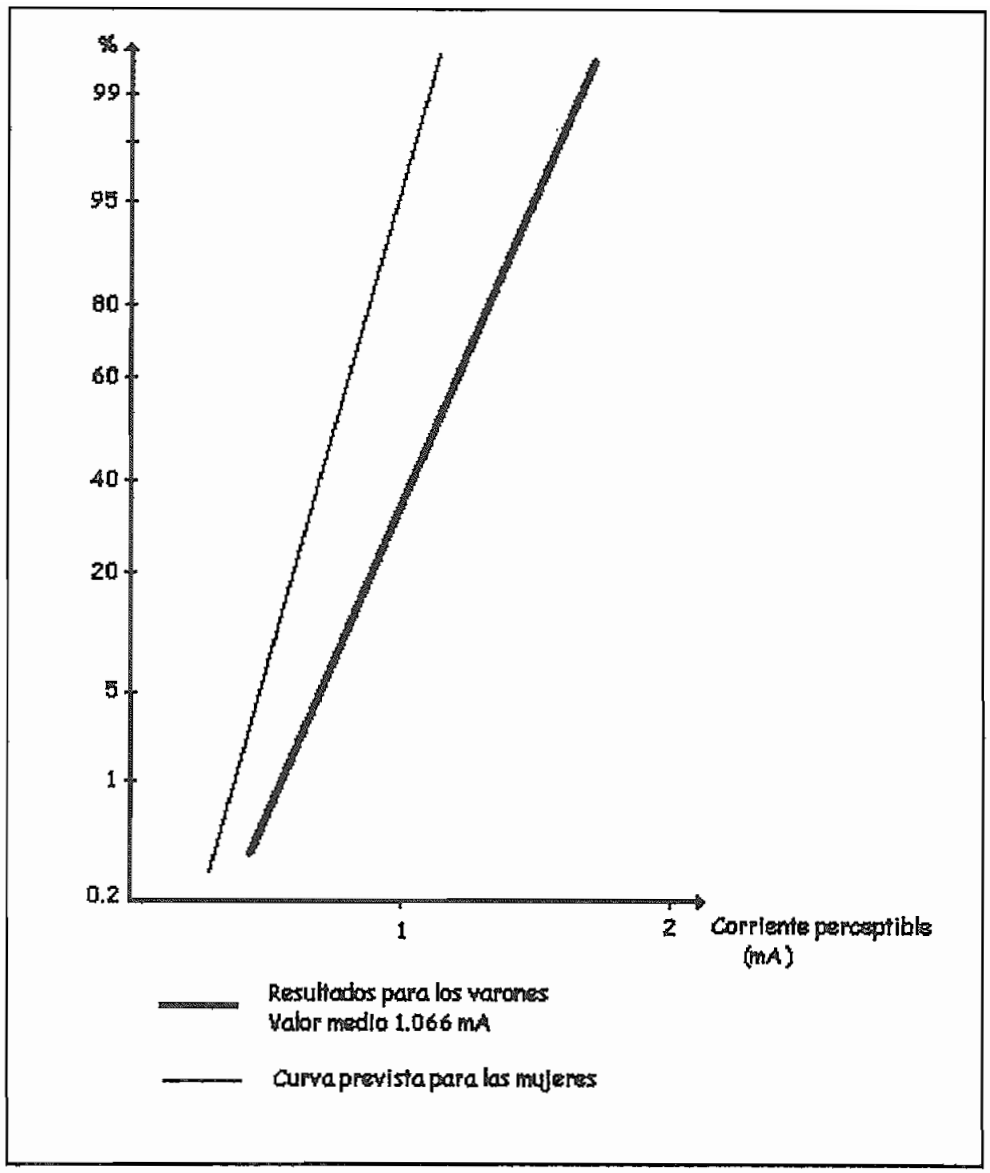


Figura 4.9.- Umbral de percepción de la corriente.

La figura 4.9, según Dalziel, muestra la variabilidad del límite de percepción entre diferentes sujetos. Mientras que algunos detectan la corriente con intensidad de 0.5 mA, otros no empiezan a percibir su paso hasta que ésta no alcanza valores cercanos a los 2 mA. Se puede observar también que las mujeres tienen una mayor sensibilidad al paso de la corriente.

Este umbral también varía de órgano a órgano, ya que por ejemplo, en la lengua, con valores de 0.05 mA., ya se percibe el paso de corriente.

4.1.3.2 Umbral de No Soltar

También la contracción muscular y el umbral de no soltar ratifican la dificultad en la determinación de los valores límites. Este fenómeno tiene lugar por la excitación de los nervios y músculos flexores bajo la acción de la corriente eléctrica, de forma que al quedar contraídos, imposibilitan al individuo a dejar el conductor, ya que los músculos extensores son menos potentes que los flexores.

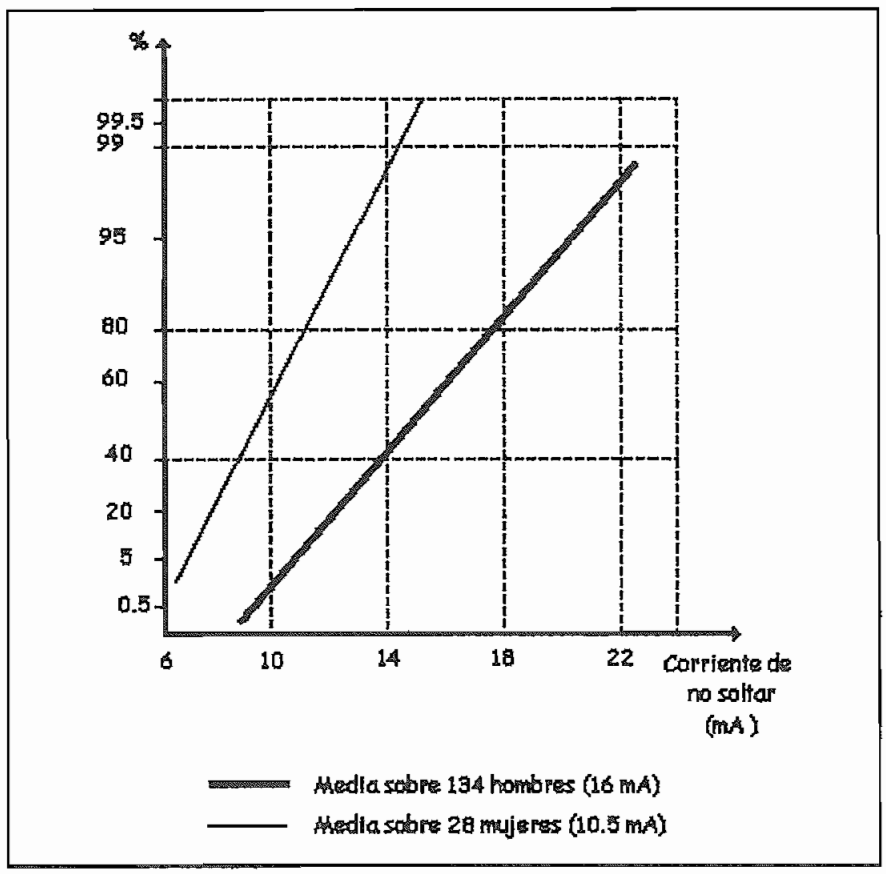


Figura 4.10.- Umbral de corriente de "no soltar".

En la figura 4.10, según Dalziel, se pone de manifiesto el hecho de que algunas personas pueden quedar enganchados con intensidades menores a 10 mA, mientras que otros pueden liberarse con intensidades de 20 mA.

4.1.3.3 Muerte Aparente

Cuando la intensidad que atraviesa el organismo se eleva por encima del umbral de no soltar, se puede afectar a la respiración y la circulación a tal punto que se provoque un paro y un estado de muerte aparente.

Para intensidades del orden de 20 a 30 mA, la contracción muscular puede difundirse y alcanzar los músculos respiratorios, originando un paro circulatorio. Este fenómeno es reversible únicamente si el accidentado es alejado de la corriente y se le proporciona una asistencia respiratoria antes de que se provoque un paro cardíaco.

4.1.3.4 Fibrilación Ventricular y su Umbral

Cuando el estado de muerte aparente se debe a una fibrilación ventricular, es un proceso irreversible. Esta situación se caracteriza por una contracción anárquica y asíncrona de cada una de las fibras del miocardio, lo que se traduce, velozmente, en un paro circulatorio y en lesiones cerebrales, para afectar posteriormente al corazón.

De extrapolaciones de experiencia realizadas sobre animales y de accidentes eléctricos bien estudiados, según Dalziel, existe una proporcionalidad entre el peso corporal y la intensidad necesaria para la fibrilación, situándose este umbral entre 70 y 100 mA. En realidad, este umbral no puede definirse por una sola cifra, ya que varía grandemente con las condiciones fisiológicas del sujeto y también con los parámetros físicos del accidente: voltaje y tipo de contacto, pero fundamentalmente con:

a) Trayectoria de la corriente.
b) Valor de la resistencia del organismo.
c) Tiempo de paso y amplitud de la corriente.

En cuanto a la duración de la corriente, Dalziel indica que el 99.5 % de las personas pueden soportar, sin sufrir fibrilación ventricular, corrientes determinadas según la ecuación:

$$I_K = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

En donde:

I_K = corriente eficaz a través del cuerpo, o corriente tolerable por el cuerpo humano, Amperios.

t = tiempo de duración del choque, segundos.

0.116 = Raíz cuadrada de 0.0135, valor obtenido empíricamente, conocido como "constante de energía".

Esta ecuación es válida para tiempos de hasta 3 segundos de duración del choque. Trabajando en el lado seguro, Dalziel no recomienda valores mayores a los 9 mA para hombres y 6 mA para mujeres.

4.1.4 Voltajes de Paso y Contacto.

Alrededor de los electrodos de tierra, la diferencia de potencial del suelo decrece progresivamente hasta cero, lo que lleva a la definición de voltaje de paso y de contacto.

4.1.4.1 Voltaje de Paso

Según el estandard 81 de la IEEE: "El voltaje de paso es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se acerca a un metro".

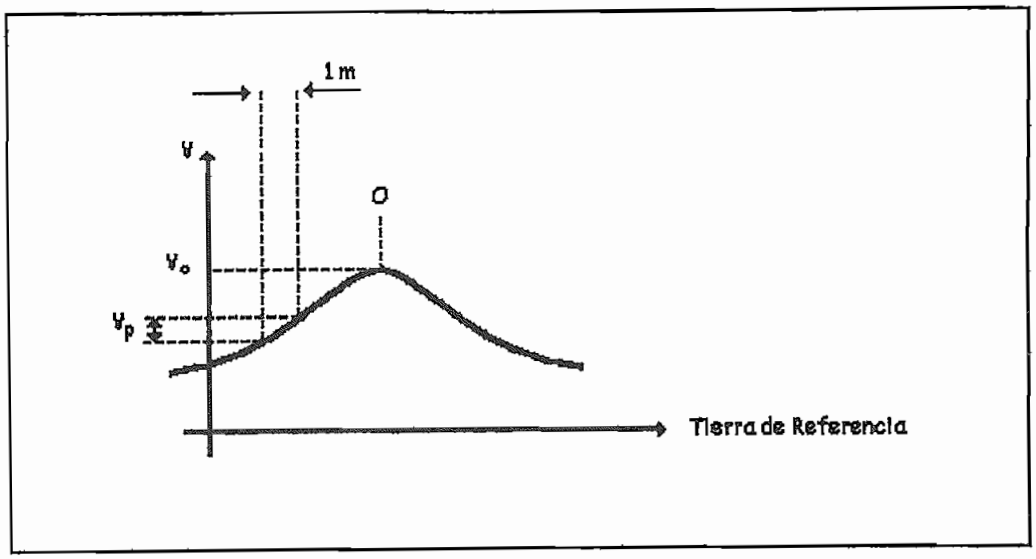


Figura 4.11.- Reparto de potenciales del suelo y voltaje de paso.

En la figura 4.11 se puede observar que el voltaje de paso V_p es una fracción del voltaje de puesta a tierra V_o y alcanza su valor más elevado en las cercanías de los electrodos de tierra.

$$V_p = \frac{116 + 0.7\ \rho_s}{\sqrt{t}}$$

Que responde a un planteamiento simplificado, al despreciar la resistencia de la piel y del calzado, y que se ha determinado suponiendo que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 ohmios, y asimilando cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 cm^2 de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo, de $3\rho_s$, en función de la resistividad superficial ρ_s del terreno.

4.1.4.2 Voltaje de Contacto

Según el estandard 81 de la IEEE: "El voltaje de contacto es la diferencia de potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia igual a la distancia horizontal máxima que se puede alcanzar, o sea, aproximadamente un metro".

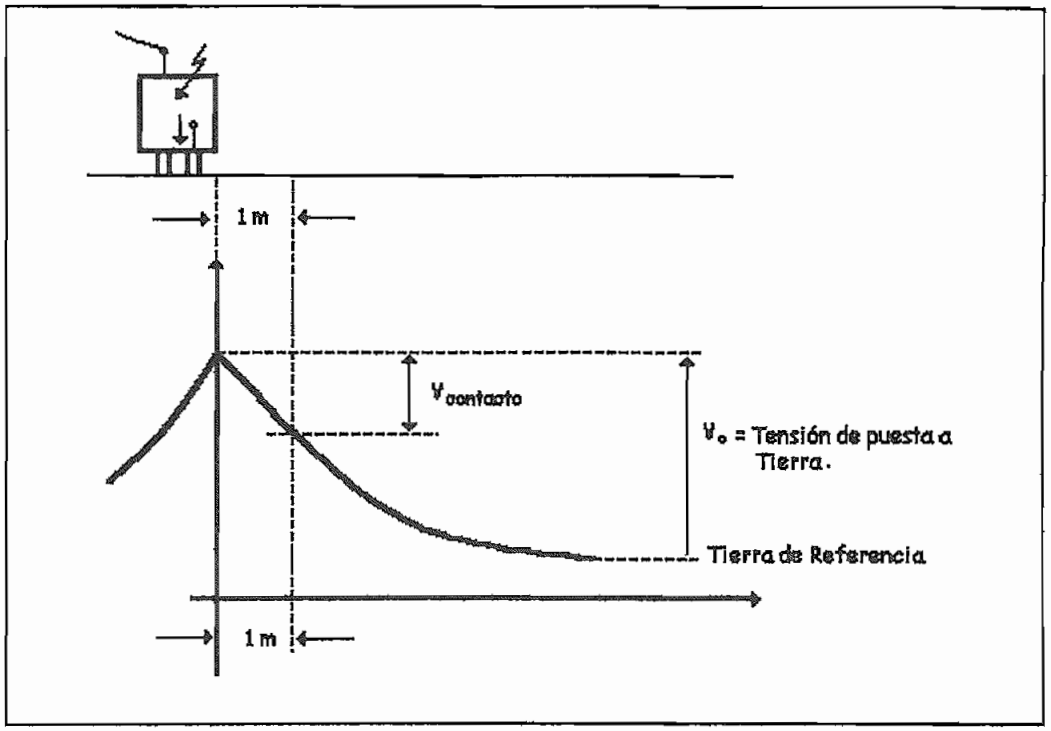


Figura 4.12.- Perfil de potenciales y voltaje de contacto.

El peligro más grande para las personas durante la circulación de una corriente de puesta a tierra no resulta del voltaje de paso sino del doble contacto del cuerpo, por una parte, con una estructura unida a los electrodos de tierra al voltaje V_o, y por otra, el del terreno V_x a una distancia del orden de 1 metro. El riesgo está, entonces, en relación con el voltaje $V_o - V_x$, o voltaje de contacto.

$$V_c = \frac{116 + 0.17\rho_s}{\sqrt{t}}$$

Para llegar a ésta ecuación, también se aplican las simplificaciones y consideraciones realizadas en el razonamiento para obtener la ecuación del voltaje de paso.

4.1.5 Tierras Unicas o Separadas

4.1.5.1 Puesta a Tierra de Protección[10]

Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una instalación no sometidos normalmente a voltaje eléctrico, pero que pudieran ser puestos en voltaje por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con voltajes peligrosos.

Esto se logra a través de dos caminos: asegurando igual potencial a través del conductor de tierra y desconectando el equipo que falla por medio de fusibles o breakers automáticos que sensen la corriente de falla que fluye hacia tierra.

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén con voltaje normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se pondrán a tierra los siguientes elementos:

a) Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.

b) Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.

c) Las puertas metálicas de los locales.

d) Las vallas y cercas metálicas.

e) Las columnas, soportes, pórticos, etc.

f) Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.

g) Los blindajes metálicos de los cables.

h) Las tuberías y conductos metálicos.

i) Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.

j) Los hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas.

4.1.5.2 Puesta a Tierra de Servicio[10]

Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo voltaje, o permanentemente, ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio. Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

a) Los neutros de los transformadores, en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.

b) El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.

c) Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.

d) Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

e) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Su concepción es brindar un camino de baja resistencia al flujo de corrientes de diferentes frecuencias, de las señales que operan en el sistema y retornan por este camino.

Como se conoce, los circuitos de señal en telecomunicaciones a menudo son circuitos de un solo hilo con un retorno común a tierra. Esto ofrece ventajas sobre todo económicas. Para este retorno común se utilizan los racks de telecomunicaciones y las mallas metálicas de los equipos. Como resultado de esta interconexión se tiene una red de baja impedancia con muy pequeñas diferencias de potencial. Esto es, cumple con los requerimientos para ser usada como un plano de referencia de potencial. La tierra es necesaria para estabilizar el potencial de referencia y para hacer uso de la misma, como un conductor de retorno, entre instalaciones de telecomunicaciones separadas geográficamente.

Otra razón para conectar a tierra los sistemas de telecomunicaciones es la reducción de la interferencia, ya que se suprimen los sobrevoltajes.

4.1.5.3 Tierra Unica

Desde el punto de vista de operación de un sistema de telecomunicaciones, la resistencia de tierra de servicio no debe exceder de 1 ohmio. Este valor es menor que el requerido para una tierra de protección.

Debido a que se permite una pequeña caída de voltaje en la tierra de servicio, sus conductores son de una gran sección; por éstas razones, se puede utilizar una sola tierra para protección y para servicio.

4.1.6 Tipos de Mallas

Un sistema de puesta a tierra puede definirse físicamente como un arreglo conductor enterrado en el subsuelo a una determinada profundidad, al cual por medio de una conexión intencional o accidental, un sistema, circuito o equipo ya

sea eléctrico o electrónico, es conectado a este punto en el suelo para permitir una transferencia de corriente a tierra, liberando gradientes de potencial peligrosos a las personas y a los sistemas. Este sistema de puesta a tierra constituye un punto equipotencial para el sistema.

La finalidad de un sistema de puesta a tierra es ser básicamente un bus o red común de bajo ruido sobre el suelo y una interfase de transferencia al entorno del subsuelo, entregando como conjunto un nivel equipotencial de referencia para los equipos conectados a ella.

Los arreglos más conocidos son las *Mallas de Tierra*, que son arreglos de tipo geométrico plano, constituídos por conductores de cobre desnudos enterrados, entrelazados, que tratan de emular, en un cierto grado, a una superficie continua conductora en el subsuelo, de ahí el nombre genérico de mallas de tierra. Estos arreglos se han empleado en todo tipo de aplicaciones, no siempre con buenos resultados y costo razonable, y requieren de una área importante para su instalación.

El segundo arreglo más conocido es el de los *Electrodos de Puesta a Tierra*, conocidos también como Picas o Varillas de Puesta a Tierra, que son electrodos de acero SAE 1010/1020 cubiertos con una fina capa de cobre depositado electroquímicamente, para evitar su polarización y corrosión, en dimensiones de 1.8 m (6 pies) y diámetro de 16 mm (5/8"). Su geometría permite enterrarlos en forma normal a la superficie del suelo hasta una cierta profundidad, en particular tratando de alcanzar el nivel freático de las capas de agua subterránea, el arreglo puede ser mono-electródico o multi-electródico formando usualmente una línea recta de electrodos enterrados y unidos por un conductor de cobre desnudo.

El tercer arreglo más usado es el *topológico*, que consiste en diferentes geometrías planas (rectángulos, cuadrados, triángulos, círculos, radiales) realizados con conductor de cobre desnudo y con electrodos colocados en sus

vértices y/o perímetro. Su montaje se realiza enterrando la geometría plana a una determinada profundidad (generalmente entre 0.5 y 1 m), y a partir de ese nivel se entierran los electrodos. La longitud de estas tierras dependen del valor de tierra a alcanzar. En la disposición radial, que se usa cuando el suelo es rocoso o de alta resistividad, se deben tener divisiones que aseguren ángulos iguales y no se recomiendan ángulos menores a 60 grados, debido a que existirían problemas de interferencia mutua.

Para las varillas o picas que se entierren, se debe tener cuidado de conservar una distancia mínima de separación entre ellas que es el doble de la longitud de las mismas.

Las conexiones e interconexiones usuales son prensas o conectores de bronce silicoso, para cualquiera de los tres tipos de arreglos mencionados anteriormente, sólo a partir de 1960 se ha introducido paulatinamente la soldadura de termofusión, para éstas conexiones.

4.1.6.1 Características de los Elementos

4.1.6.1.1 Varillas de tierra

Las varillas de tierra son el tipo más común de electrodos fabricados para conexión a tierra. Se usan cuando la capa rocosa se encuentra más allá de los tres metros de profundidad. Comercialmente en nuestro país, éstas varillas se encuentran en diámetros de 13 y 16 mm y longitudes de 1, 1.5 y 1.8 m. Son electrodos de acero cubiertos con una fina capa de cobre con el objeto de tener un electrodo fuerte que sea susceptible de ser clavado y que a la vez posea una protección contra la corrosión y sea compatible con los cables y sus elementos de interconexión.

4.1.6.1.2 Conductores Desnudos en disposición Horizontal.

En aquellos sitios en los que existen capas rocosas cercanas a la superficie, es impracticable el uso de varillas para puesta a tierra. En éstos casos, se deben usar láminas horizontales de metal, alambres sólidos o cables desnudos en disposición horizontal, enterrados a una profundidad entre 0.5 y 1 m. En los conductores largos, la reactancia aumenta de acuerdo a la longitud, con un consecuente incremento en la impedancia. El interés natural es obtener baja impedancia, por lo que es preferible un modelo en estrella, tipo asterisco de 6 puntas, con las instalaciones en el centro antes que un solo conductor de gran longitud.

4.1.6.1.3 Mallas.

Las mallas están constituídas por cable de cobre enterrado directamente en el suelo a 50 cm. del nivel del mismo, formando una red de cuadrados. Son usadas para conseguir áreas equipotenciales en toda la instalación, por lo que se ubican y están localizadas a través de toda el área disponible. El espaciamiento entre conductores está sujeto a variación de acuerdo a los requerimientos de la instalación y normalmente se encuentra entre 0.6 y 1.8 m. Los cables deben estar conectados entre sí en todos los cruces. Se pueden combinar con varillas verticales para estabilizar las fluctuaciones de resistencia.

Las mallas generalmente se utilizan solo en aquellas instalaciones que poseen múltiples antenas, subestaciones de transformación y otras áreas en las que exista el peligro de muy altas corrientes de falla circulando a tierra y puedan existir potenciales de paso peligrosos o las condiciones del suelo no permitan la instalación de otros sistemas de tierra.

4.1.6.1.4 Placas y láminas.

Los electrodos en forma de placa rectangular o circular deben tener un mínimo de 0.09 m^2 (2 pies cuadrados) de superficie de contacto con el suelo y un espesor mínimo de 0.5 cm. La profundidad a la que se deben enterrar es entre 1.5 y 2.4 m. Este sistema es bastante caro y difícil de instalar, por lo que generalmente no se utiliza.

4.1.6.2 Resistencia de Puesta a Tierra de algunos electrodos

4.1.6.2.1 Electrodos Simples

Para obtener la resistencia a tierra de una varilla vertical enterrada en tierra homogénea se toma a la varilla como una serie de elementos esféricos enterrados. Al integrar las contribuciones de éstos elementos, a lo largo de la longitud de la varilla, se tiene:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\frac{3l}{d}$$

$$R = \frac{0.366\rho}{l} \log\frac{3l}{d}$$

En donde:

d = diámetro de la varilla (cm.)
ρ = resistividad de la tierra (ohm-cm)
l = longitud de la varilla (cm.)

A continuación se detallan algunas fórmulas para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra para algunos electrodos simples aislados:

Placa circular enterrada:

$$R = 0.125 \frac{\rho}{r_p}\left(1 + \frac{r_p}{2.5\,h + r_p}\right)$$

Condición: $h > 3.2\ r_p$.

Cable o varilla horizontal enterrada:

$$R = 0.366 \frac{\rho}{l}\left(\log\frac{l}{d} + \log\frac{l}{4\,h} + 0.34\right)$$

Condición: $h < 0.4\ l$.

Círculo de cable enterrado:

$$R = 0.366 \frac{\rho}{l}\left(\log\frac{l}{d} + \log\frac{l}{4h} + 0.81\right)$$

Condición: $h < 0.8\ l$.

Estrella de cuatro puntas enterrada:

$$R = 0.366 \frac{\rho}{l}\left(\log\frac{l}{d} + \log\frac{l}{4h} + 1.26 - 3.72\frac{h}{l}\right)$$

Condición: $h < 0.12\ l$.

En donde:

r_p	=	Radio de la placa.
l	=	Longitud total de cable o varilla enterrada (cm).
d	=	Diámetro del cable o varilla (cm.).
h	=	Profundidad a la que se entierra (cm.).
ρ	=	Resistividad del suelo (ohm-cm).

4.1.6.2.2 Electrodos múltiples

La resistencia teórica de un electrodo simple se obtiene sólo a una distancia infinita del mismo. Sin embargo, la mayor parte de este valor se obtiene a una distancia razonable del mismo, por ejemplo, para una varilla vertical, más del 90 % de su valor de resistencia se obtiene a una distancia de dos veces su longitud, lo que puede denominarse su área de influencia. Es decir, si dos electrodos se encuentran demasiado cerca uno del otro, ninguno de ellos presentará su resistencia total efectiva, existirá "interferencia" entre ellos. Es por ésto, que la resistencia efectiva de N electrodos conectados en paralelo no es $1/N$ veces la resistencia de un electrodo simple.

Por esta razón, si evaluamos el costo beneficio, es preferible tener algunas varillas espaciadas adecuadamente en lugar de un amontonamiento de varillas verticales.

La separación entre varillas verticales no debe ser menor que la longitud de las mismas ni mayor que el doble de la longitud de una varilla individual.

Para dos varillas verticales en paralelo:

$$R = \frac{\rho}{4\pi l}\left[\ln\left(\frac{2l + \sqrt{s^2 + 4l^2}}{s}\right) + \frac{s}{2l} - \sqrt{\frac{s^2 + 4l^2}{2l}} + \ln\frac{4l}{r} - 1\right]$$

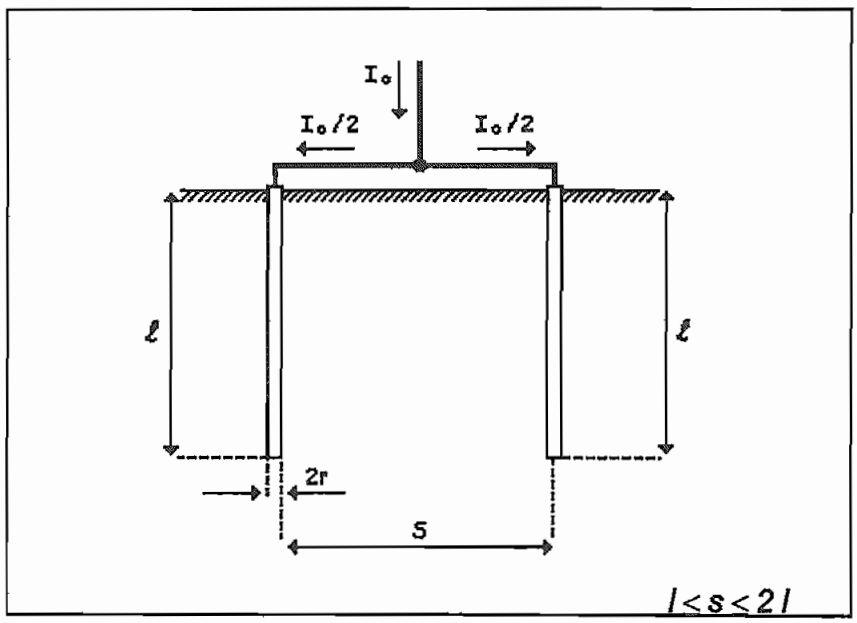


Figura 4.13.- Varillas verticales en paralelo

Si un número *N* de varillas verticales iguales son separadas igual longitud a lo largo de una línea recta y conectadas por un conductor aislado en la parte superior de la varilla, la resistencia resultante será un poco mayor que 1/*N* veces la resistencia de una varilla. Para *N* varillas de longitud *l* separadas la distancia *s*, la resistencia total R_N será:

$$R_N = \frac{1}{N}\frac{\rho}{2\pi l}\left[\ln\frac{4l}{r} - 1 + \frac{2l}{s}\ln\frac{2N}{\pi}\right]$$

Donde *r* es el radio de cada varilla.

Para un arreglo cuadrado de varillas verticales:

$$R = \frac{Resistencia\ de\ una\ varilla}{Número\ de\ varillas\ en\ el\ arreglo} * Constante$$

$$R = \frac{R_{una\ varilla}}{N} * K \quad (ec.4.1)$$

En la figura 4.14 se puede obtener el valor de *K* para un arreglo "cuadrado sólido" de *N* varillas de igual longitud separadas en forma uniforme hasta 10 veces la longitud de una varilla. La distancia de una varilla a otra es *s*.

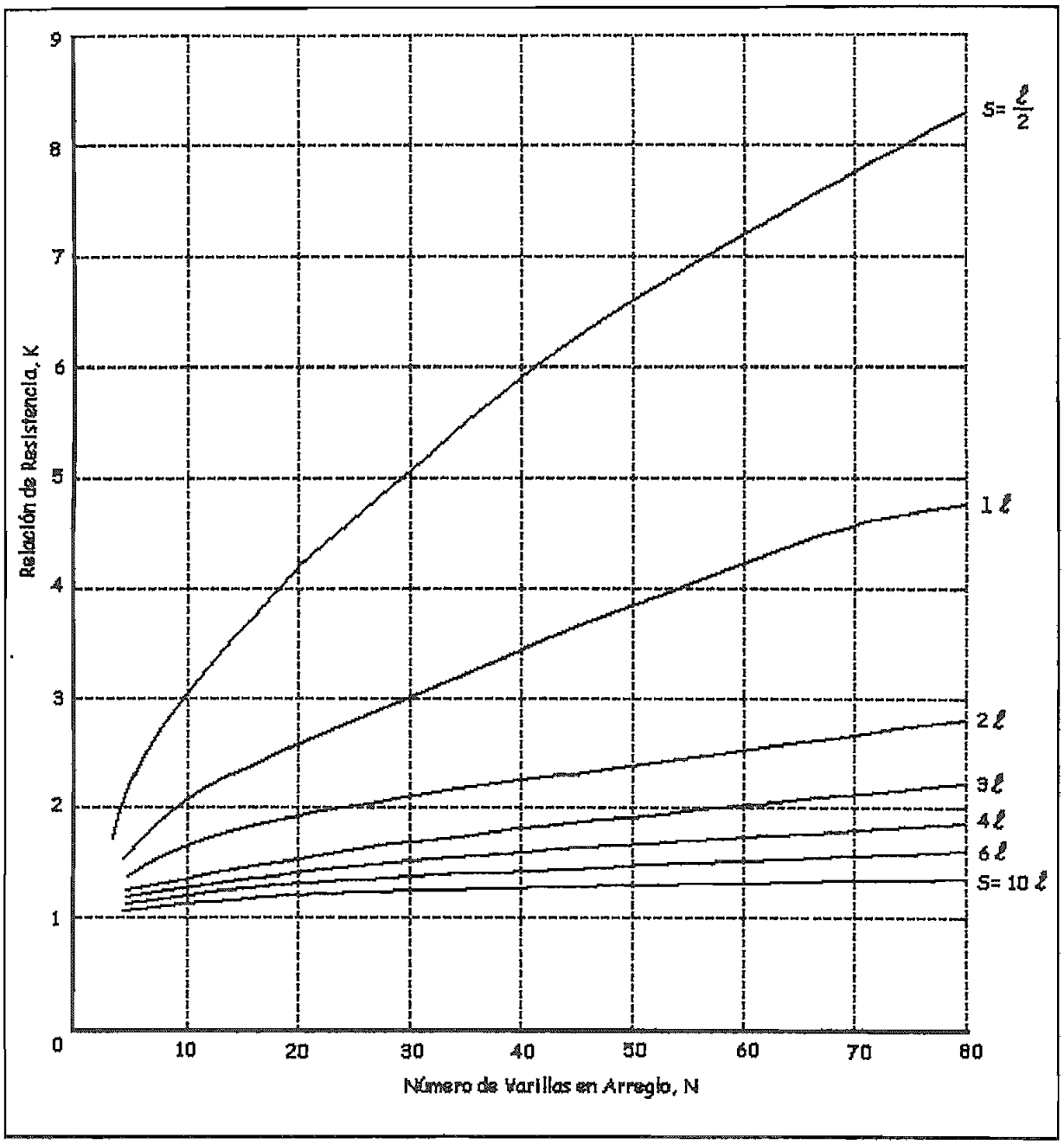


Figura 4.14.- Relación de la resistencia real de un arreglo "cuadrado sólido" con la resistencia ideal de N varillas en paralelo.

4.1.7 Dimensionamiento de la Malla de Tierra

4.1.7.1 Requerimientos Actuales

4.1.7.1.1 Bajo Valor Resistivo

El valor final de la puesta a tierra requerido por las instalaciones modernas ha ido decreciendo paulatinamente en el tiempo, debido al vertiginoso cambio tecnológico en los dispositivos electrónicos que se utilizan en cualquier área de trabajo normal: Telecomunicaciones, Industria, Comercio, Finanzas, Servicios, etc. Los parámetros que guardan directa relación con las exigencias de bajo valor resistivo para los sistemas de puesta a tierra son:

a) Bajos Umbrales de operación de las nuevas tecnologías semiconductoras, en voltaje y corriente.

b) Mala calidad del suministro de energía, caracterizado por altos niveles de ruido y perturbaciones.

c) Alta conectividad de los sistemas.

Con estas consideraciones, el valor exigido para la resistencia de un sistema de puesta a tierra es menor o igual a 1 ohmio.

4.1.7.1.2 Baja Impedancia

La impedancia era uno de los parámetros que no se los consideraba en los diseños de puesta a tierra; sin embargo en la actualidad ha pasado a ser importante, ya que guarda relación directa con el comportamiento de la respuesta en el tiempo del sistema de puesta a tierra, respecto de las perturbaciones rápidas o transientes (Sag, Surges, Spike, Impulse, etc.). Además, es de vital importancia en el caso de las descargas eléctricas por rayos, que es el peor caso de corrientes de falla.

El valor no debe ser mayor que 1 ohmio.

4.1.7.1.3 Equipotencialidad

La equipotencialidad de los sistemas es de primera importancia dada la mayor conectividad existente entre los mismos. Si esta no se produce en la forma adecuada para cada sistema, se generarán gradientes, originando resultados no deseados.

4.1.7.1.4 Areas Reducidas

En la actualidad, debido al incremento poblacional, se desea aprovechar el espacio al máximo posible, es por esto que los requerimientos de instalación de sistemas de puesta a tierra en áreas reducidas o confinadas cada día son mayores, por lo que se recomienda la instalación de arreglos de varillas verticales en paralelo.

4.1.7.1.5 Mayor Respuesta de Frecuencia

Las exigencias de un mayor ancho de banda o mayor respuesta de frecuencia para los sistemas de puesta a tierra surgen como un requerimiento tecnológico de los nuevos sistemas industriales, computacionales, médicos, redes de datos, telecomunicaciones, etc, en que las corrientes circulantes no son sólo de frecuencia de red (60 Hz), sino de una distribución amplia de ellas, que va desde múltiplos de red a cientos de MHz, por ejemplo aquellas aplicaciones que utilizan procesadores cuyos relojes operan en la banda de radiofrecuencias HF y VHF, sus corrientes fluyen por el sistema de puesta a tierra y su circulación debe ser fluída y no generar potenciales neutro-tierra significativos para la tecnología utilizada.

4.1.8 Dimensionamiento de la Malla de Tierra del Proyecto

Para el dimensionamiento de la malla de tierra del proyecto, es necesario realizar mediciones en el terreno, se utilizó el equipo marca KYORITSU, modelo 4102, que entrega valores de resistencia a tierra, en ohmios directamente.

Con este objeto, se realizaron varias mediciones, con una varilla de 1.8 m de longitud y 16 mm de diámetro; los resultados se presentan en la tabla 4.3.

Condición y lugar de medición	Lectura
Suelo seco, 15 días sin lluvia, a 15 m de la calle.	12 ohmios
Similar a la anterior, pero a 20 m de la calle.	10 ohmios
Similar a la anterior, pero a 25 m de la calle	10 ohmios
Suelo húmedo, 1 día de lluvia, a 15 m de la calle.	8 ohmios
Suelo húmedo, 1 día de lluvia, a 20 m de la calle.	7 ohmios
Suelo húmedo, 1 día de lluvia, a 25 m de la calle.	6 ohmios
Suelo húmedo, 2 días de lluvia, a 15 m de la calle.	8 ohmios
Suelo húmedo, 2 días de lluvia, a 20 m de la calle.	6 ohmios
Suelo húmedo, 2 días de lluvia, a 25 m de la calle.	6 ohmios

Tabla 4.3.- Valores obtenidos como resistencia de puesta a tierra de una varilla de 1.8 m de longitud y 16 mm de diámetro.

De los valores obtenidos, para trabajar con mayor seguridad, se tomará el peor valor, que en este caso es 12 ohmios.

De la ecuación 4.1, página 130, se tendrá:

$$R = \frac{R_{una\ varilla}}{N} * K$$

Se utilizará una separación entre varillas de *2l*, con lo que de la figura 4.14, página 131, se obtiene el valor de *K* para *N*.

$$R = \frac{12\ \Omega}{25} * 2.0 = 0.96\ \Omega$$

Es decir, la malla de tierra estará conformada por 25 varillas de 1.8 m de longitud, 16 mm de diámetro, en configuración cuadrado sólido, con una separación de 3.6 m entre varillas, enlazadas entre sí con cable de cobre desnudo No. 2/0 AWG. Este cable estará enterrado a 50 cm de la superficie del piso terminado.

La implantación de ésta malla y sus detalles, se pueden observar en el anexo planos.

4.2 Protección contra Sobrevoltajes e Interferencia.

Un aspecto importante de la puesta a tierra es que sirve como medio de protección contra sobrevoltajes e interferencia.

La presencia de equipo electrónico incrementa la necesidad de la protección contra sobrevoltajes.

Es necesario adoptar un sistema de protección contra sobrevoltajes que incluya a los conductores del sistema, partes metálicas del equipo, sistema de protección contra descargas atmosféricas, etc.

El sistema de puesta a tierra también puede ser usado para aumentar la compatibilidad electromagnética (EMC), que es la limitación en la emisión de interferencia electromagnética y la inmunidad a campos externos.

La interferencia se puede propagar ya sea por efecto inductivo, capacitivo o por radiación.

Cuando es necesario, existen tres posibles alternativas para reducir la interferencia:

- Reducción de la interferencia en la fuente.

- Reducción del grado de acoplamiento, por ejemplo, modificando el trayecto de los cables.

- Incremento de la inmunidad a la interferencia, por ejemplo, a través de componentes limitadores de voltaje.

Naturalmente, una buena puesta a tierra y la equipotencialidad de la misma es uno de los primeros medios para reducir la interferencia.

4.2.1 Estudio de Sobrevoltajes

Las causas de los sobrevoltajes son numerosas y las formas de onda son complejas. Se acostumbra clasificar los transitorios con base en el contenido de frecuencia de las formas de onda; por lo que se definen tres grandes categorías:

- Sobrevoltajes de la frecuencia de la energía.

- Sobrevoltajes por operación de interruptores.

- Sobrevoltajes por rayo.

4.2.1.1 Sobrevoltajes de la Frecuencia de la Energía.

Son sobrevoltajes temporales dominados por la componente de la frecuencia de la energía, su magnitud es baja en comparación con los sobrevoltajes por interrupción o por rayos; específicamente, la magnitud puede ser desde unos cuantos puntos porcentuales hasta 50 % arriba del voltaje nominal de operación.

Las causas más comunes de este tipo de sobrevoltajes son: fallas eléctricas y cambios súbitos de carga.

4.2.1.2 Sobrevoltajes por Operación de Interruptores.

Son sobrevoltajes temporales que resultan de una operación de interrupción. La operación de interruptores es frecuente en un sistema de energía. Se efectúan una variedad de operaciones de conexión y desconexión para los trabajos de rutina o bien en forma automática para los sistemas de protección y control.

Los sobrevoltajes que resultan de las operaciones de interruptores son proporcionales al voltaje del sistema.

Las causas más comunes de éstos sobrevoltajes son: energización de líneas, desenergización de bancos de capacitores, interrupción por falla, energización/desenergización de transformadores, reconexión de equipo de seccionamiento.

4.2.1.3 Sobrevoltajes por rayo.

Los sistemas de energía y telecomunicaciones están expuestos a la intemperie y por lo mismo están sujetos a descargas de rayos que dan lugar a sobrevoltajes.

Estos sobrevoltajes se generan por descargas directas o indirectas.

A diferencia de los sobrevoltajes de igual frecuencia que la energía y los sobrevoltajes por operación de interruptores, que son proporcionales al voltaje del sistema, los sobrevoltajes por rayo son independientes del voltaje del sistema.

4.2.2 Interferencia en los Sistemas de Telecomunicaciones

El vertiginoso desarrollo e incorporación de tecnologías de avanzada en los diferentes sectores de la actividad productiva, de servicios y doméstica, con un alto componente de sistemas basados en elementos y dispositivos electrónicos y/o eléctricos ha incrementado la contaminación electromagnética, convirtiéndose en un problema significativo y preocupante. Independientemente de la mayor o menor complejidad de los sistemas, los dispositivos o subsistemas que operan al interior de ellos son cada día de mayor precisión y funcionan con bajos niveles de polarización y señales, lo que los hace altamente susceptibles al modificarse el entorno electromagnético.

A través de la compatibilidad electromagnética se persigue conseguir un ambiente amigable entre los diferentes sistemas y tecnologías asociadas, de modo que operen dentro de especificaciones para las cuales fueron originalmente diseñados y no se degraden o sean causa de mal funcionamiento de otros sistemas. Esto se consigue, confinando cada sistema en su hábitat propio.

El entorno natural está superpuesto de ondas viajeras electromagnéticas distribuídas en un amplio espectro de frecuencias (de 25 Hz a 22 GHz), por lo tanto todo sistema que funcione en tal ambiente estará sometido a la interacción de campos eléctricos y magnéticos o a un conjunto complejo de ellos; si señales electromagnéticas no deseadas provocan una operación anormal en un sistema, se habla de interferencia electromagnética.

4.2.2.1 Tipos de Interferencia Electromagnética

4.2.2.1.1 Interferencia Electromagnética Conducida

Es la señal eléctrica no deseada intencional o no intencional que se propaga a través de líneas de suministro de potencia y/o interconexionado de cableado.[11]

4.2.2.1.2 Interferencia Electromagnética Radiada

Es la señal eléctrica intencional o no intencional que se propaga a través del espacio como una onda viajera electromagnética, originadas en fuentes de señal entre 25 Hz y 22 GHz.[11]

4.2.2.1.3 Interferencia Electromagnética Inter-Sistema

Esta clase de interferencia es el resultado de la interacción de diferentes tipos de equipos, sistemas, subsistemas, etc., los cuales no están bajo el control de un solo usuario, por lo que es más difícil de eliminar. Las frecuencias del espectro comprometido pueden ir desde el rango de la frecuencia de la línea de suministro hasta las decenas de GHz.

4.2.2.1.4 Interferencia Electromagnética Intra-Sistema

Esta clase de interferencia es el resultado de una autointerferencia o acoplamiento con una emisión no deseada dentro de un sistema, en el cual, la interferencia se produce porque señales cercanas radiadas son acopladas eléctrica y/o magnéticamente a través del alambrado y cables de alimentación AC/DC, en bajos niveles.

4.2.2.2 Fuentes de Interferencia Electromagnética

La generación de EMI o ruido radioeléctrico existentes en cualquier medio ambiente es el resultado de la contribución de las interferencias generadas por fuentes naturales y fuentes artificiales creadas por el hombre.

Fuentes Naturales:

* Terrestres.
    - Atmósfera.

* Extraterrestres.
    - Sol.
    - Cósmica.
    - Estrellas.

Fuentes Artificiales:

* Industria.
    - Soldadoras.
    - Calentadores.
    - Iluminación.
    - Ultrasonido.

* Sistemas de Ignición.
    - Motores de combustión interna.
    - Herramientas.
    - Vehículos.

* Máquinas eléctricas.
    - Instrumentación.
    - Máquinas industriales.

* Energía Eléctrica.

- Generación.
- Líneas de transmisión.
- Conversión.
- Distribución.

* Comunicaciones.

- Radiodifusión.
- Comunicaciones.
- Radar.
- Radio enlaces.

Las instalaciones de telecomunicaciones deben estar protegidas contra los voltajes de interferencia que se originan en las redes de conductores, como medidas de protección se tienen:

- En el caso de redes de conductores, se deben escoger rutas adecuadas para que los cables de telecomunicaciones eviten la proximidad.

- El uso de cables o conductores protegidos de las descargas atmosféricas.

- El uso de transformadores de aislamiento.

- El uso de supresores de voltaje.

En los sistemas con control electrónico central y sistemas electrónicos digitales, los sobrevoltajes transitorios en tierra y en las líneas de señal pueden llevar a errores en el procesamiento de datos, por lo que se deben tomar medidas para evitar la interferencia como: disposición de los conductores, equipotencialidad, apantallamiento y equipos de protección contra sobrevoltajes.

4.3 Protecciones

4.3.1 Protección Contra Sobrecorrientes[12]

Todos los conductores tienen una capacidad de corriente definida; si se sobrepasan éstos límites, la temperatura del conductor se incrementa, lo que ocasiona daño en el aislamiento y trae como consecuencia el peligro de incendio.

La corriente en todos los conductores se limita al máximo permisible, de acuerdo a sus características, a través de los elementos conocidos como protectores contra sobrecorrientes; los más comunes son: fusibles y breakers o disyuntores.

Los Fusibles, no son otra cosa que pequeñas piezas de metal, de un material y tamaño tal, que se fundirá o romperá cuando circule a través de él una corriente mayor a la establecida como capacidad nominal. Mientras mayor sea la sobrecorriente, más rápido se fundirá el fusible.

Los breakers o disyuntores, son los más usados en todo tipo de instalaciones.

Estos interruptores automáticos termomagnéticos proporcionan dos formas de protección contra sobrecorrientes.

La primera es la protección contra sobrecargas, la cual se logra por medio de una pieza bimetálica que da lugar a una respuesta inversa de tiempo contra corriente.

La segunda es la protección contra cortocircuitos, que se logra magnéticamente.

El disparo por sobrecarga, se obtiene a través de la deflexión de la pieza bimetálica, la cual se calienta por la corriente de sobrecarga y se dobla, lo que causa que el interruptor se abra mecánicamente. Mientras mayor sea la sobrecarga, más rápido será el disparo del interruptor automático y viceversa, lo que se conoce como principio del tiempo inverso.

La protección contra cortocircuitos se obtiene a través de la acción electromagnética de disparo, por lo común en menos de 20×10^{-3} s, durante esta condición de sobrecorriente se mueve una armadura por la fuerza electromagnética y se inicia la acción de disparo.

Todos los interruptores automáticos tienen una capacidad nominal, que será la corriente máxima que se espera que la carga haga circular durante 3 horas o más en forma continua. Las capacidades nominales pueden ser fijas o ajustables.

4.3.2 Protección de Sobre y Bajo Voltaje[12]

Los bajo-voltajes y sobre-voltajes son aquellas fluctuaciones del valor RMS del voltaje que exceden los valores permisibles durante un período de tiempo superior a los 2.5 seg.

Las condiciones de bajo voltaje son causadas, normalmente por "brownouts" (disminución del voltaje de red) de la Empresa Eléctrica, en las líneas de distribución, sobrecarga en las líneas de la propia instalación del usuario final, en líneas de instalaciones vecinas que se conectan en el mismo punto a la Empresa Eléctrica, etc. En ciertas ocasiones, estos brownouts son provocados por la propia Empresa Eléctrica para regular el grado de carga.

Los fenómenos de sobre voltaje se producen por una mala regulación de las líneas de la Empresa Eléctrica o por espectativas de carga más altas que las que se den en determinados casos.

Son casos de bajo voltaje los sags y casos de sobrevoltaje los surges, son de muy corta duración, las fluctuaciones del voltaje sobrepasan los límites permitidos durante períodos de tiempo inferiores a 2.5 seg. (del orden de 125 ciclos de la red). Son provocados por la conmutación de cargas pesadas tales como grandes motores, hornos eléctricos, etc. Se producen sags al conectar éstas cargas, pues generan fuertes corrientes de arranque que producen caídas de voltaje por el corto tiempo que la red eléctrica demora en recuperarse del impacto y estabilizar el voltaje. Los surges se producen en la condición inversa, es decir, al desconectarse tales cargas.

4.3.2.1 Dispositivos de Protección por Sobrevoltaje

Con toda seguridad, los sobrevoltajes temporales que ocurren en el aparato de un sistema de energía sobrepasan a su capacidad de soporte. En este caso, si se deja el aparato sin proteger, ocurrirá una falla de aislamiento. Por lo tanto, es necesario proteger contra sobrevoltajes los componentes de un sistema de energía. Un dispositivo de protección por sobrevoltaje debe, en el caso ideal, limitar los voltajes entre las caras del aislamiento de un aparato de energía por abajo de un valor especificado, conocido como nivel de protección. Su característica ideal de voltaje-corriente se observa en la figura 4.15.

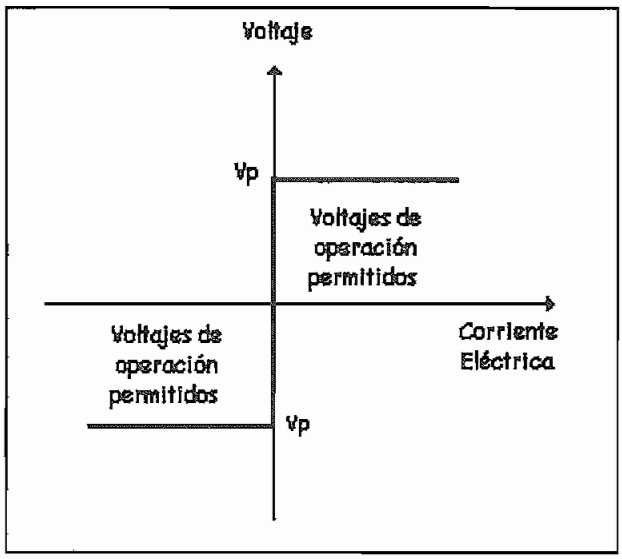


Figura 4.15.- Característica voltaje/corriente ideal de un elemento de protección por sobrevoltaje.

Específicamente, si el voltaje entre los terminales del dispositivo de protección es menor que el nivel de protección, el dispositivo debe tener entonces una impedancia infinitamente grande. Si el voltaje es mayor, el dispositivo debe permitir el paso de la corriente eléctrica a través del mismo, de tal manera que el voltaje quede sujeto al valor del nivel de protección. Por supuesto, en la realidad no existe un dispositivo con estas características, sino únicamente se acercan a lo indicado en grados variables. Los dispositivos de protección han ido evolucionando, así:

- Descargadores de aire.
- Supresores de sobrevoltajes con descargador (descarga disruptiva).
- Supresores de expulsión.
- Supresores del tipo de válvula con descargador (descarga disruptiva).
- Supresores de carburo de silicio (SiC) con descargador (descarga disruptiva).
- Varistores de metal y óxido.
- Varistores en derivación de metal y óxido con descargador (descarga disruptiva) (MOVs).

Las características más importantes de un dispositivo de protección son el nivel de protección y el nivel de resellado:

Nivel de Protección (V_p).- El voltaje máximo que permite el dispositivo entre sus terminales.

Nivel de Resellado (V_r).- El voltaje máximo abajo del cual el dispositivo de protección no deja pasar por él una corriente eléctrica significativa.

Los dos parámetros anteriores deben ser tan próximos como sea posible. El dispositivo de protección ideal tendrá los dos valores iguales, lo que lleva a la siguiente definición:

Indice de calidad de protección (PQI).- Es un valor que cuantifica la calidad de protección de las diversas tecnologías y se define como la razón del nivel de resellado al nivel de protección:

$$PQI = \frac{V_r}{V_p}$$

El dispositivo ideal de protección tendrá un índice PQI = 1.

La capacidad protectora de los dispositivos enumerados anteriormente ha ido aumentado con cada adelanto tecnológico, por lo que en la actualidad, los que ofrecen una mayor protección son los denominados MOVs.

Varistores de Metal y Oxido.- Un varistor de metal y óxido (MOV metal-oxide varistor) está formado por una variedad de materiales que se incorporan en el proceso de manufactura, que proporcionan las propiedades électricas deseadas, aproximándose a las del dispositivo ideal de protección, por lo que éstas dependen completamente del proceso de fabricación. La estructura típica de un MOV consta de partículas diminutas de óxido, conductoras en alto grado (generalmente de óxido de zinc, ZnO) suspendidas en un material semiconductor. El proceso de fabricación determina el tamaño de las partículas de óxido metálico, así como el espesor y la resistividad del material semiconductor. La clave para un buen proceso de manufactura es que las partículas conductoras de óxido metálico no se toquen entre sí, sino que queden separadas por material semiconductor. Esta estructura da al varistor las propiedades de un par de diodos zener conectados espalda con espalda.

Para evitar el desacoplamiento térmico y mejorar el funcionamiento a corrientes de descarga más altas, se ha dotado a los MOV de un descargador (descarga disruptiva) en derivación. El descargador está diseñado para dar el salto de chispa en cada caso en que la corriente de descarga que pase por el supresor exceda de un cierto valor. De esta manera, cuando la corriente de descarga aumente más allá del valor al que comienzan a deteriorarse las características deseables no lineales del MOV, el descargador en derivación produce un salto de chispa, dando como resultado un voltaje de descarga reducido y por lo tanto mejores características de protección.

Basándose en las capacidades nominales en Kilovolts, los supresores pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Supresores de estación.
- Supresores intermedios.
- Supresores de distribución.
- Supresores secundarios/industriales/comerciales.

Históricamente, los supresores de estación proporcionan los niveles de protección más bajos en relación con su capacidad nominal (tienen el índice de calidad de protección más alto) y son capaces de descargar la más alta cantidad de energía.

Los supresores intermedios tienen niveles de protección un poco más altos en relación con su capacidad nominal y su capacidad de descarga de energía es un poco menor.

Los supresores de distribución y secundarios tienen niveles de protección todavía más altos y son capaces de descargar aún menos energía.

En ciertos casos esta clasificación puede no ser válida, ya que ciertos productos emplean bloques MOV para los supresores secundarios de la misma calidad que los supresores de clase estación.

4.3.3 Protección Contra Descargas Atmosféricas

4.3.3.1 Mecanismos de los Rayos y sus características.

Las descargas atmosféricas eléctricas conocidas como relámpagos (de nube a nube o de nube a tierra) han capturado la imaginación y el temor de la raza humana desde tiempos inmemoriables.

La causa de los rayos es la separación y acumulación de cargas eléctricas en las nubes por mediación de ciertos fenómenos microfísicos y macrofísicos. Esta electrificación da como resultado intensidades de campo eléctrico suficientemente grandes para producir disrupción del aire y el desarrollo inmediato del rayo. Para explicar estos fenómenos, se han desarrollado algunas teorías. Las más útiles son las teorías de la precipitación y la convección y sus mejoras posteriores, de las cuales la más notable es la teoría de la temperatura de inversión de la carga.

La precipitación y la convección son procesos simultáneos en una nube de tormenta, sin embargo las dos teorías son distintas e independientes; pero a la vez, ambas postulan que la nube es un dipolo negativo (polo negativo cerca a la tierra).

La teoría más compleja que maneja actualmente el fenómeno de los rayos ha establecido el hecho de que la estructura de una nube de tormenta es tripolar, lo cual se explica a través de la hipótesis de la temperatura de inversión de la carga.

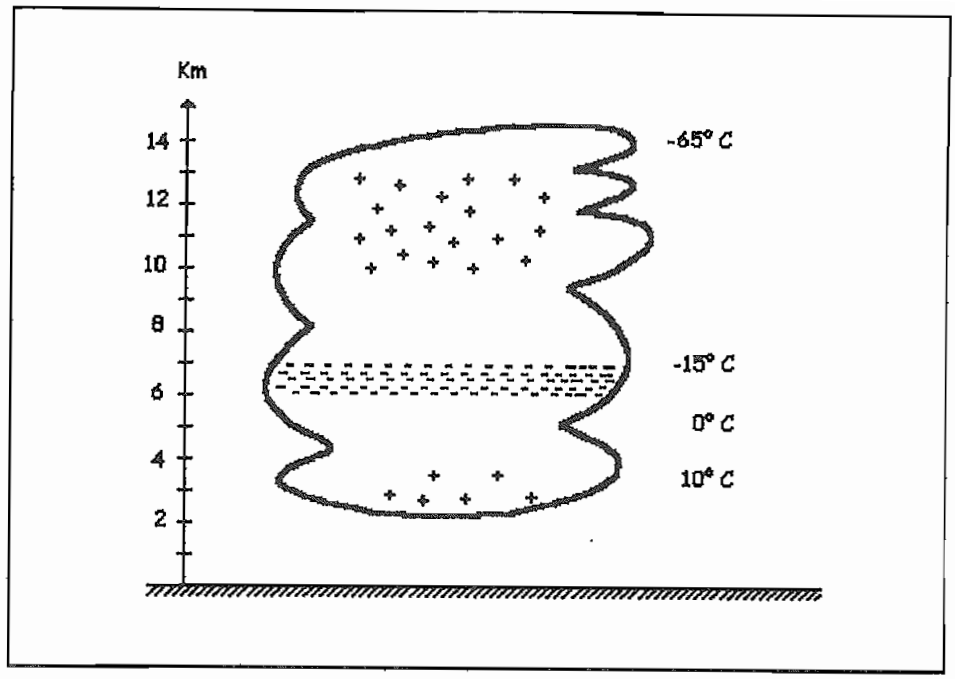


Figura 4.16.- Una nube de tormenta electrificada es típicamente tripolar.

Se inicia un rayo cada vez que la acumulación de carga en una nube de tormenta es tal que el campo eléctrico entre los centros de carga que se forman dentro de la nube o entre la nube y la tierra es muy intenso. Para efectos de protección de instalaciones, sólo tienen importancia las descargas de rayo (relámpagos a tierra) de nube a tierra.

Una nube electrificada genera un campo eléctrico en el espacio comprendido entre la nube y la tierra, como se puede observar en la figura 4.17.

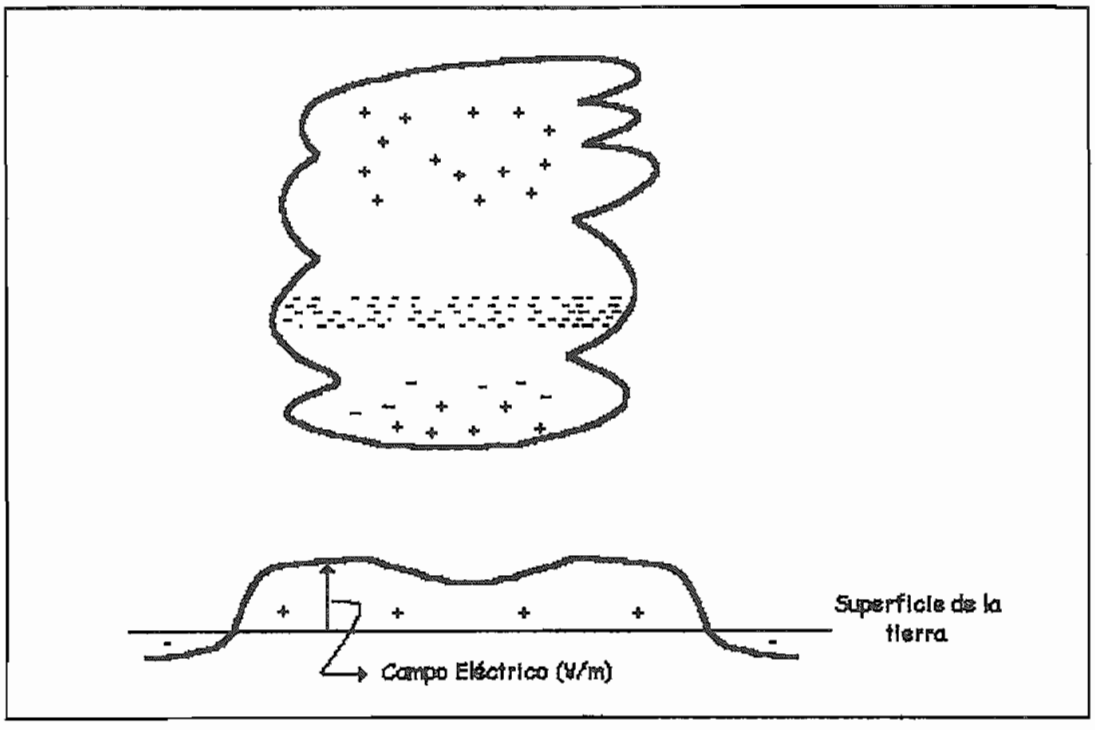


Figura 4.17.- Ilustración del campo eléctrico que se forma abajo de una nube electrificada.

Cuando la intensidad de este campo es suficientemente grande, se inicia una descarga. Es un proceso de tres fases: En la primera, la alta intensidad del campo eléctrico puede generar ionización local y descargas eléctricas que se conocen como descargas iniciales piloto. Una de éstas descargas va seguida por la llamada descarga escalonada. Esta es una secuencia de descargas eléctricas que son luminosas, se propagan con una velocidad aproximada del 15 a 20 % de la velocidad de la luz y son discretas, avanzando aproximadamente 50 metros cada vez. El tiempo que transcurre entre escalones varía entre unos cuantos microsegundos a varias decenas de microsegundos.

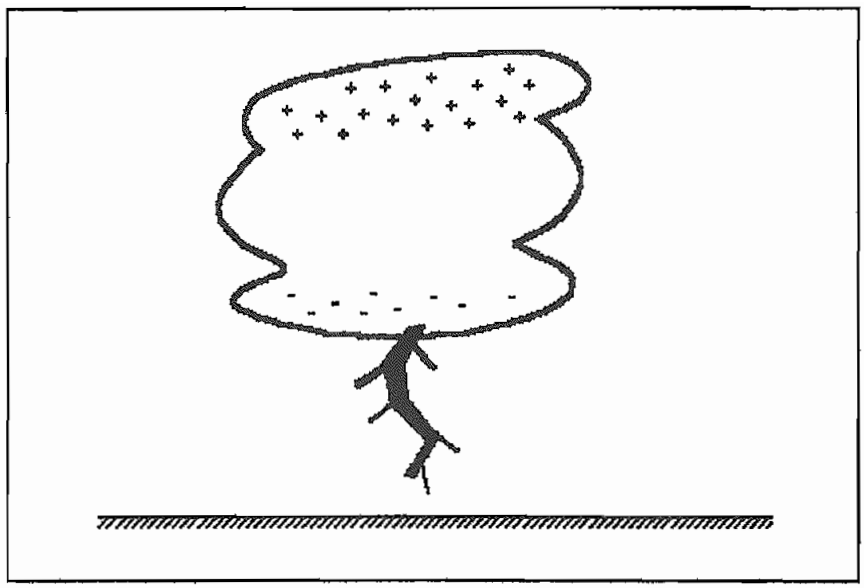


Figura 4.18.- Ilustración del desarrollo de una descarga escalonada.

La descarga escalonada llega finalmente a la superficie de la Tierra e incide en algún objeto de la misma. También es posible que se inicie una descarga escalonada sencilla o múltiple desde un objeto situado sobre la superficie de la Tierra. En este caso, dos descargas escalonadas pueden encontrarse en algún punto; incluso una descarga escalonada inicial puede partir de una estructura alta que esté sobre la Tierra y no a partir de una nube.

La segunda fase se inicia cuando la descarga escalonada alcanza un objeto situado sobre la Tierra o se encuentra con otra descarga escalonada que vaya en ascenso y que es una descarga de gran intensidad a través del camino marcado por la descarga escalonada. Esta descarga es extremadamente luminosa y por lo tanto visible. Se propaga con un velocidad de alrededor de 10 a 50 % de la velocidad de la luz.

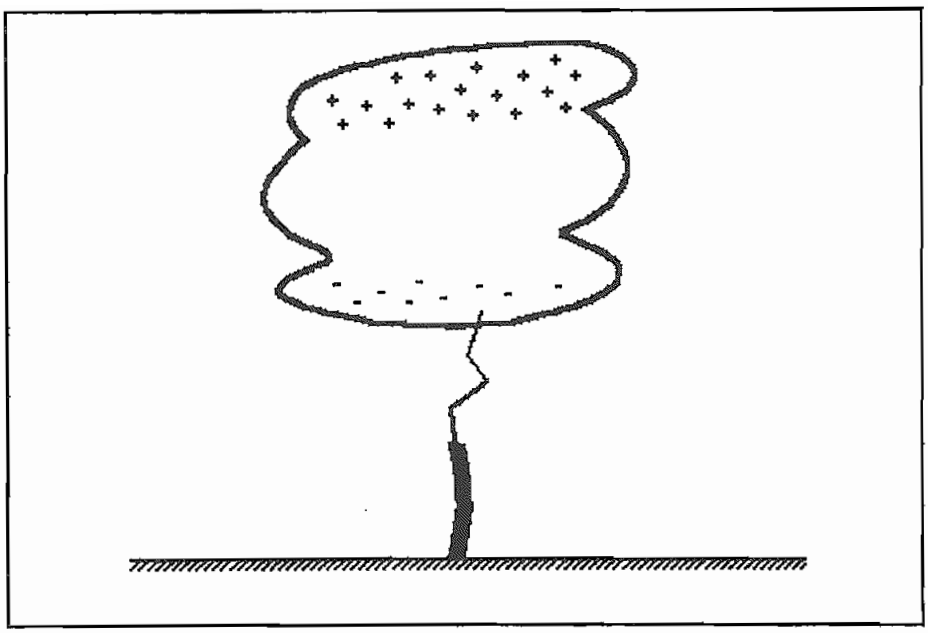


Figura 4.19.- Ilustración del desarrollo de la descarga de retorno.

En la figura 4.19 se puede observar el desarrollo de la descarga de retorno que lleva una corriente eléctrica comprendida entre unos cuantos miles de Amperios hasta un valor máximo de 200000 Amperios. La magnitud de la corriente se eleva rápidamente, dentro de 1 a 10 μs, hasta el valor de pico y luego decrece rápidamente. La descarga se conoce como la incidencia de retorno o como la descarga del rayo.

A través de la incidencia de retorno se transfiere una cantidad sustancial de carga positiva de la Tierra a la nube y específicamente al centro de carga en donde se originó el rayo. Esta transferencia da lugar a un descenso significativo del potencial del centro de carga.

Este fenómeno inicia la tercera fase del rayo: en esta fase pueden ocurrir descargas procedentes de otros centros de carga situados dentro de la nube, hacia el centro de carga agotado, por razón de la diferencia de potencial existente entre ellos. Esta descarga disparará otra descarga más entre la nube y la Tierra a través del canal de conducción establecido inicialmente.

Este proceso puede repetirse varias veces, dependiendo del estado de electrificación de la nube, dando como resultado varias descargas.

El paso continuo de la corriente del rayo puede ser destructivo por su larga duración, aun cuando la magnitud pueda ser mucho menor que la de la cresta de una descarga.

Los parámetros de las descargas de rayos a tierra más importantes son:

- Voltaje.
- Corriente eléctrica.
- Forma de onda.
- Frecuencia de ocurrencia.

El voltaje entre una nube y la Tierra antes de una descarga al terreno se ha estimado de 10 MV a 1000 MV. Sin embargo, para diseño, lo que interesa es el voltaje que aparece en el equipo en que ocurre la incidencia. Este voltaje será igual al producto de la impedancia por la corriente de la descarga.

En general, la corriente de descarga al terreno es independiente de la impedancia de terminación, ya que ésta es mucho más baja que la resistencia del canal de descarga del rayo, que está en el orden de unos cuantos miles de ohms. Por lo tanto, una descarga a tierra se considera normalmente como una fuente ideal de corriente en el punto de incidencia.

El pico de la corriente eléctrica de la descarga puede variar sobre un amplio intervalo: 1 a 200 kA. Muchos investigadores han reunido datos sobre las magnitudes de la corriente de descarga a tierra; entre éstos, ha tenido mucha aceptación el trabajo de Berger realizado en Mount San Salvatore en Suiza. En las figuras 4.20 y 4.21 se pueden observar la representación estadística de éstos datos.

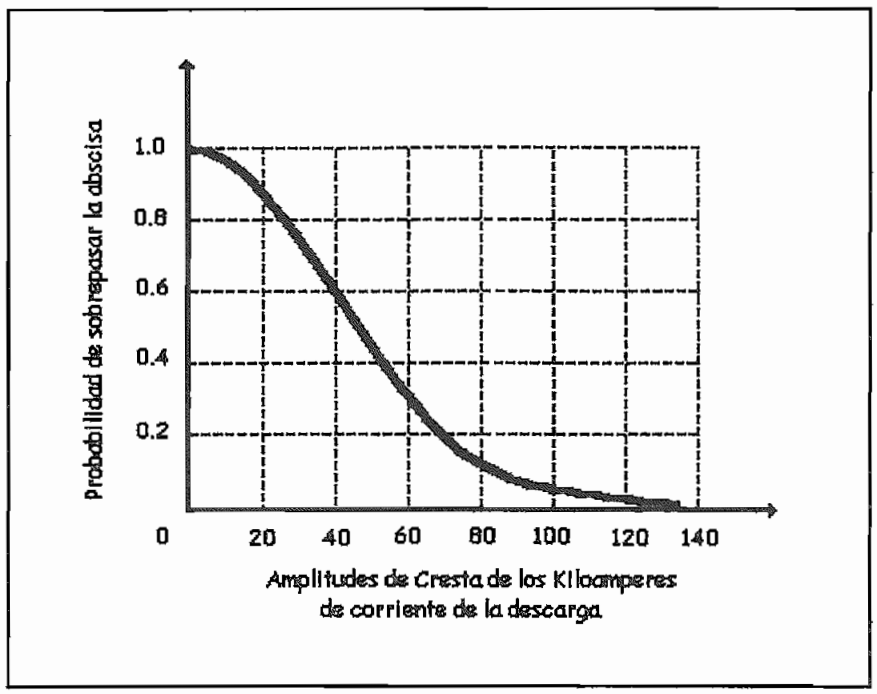


Figura 4.20.- Distribución de las magnitudes de la corriente del rayo.

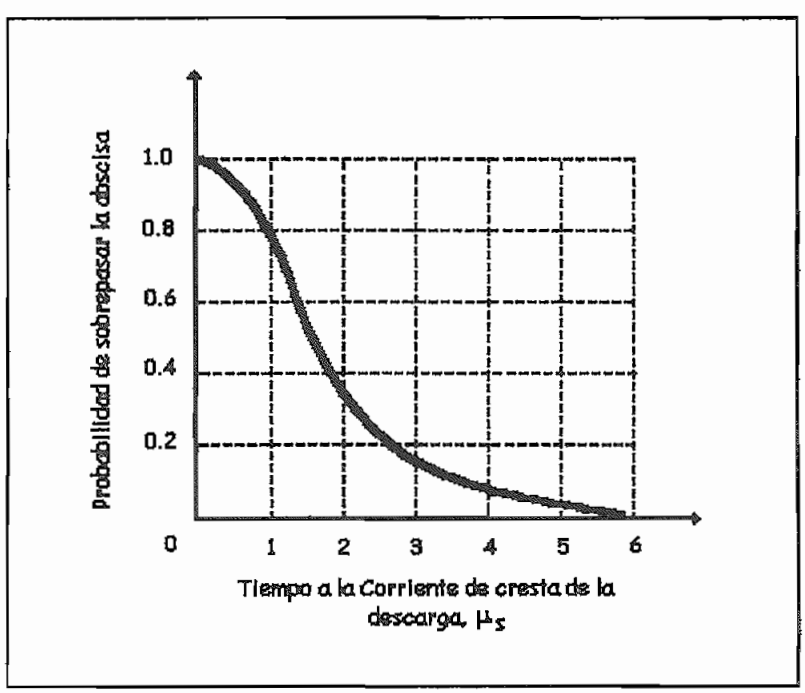


Figura 4.21.-Distribución de los tiempos de elevación de la corriente del rayo.

La frecuencia de ocurrencia es también un parámetro muy importante. Para poder cuantificar la actividad del rayo, se ha introducido la medida "tosca" del "Día de Tormenta"; el cual se define como un período de 24 h en el cual se ha oído por lo menos un trueno. La recolección de datos históricos de actividad de tormenta eléctrica da como resultado mapas de curvas de igual intensidad de los días de tormenta. Estos mapas se conocen como mapas isoceráunicos. Es importante aclarar que este mapa, por definición, proporciona sólo una medida muy burda de la actividad de descargas eléctricas, ya que no proporciona información alguna acerca de la frecuencia y la actividad total de las descargas; no obstante, al no disponer de mejores datos, se emplean los mapas isoceráunicos para la estimación de la actividad en una determinada área.

4.3.3.2 Area de Atracción

El concepto de área de atracción refleja el principio de que un objeto que se encuentra a mayor altura que los elementos que le rodean, es más susceptible de ser impactado por un rayo, a pesar de tener un área pequeña, por ejemplo, torres, antenas, cables, etc.

Para estructuras con altura menor a 100 metros, que generalmente no reciben gran cantidad de descargas, tenemos una expresión que calcula el radio de atracción:

$$r_a = 80\sqrt{h}(e^{-0.02h} - e^{-0.05h}) + 400(1 - e^{-0.0001h^2})$$

En donde la *altura h* está en metros.

El área de atracción es:

$$A_a = \pi r_a^2$$

Para estructuras más largas, se debe tener en cuenta un factor de multiplicación:

$$F_T = 1 + 2^{(9 - 1500/h)}$$

Los edificios que no exceden el nivel medio de las copas de los árboles, básicamente tendrán una área de atracción igual al área de su techo, asumiendo que ésta cubre totalmente al edificio.

Para los edificios que son mucho más altos que el resto de elementos en su alrededor, se tendrá la siguiente área de atracción:

$$A_a = wl + \pi r_a^2 + 2r_a(w + l)$$

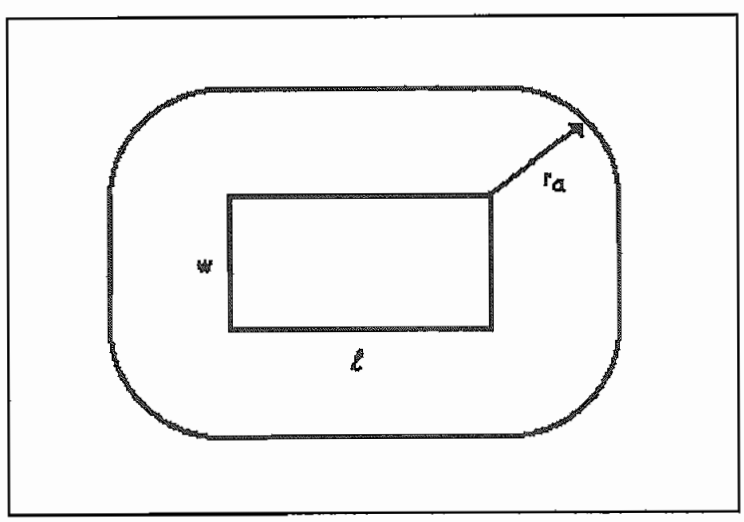


Figura 4.22.- Area de atracción de una estructura rectangular.

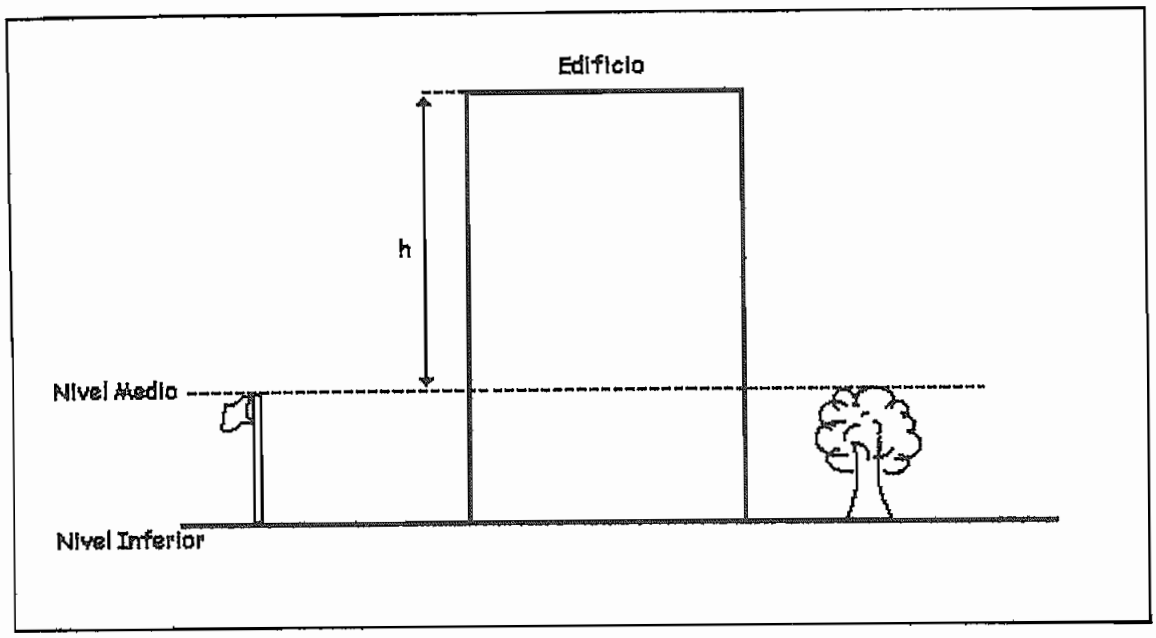


Figura 4.23.- Altura efectiva de una estructura

El número de descargas que se pueden esperar en una estructura dada es el producto de la densidad de descargas σ_y por el área de atracción A_a.

La densidad de descargas viene dada por:

$$\sigma_y = 0.007\, T_y^2$$

Donde T_y es el número de días de tormenta por año.

4.3.3.3 Cono de Protección

Esta habilidad que tienen las estructuras altas para atraer los rayos hacia ellas sirve para proteger a los objetos y estructuras más pequeños. Efectivamente, una estructura alta establece una zona de protección alrededor de ella. Esta zona se conoce como zona o cono de protección.

La zona de protección proporcionada por una varilla o mástil vertical puesto a tierra, se define como el espacio encerrado por un cono circular recto con su eje coincidiendo con el mástil y el ángulo de apertura en la punta del mismo, como se puede observar en la figura 4.24.

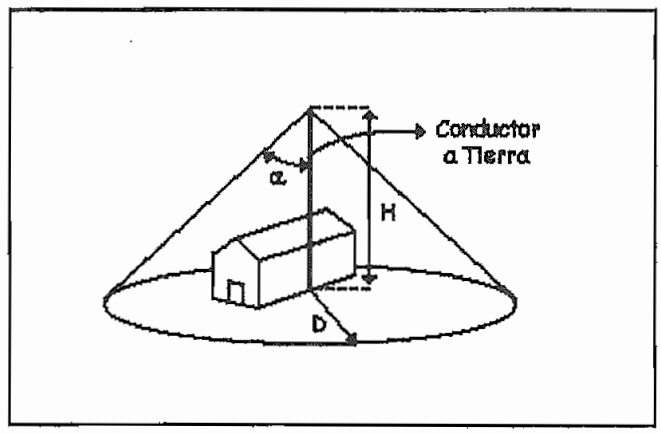
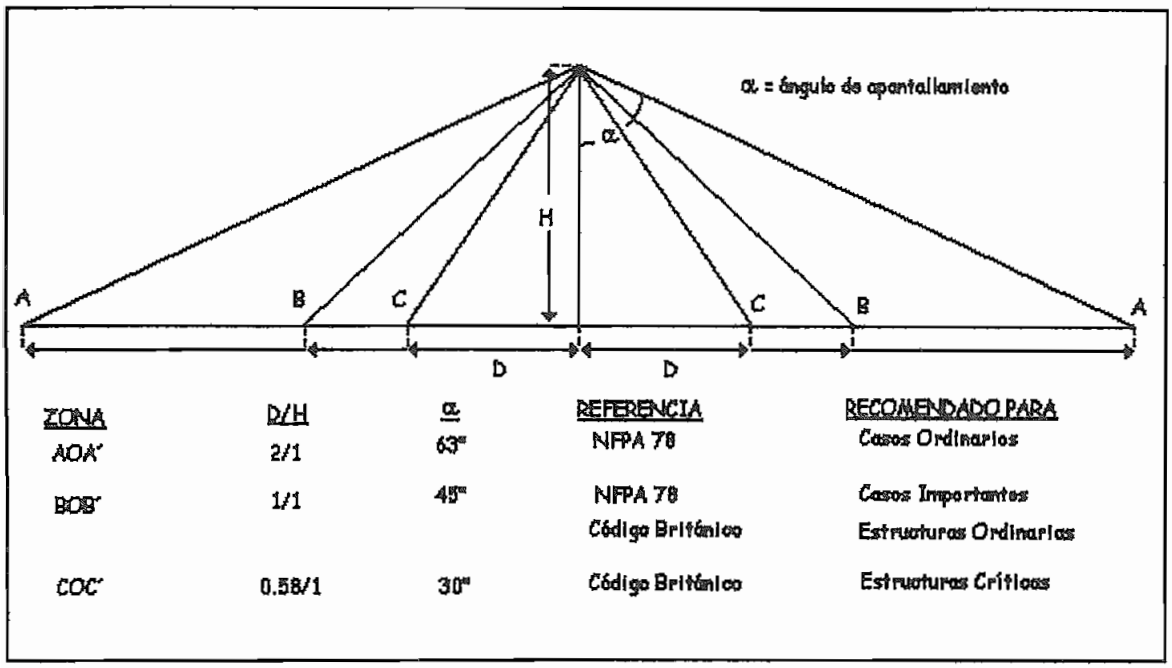


Figura 4.24.- Zona de protección de un mástil vertical.

El cono de protección se expresa como la relación de la distancia horizontal de protección, *D*, a la altura, *H*, del mástil. Esta relación es la tangente del ángulo de protección o apantallamiento, α.



ZONA	D/H	α	REFERENCIA	RECOMENDADO PARA
AOA'	2/1	63°	NFPA 78	Casos Ordinarios
BOB'	1/1	45°	NFPA 78 Código Británico	Casos Importantes Estructuras Ordinarias
COC'	0.58/1	30°	Código Británico	Estructuras Críticas

Figura 4.25.- Algunos ángulos de apantallamiento usados comunmente.

El código de protección contra descargas atmosféricas NFPA, recomienda una zona de protección 1:1 (α = 45 °) para áreas importantes, mientras que una zona 2:1 (α = 63 °) se acepta para áreas de menor importancia. El código Británico establece que un ángulo de apantallamiento de 45 ° brinda un aceptable grado de protección para estructuras ordinarias, pero para estructuras con explosivos o líquidos inflamables, el ángulo de apantallamiento no debe exceder los 30 °.

4.3.3.4 Determinación de la Protección contra Descargas Atmosféricas del Proyecto

Como datos iniciales tenemos:

Superficie del terreno: 35 m x 35 m.

Altura de las construcciones: 15 m. sobre el nivel de la calle.

Area circundante: Bosque. Los árboles sobrepasan la altura de las construcciones.

Como dato principal se debe mencionar que, para transmitir señales de radio y micro onda, se construirá una torre metálica de 25 m de alto sobre el nivel de las construcciones.

Partiendo del concepto de cono de protección de las figuras 4.24 y 4.25, de las páginas 158 y 159 respectivamente, con un ángulo de apantallamiento α=45 °, se tendrá un radio de protección de 40 m., a nivel de la calle, con la estructura metálica mencionada anteriormente; y un radio de protección de 25 m. en un plano horizontal localizado en la base de la torre.

Esto quiere decir que al colocar un protector contra descargas atmosféricas en la punta de la torre, todas las construcciones quedarán protegidas.

CAPITULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Todos los equipos de comunicación satelital de un Telepuerto son alimentados por energía eléctrica, por lo tanto, la confiabilidad del servicio de comunicaciones depende 100 % del sistema de suministro de electricidad.

   El sistema eléctrico de un Telepuerto Satelital es el motor que le da vida al sistema de comunicaciones y por lo tanto se lo debe manejar con altos índices de seguridad y continuidad.

2. Para el estudio de carga, se deben tener en consideración la potencia unitaria y características de los equipos, la cantidad de equipos similares, el factor de simultaneidad, las características propias de la instalación y el tipo de servicio.

3. En lo referente a la alimentación desde la red pública, todos sus componentes y la ubicación e instalación de los mismos, deberán estar de acuerdo a las normas vigentes para el diseño y construcción de redes eléctricas, establecidas en las Empresas Eléctricas correspondientes. Estas normas dependen de la ciudad en que será instalado el Telepuerto Satelital, ya que en el Ecuador existente varias Empresas Eléctricas que abarcan determinadas zonas de concesión.

4. En la Sala Operativa es indispensable la presencia de un acondicionador del aire, ya que se deben mantener la temperatura entre 16 y 32 °C y la humedad relativa entre 20 % y 80 % para que los equipos funcionen en óptimas condiciones. Cuando no existe control de éstas variables, se disminuye la vida útil del equipo y su funcionamiento no es confiable.

   Para determinar la capacidad del aire acondicionado, se deben considerar los siguientes factores: disipación de calor del equipo; disipación de calor del personal y de las luminarias, introducción de aire fresco, ventilación, conducción de calor a través de paredes, techos, pisos, puertas y ventanas.

5. El método más recomendable para distribución del aire acondicionado, es a través del espacio libre existente bajo el piso falso, ya que no es necesario la construcción de ductos para conducción del aire, y se aprovecha su movimiento natural para lograr el objetivo de ventilación.

6. Para proteger al personal y al equipo dentro de la Sala Operativa, se debe contar con un equipo de extinción de incendios, basado en el principio de inundación total, que garantice la descarga del gas en menos de 10 segundos, desarrollando una concentración de agente extintor uniforme en el interior del local.

   Por ningún concepto se utilizará gas Halon para el sistema contra incendios; se debe utilizar cualquiera de los nuevos agentes alternativos que son aceptables para la protección ambiental de la capa de ozono y para proteger áreas ocupadas por personas; como los citados en la página 34.

7. El sistema de Suministro de Emergencia, estará conformado por los siguientes bloques:

* Generador de Emergencia.
* Tablero de Transferencia o Conmutación.
* Fuente de Energía Ininterrumpida (UPS).

8. El dimensionamiento del grupo electrógeno debe ser lo más exacto posible, ya que al tratarse de un motor, su vida útil se verá disminuída notablemente si el equipo funciona con un valor menor del 70 % de carga nominal.

9. En un Telepuerto Satelital, siempre se debe disponer de un segundo grupo electrógeno, capaz de soportar las cargas críticas en el caso de que se produzca una falla en el grupo principal o para utilizarlo durante el mantenimiento del mismo.

10. Con el objeto de que exista compatibilidad entre el grupo generador y el UPS, es obligatorio que el generador de emergencia esté provisto de un regulador de velocidad de tipo electrónico.

11. Los grupos electrógenos deben llevar siempre acoplamientos flexibles para todas las conexiones exteriores (combustible, agua, tubo de escape, conductos eléctricos, etc.); con el objeto de aislar las vibraciones.

    Con el mismo objeto, los grupos electrógenos, estarán sustentados sobre aisladores de vibración, de muelle de acero, con un disco de goma.

12. El UPS, como todo equipo eléctrico o electrónico, puede fallar; debido a que en un Telepuerto Satelital, todos los equipos de comunicación están conectados al UPS, al fallar éste, todos los procesos se cortan. En previsión de esto, el UPS debe ser instalado en configuración redundante.

13. Para la puesta a tierra, el arreglo que más se recomienda es el topológico, que consiste en una geometría plana, realizada con conductor de cobre desnudo, enterrada a 0.5 m del nivel del suelo, y con electrodos colocados en sus vértices y/o perímetro.

    Las varillas que se entierren, deberán conservar una distancia mínima de separación entre ellas igual a la longitud de las mismas, y una distancia máxima igual al doble de esta longitud.

14. Las uniones de la malla de tierra se deberán realizar por medio de suelda cadweld o exotérmica, para que sean mecánicamente fuertes, presenten baja impedancia y no sean afectadas ni deterioradas por una posterior corrosión.

15. El valor exigido para la resistencia de un sistema de puesta a tierra, en un Telepuerto Satelital, es menor o igual a 1 ohmio.

16. El neutro del transformador debe estar conectado al sistema de puesta a tierra, para asegurar una baja resistencia en el camino de retorno; y éste debe ser el único punto en el cual exista conexión entre neutro y tierra.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Con el objeto de realizar un estudio de carga real, es recomendable que los datos se tomen de la placa de características técnicas para todos los equipos.

2. Si bien es cierto que existen normas para el diseño y construcción de redes de distribución, no se justifica el hecho de que cada Empresa Eléctrica tenga ciertos parámetros distintos. Se recomienda realizar estudios tendientes a la unificación de normas a nivel nacional.

3. En cuanto al diseño de alimentadores y en general de instalaciones internas, debería existir un ente dedicado a la aprobación del diseño y construcción de los mismos, ya que éstos también forman parte de un sistema eléctrico. Con esto se lograría diseños y dirección técnica de Ingeniería, confiables.

4. En instalaciones de equipo electrónico, se debe recomendar el uso de aire acondicionado diseñado específicamente y no el de uso común y corriente, de confort.

5. Por la importancia de la temperatura ambiente de trabajo, es recomendable que el diseño arquitectónico de la Sala Operativa del Telepuerto no contemple la presencia de ventanales, con el objeto de impedir el acceso de luz solar o cualquier tipo de efecto por la temperatura exterior.

6. Se deben realizar estudios tendientes a crear una normativa en cuanto a sistemas de protección de incendios.

7. Deberá realizarse un estudio estricto de demanda futura para evitar sobre o subdimensionamientos, que afectarían técnica y financieramente al proyecto.

8. Debido a que el sistema eléctrico es el corazón del Telepuerto Satelital, se recomienda que la redundancia en el grupo electrógeno y el UPS sea obligatoria. De igual manera se recomienda que sea un Ingeniero Eléctrico el encargado del diseño, construcción y posterior mantenimiento de todo el sistema.

9. Debido a la importancia del sistema de puesta a tierra, se recomienda realizar estudios que tienda a la elaboración de una normativa; con el objeto de establecer parámetros, en cuanto a tipo de materiales y forma de construcción.

REFERENCIAS

1. EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A., Normas para Sistemas de Distribución, Partes A, B, C,, Quito, 1979.

2. CABLEC, Catálogo de Conductores Eléctricos, Quito.

3. IBM, Technical Newsletter, Quito, 1989.

4. FIERRO, DELIA MARIA, Simulación de las Condiciones Ambientales de un Centro de Cómputo, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1991.

5. GUAYASAMIN, JULIO, Simulación del Sistema de Seguridad de un Centro de Cómputo, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1991.

6. RAMIREZ VASQUEZ, JOSE, Centrales Eléctricas, Enciclopedia Ceac de Electricidad, Barcelona, 1982.

7. SOTOMAYOR, GONZALO, Diseño de un Sistema de Emergencia Automático, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1980.

8. DELGADO, EDGAR, Sistemas Eléctricos de Emergencia, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1979.

9. RODRIGUEZ, RENE, Diseño y Construcción de un Sistema Ininterrumpible de Energía Alterna para Equipos Electrónicos, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1993.

10. GARCIA MARQUEZ, ROGELIO, La Puesta a tierra de Instalaciones Eléctricas, Barcelona, 1991.

11. CARRANZA, JORGE, Una visión de la Compatibilidad Electromagnética en plantas mineras e industriales, Concepción, 1996.

12. FINK, DONALD, Manual de Ingeniería Eléctrica, Volúmenes I, II, III, IV, México, 1996.

13. CARRANZA, JORGE, Sistemas de Puesta a Tierra, Concepción, 1996.

ANEXO 1

COSTOS

DISEÑO DEL SUMINISTRO Y PROTECCIONES DEL SISTEMA ELECTRICO DE UN TELEPUERTO SATELITAL	
COSTO DEL EQUIPAMIENTO	
DESCRIPCION	**COSTO USD.**
Cámara de transformación 200 KVA, 6300 -210/121 V. consta de: Transformador trifásico 200 Kva. Equipo de protección y seccionamiento Malla de tierra para la cámara Cable de potencia unipolar No. 2 apantallado Terminales de cable unipolar Accesorios para conductores Herrajes galvanizados Material menudo	11000
Acometida 3x(4x1/0)+1x(2x1/0) AWG, TTU desde la cámara de transformación hasta el tablero de distribución.	600
Aire acondicionado de 130 KBTU/Hr	27000
Sistema de extinción de incendios	20000
Generador Caterpillar 3304 B	28000
Tablero de transferencia automática	5000
Acometida 3x(2x2/0)+2/0 AWG, TTU desde el grupo electrógeno hasta el tablero de distribución.	250
UPS de 40 KVA	48000
Acometida 3x(1/0)+2 AWG, TTU desde el grupo electrógeno hasta el tablero de distribución.	500
Malla de tierra	2500
Protección contra descargas atmosféricas	2500
SUMAN	**145350**
DIRECCION TECNICA	**7268**
GRAN TOTAL	**152618**

ANEXO 2

PLANOS