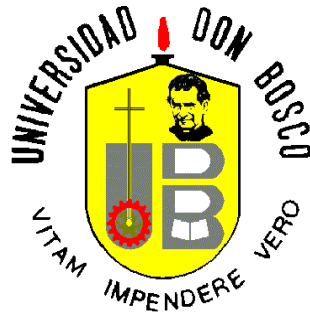


**UNIVERSIDAD DON BOSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION  
ELECTRICA PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL  
HOSPITAL NACIONAL ROSALES**

**TRABAJO DE GRADUACION  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**JORGE ERNESTO PEREZ REYES**  
**ALDO RODRIGO MANZANARES**

**FEBRERO - 2003**

**SOYAPANGO    EL SALVADOR    CENTROAMERICA**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

**RECTOR**

*ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA*

**SECRETARIO GENERAL**

*LIC. MARIO RAFAEL OLMOS*

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

*ING. CARLOS GUILLERMO BRAN*

**ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

*ING. WILFREDO ANTONIO DE JESÚS MELARA PINEDA*

**JURADO EVALUADOR**

*ING. MANUEL FERNÁNDEZ MARENCO*

*ING. CARLOS ALEXANDER LOPEZ BARILLAS*

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**“ DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA  
PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL HOSPITAL NACIONAL  
ROSALES “**

---

ING. MANUEL F. MARENCO

JURADO

---

ING. CARLOS A. LOPEZ

JURADO

---

ING. WILFREDO A. MELARA

ASESOR

## AGRADECIMIENTO

A **Dios Todopoderoso**, por su fidelidad y por darme fortaleza y sabiduría que me ayudaron a finalizar a buen término éste trabajo de Tesis y al mismo tiempo mis estudios universitarios.

A mis padres **Jorge Alberto y Rosa Amalia** y hermanos **Wilson y Nancy**, que me apoyaron en todo momento en el transcurso de mi carrera.

A **Lizeth Jiménez**, por brindarme su compañía, apoyo y paciencia incondicionales para seguir siempre adelante.

A mi compañero **Aldo Manzanares**, por compartir su amistad y ayuda.

A nuestro asesor **Ing. Wilfredo Melara**, por compartir sus conocimientos.

Al personal de mantenimiento del Hospital Rosales.

A todas las demás personas que de alguna forma nos ayudaron en la realización de éste trabajo.

**Jorge Ernesto Pérez Reyes**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al **Señor Jesús** y su Santa Madre la **Virgen Maria** por haber podido culminar mi carrera con dicha y buena salud.

A mis **padres José y Maria** que estuvieron conmigo en todo momento, apoyándome hasta el cansancio para que pudiéramos disfrutar este éxito.

A mi **hermano Francisco** por todo su apoyo logístico en el que ha colaborado y ese apoyo incondicional con el que he contado en la carrera.

Un agradecimiento muy especial para **Ana Cristina** que ha sido mi compañera en este camino; a ella le consta los sacrificios y esfuerzos que esta carrera ha exigido de mi parte, gracias por tu confianza y comprensión así como también por ser el hombro donde he podido apoyarme muchas veces.

Y por ultimo a mis **amig@s** que se han preocupado en todo momento por la culminación de la carrera y de cierta forma han impulsado mi realización profesional.

Muchas bendiciones a todos ustedes

**Aldo Manzanares**

# INTRODUCCION

El Hospital Nacional Rosales, con aproximadamente 100 años de funcionamiento, presenta deficiencias muy marcadas en cuanto a la eficiencia, confiabilidad y seguridad de sus instalaciones eléctricas, debido a diferentes factores que a través de los años han ido en aumento.

En este trabajo se pretende mostrar, la situación actual de las instalaciones, así como presentar una propuesta del diseño de una nueva instalación eléctrica, que cumpla con los requerimientos mínimos fundamentados en normas internacionales, para proporcionar un servicio eléctrico que sea confiable y seguro a las instalaciones y equipos eléctricos instalados en el hospital, así como también a las personas que laboran o hacen uso de sus instalaciones.

En el Capítulo I se describen los conceptos básicos teóricos, así como los requerimientos de diseño del sistema de distribución eléctrica en alta y baja tensión en hospitales.

Se analizan los principales componentes, configuraciones y características de una subestación eléctrica. Algunos de estos elementos son: Transformadores, Dispositivos de Protección, Dispositivos de Transferencia, Fuentes de Energía Alternativa, Red de Tierra, Distancias de seguridad en subestaciones.

En el Capítulo II se presenta el diagnóstico de la red eléctrica del hospital, mostrando los resultados y análisis de las mediciones eléctricas de campo realizadas en las principales subestaciones del hospital, así como también los gráficos comparativos de cada uno de los parámetros medidos. Además, se presenta la demanda eléctrica medida por la Compañía Eléctrica de San Salvador (CAESS).

En el Capítulo III se presentan las especificaciones técnicas de construcción de la nueva red eléctrica propuesta a 23 kV, describiendo los alcances de la obra, calidades de los materiales, métodos de instalación y normas técnicas aplicables.

En el Capítulo IV se presentan todos los cálculos realizados para el diseño de la nueva red eléctrica de alta y baja tensión, incluyendo subestaciones, protecciones, equipos de rayos X, etc.

En el Capítulo V, se presenta la inversión requerida para realizar la construcción de la obra, describiendo en forma general el costo de los equipos, accesorios y mano de obra.

## **IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DEL TEMA.**

Las instalaciones eléctricas del Hospital Rosales se encuentran en gran parte, muy deterioradas y han experimentado un crecimiento sumamente desordenado por lo que podemos notar, por ejemplo, subestaciones muy antiguas que probablemente ha terminado su vida útil; subestaciones sobrecargadas, subutilizadas, mal protegidas, mal localizadas; cables de media y baja tensión en mal estado; caídas de potencial fuera de norma; falta de planos eléctricos actualizados, etc.

Uno de los mayores problemas que causa ésta situación, es la caída de tensión en la red eléctrica interna del hospital, lo cual se ve reflejado en el aumento del consumo, así como la visible inseguridad a pacientes, personal médico y paramédico del hospital.

Por otra parte, la tensión primaria que actualmente es de 4.16 kV en la mayor parte del hospital, tiende a desaparecer en El Salvador, por lo que se debe rediseñar la red eléctrica a tensión de servicio primaria de 23 kV.

Un hospital debe proporcionar un servicio de calidad y seguridad a toda la población que hace uso de sus servicios. Para lograr este objetivo, es indispensable realizar un ordenamiento de la red eléctrica de alta tensión y baja tensión, y sustituir los equipos eléctricos en mal estado, para garantizar un servicio que sea continuo, eficiente, seguro y económico.

La importancia del presente trabajo se fundamenta en los grandes beneficios con los que contaría el Hospital Rosales (eficiencia, seguridad, control de factura, etc.) al poseer instalaciones eléctricas adecuadas en base al cumplimiento de normas internacionales (ANSI, IEC), actualización del nivel de Tensión Primaria y las necesidades de crecimiento, ya que se tendría la capacidad de proporcionar más y mejores servicios, a un menor costo y con mayor seguridad para los pacientes y empleados del hospital.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una red eléctrica primaria aérea a 23 KV y una red eléctrica secundaria a 120/208 V, para obtener mayor eficiencia, seguridad y economía, cumpliendo con las respectivas normas y estándares eléctricos, hospitalarios, nacionales e internacionales.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnóstico de la red eléctrica actual.
- Planificar el sistema de manejo de la energía eléctrica de forma eficiente y continua de las diferentes áreas del hospital comprendidas en este proyecto, por medio de una nueva red eléctrica primaria y secundaria.
- Potenciar ahorro económico y energético en el consumo de electricidad.
- Corregir el factor de potencia.
- Que el nuevo diseño cumpla con las normas eléctricas de seguridad existentes para hospitales.
- Homogenizar la red eléctrica primaria a 23 kV.
- Elevar la seguridad del sistema eléctrico de tal forma que se asegure la continuidad de la energía en las áreas críticas y se minimizen los riesgos a recibir descargas eléctricas al personal médico y pacientes.
- Volver al sistema eléctrico más flexible para absorción planificada de mas cargas a futuro.
- Estimar la inversión requerida para la implementación del nuevo diseño.
- Elaborar planos eléctricos de las instalaciones actuales y del nuevo diseño.

## ALCANCES

- Las diferentes áreas del Hospital Rosales que incluye el presente proyecto, para fines de diseño de la red eléctrica, son las siguientes:

1. Consultorios
2. Colecturía
3. Laboratorio Clínico
4. Consulta Externa
5. Dpto. de Radiología
6. Sala de Cirugía
7. Archivo de Placas
8. Fábrica de sueros
9. Area de mantenimiento
10. Banco de sangre
11. Bodega
12. Capilla
13. Guardería
14. Oficinas Administrativas
15. Dormitorios de residentes
16. Unidad de Terapia
17. Unidad de encamados de hombres
18. Unidad de encamados de mujeres

- Las áreas que no están comprendidas en el presente proyecto son las siguientes:

1. Unidad de Emergencias
- El diseño de la red eléctrica incluye: Subestaciones, Tableros Principales y Subtableros. No se incluyen los circuitos derivados correspondientes, pero éstos serán tomados en cuenta en el censo de carga por lo que se identificarán las características eléctricas de las cargas más importantes.

- Los equipos de distribución eléctrica de 4.16 kV que se encuentran en funcionamiento actualmente, no serán utilizados en el nuevo diseño. Se analizará la reutilización de los equipos de 23 kV que se encuentran ya instalados.
- Diseño del diagrama unifilar de la nueva red primaria a 23 KV.
- Se definirá la localización y dimensionamiento de las plantas eléctricas de emergencia. Asimismo se analizará la reutilización de las Plantas Eléctricas de Emergencia que actualmente se encuentran en funcionamiento.
- Se elaborarán planos eléctricos de la red existente y la red propuesta en nuestro proyecto, en base a normas y simbología internacionales.
- Se realizará un estudio (censo) de carga por tableros principales y subtableros, tomando en consideración los siguientes parámetros: corrientes de fase, Potencia, factor de potencia y voltaje. También si es necesario, se tomará en cuenta el estudio de algunas cargas críticas.
- Se elaborará un presupuesto para la ejecución del proyecto, tomando en consideración los precios actuales en el mercado.
- No se realizará el diseño civil ni se llevará a cabo la implementación física del proyecto.
- Se realizará el diseño de la red interconectada a tierra de la subestación.
- Las normas eléctricas a utilizar son:  
Normas Internacionales: ANSI e IEC.

## LIMITACIONES

- Diseño del sistema eléctrico primario a 23 kV, predeterminado por la compañía distribuidora.
- Se evaluará la tecnología alcanzable en nuestros medios y con los precios actuales del mercado exclusivamente.
- El diseño de la red primaria aérea se acomodará a la ubicación física de los inmuebles ya existentes. Por otra parte, la red secundaria a 120/208V se diseñará de manera que los cambios no desplacen la alimentación directa de los equipos u otras cargas ya instaladas.
- No se cuenta con planos eléctricos, manuales, o estudios realizados con anterioridad, por lo tanto, los cálculos estarán sujetos a la información recolectada en el campo y a tendencias de crecimiento de cargas.
- Alto costo de información actualizada (libros, manuales, normas, software, etc.)
- Tiempo de ejecución del trabajo de graduación limitado por la universidad.

## SITUACION ACTUAL

El Hospital Nacional Rosales cuenta con una red eléctrica deficiente, tanto en servicio primario como también en secundario. El hospital posee 5 puntos de entrega de energía en alta tensión, uno de ellos a 23 kV y los restantes a 4.16 kV. Existen 13 puntos de transformación en total. Algunos de éstos puntos de transformación, se encuentran en estado sumamente crítico y en peligro de colapsar, debido a que se encuentran sobrecargados. Por otro parte, existen algunos transformadores que están siendo subutilizados como es el caso de la subestación No.4, la cual solo alimenta el cuarto de radiología y al árbol navideño cuando éste es utilizado. Por los estudios que se han registrado hasta el momento, se puede observar también que en dos de las subestaciones se están teniendo muy bajos factores de potencia, así por ejemplo, en la subestación No.10 que alimenta el edificio de medicina nuclear, se tuvo un F.P. en el mes de agosto, 2001 de 41.10% provocando una multa de \$ 658.33, una cantidad inadmisibles para la institución.

Existen transformadores que no están siendo utilizados (probablemente algunos de ellos se encuentran en buen estado), lo que provoca un total abandono en las subestaciones dentro de las cuales se pueden encontrar hasta 5 transformadores, pero solo uno de ellos conectado.

Por otra parte, el Hospital se encuentra arrendando a la Compañía varios transformadores, lo cual provoca un cobro por alquiler de \$110/mes aproximadamente, si ésta cantidad la multiplicamos por 12 meses (un año) podemos asegurar que su alquiler no es rentable a la institución.

El área física donde se encuentran ubicadas éstas subestaciones, se encuentran en la mayoría de los casos en condiciones deplorables, por no tener una localización, construcción ó mantenimiento adecuado. La mayoría de las subestaciones que son de tipo intemperie se encuentran deterioradas, las cuales podrían ocasionar en su momento interrupción del servicio o desgracias personales.

Se pueden encontrar por ejemplo, subestaciones sin la adecuada protección, que podría poner en peligro a cualquier persona; las puertas de acceso, en la mayoría de

los casos, se encuentran abiertas o sin ningún tipo de seguro, con una densa vegetación alrededor y sin la adecuada señalización de prevención.

Con relación al sistema eléctrico secundario, podemos mencionar que muchos de los alimentadores se encuentran con aislamientos deteriorados por el tiempo y en algunos casos la corriente que por ellos fluye se encuentra a su máxima capacidad, resultando en un permanente riesgo de accidentes de origen eléctrico.

Se tienen conocimientos de fluctuaciones y caídas de potencial severos, en especial con cargas a mucha distancia de los puntos de transformación, lo cual podría provocar daños en equipos electrónicos de alta tecnología.

# INDICE

	<b>PAGINA</b>
INTRODUCCION	I
IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DEL TEMA	III
OBJETIVO GENERAL	IV
OBJETIVOS ESPECIFICOS	V
ALCANCES	VI
LIMITACIONES	VIII
SITUACION ACTUAL	IX
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION AL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>	<b>1</b>
1. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA PARA INSTALACIONES HOSPITALARIAS	1
1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA ELECTRICO	1
1.2 FUENTES DE ENERGIA ELECTRICA	3
1.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (SAI - UPS)	4
1.2.1.1 CONFIGURACION EN LINEA (ON-LINE)	5
1.2.1.2 CONFIGURACION FUERA DE LINEA (OFF-LINE)	6
1.2.1.3 CONFIGURACION LINEA INTERACTIVA (LINE-INTERACTIVE)	7
1.3 SUBESTACION DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA	7
1.3.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE COMPONEN UNA	9
1.3.2 TRANSFORMADORES	9
1.3.2.1 TIPO DE CONEXION	9
1.3.2.2 NIVELES DE VOLTAJE	10
1.3.2.3 CAPACIDAD	10
1.3.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	11
1.3.3.1 SOBRETENSIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS.	12
1.3.3.2 SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE ALTA Y BAJA TENSION.	15
1.3.3.2.1 INTERRUPTORES Y CORTACIRCUITOS DE FUSIBLE.	16
1.3.3.3 COORDINACION DE PROTECCIONES POR FUSIBLE.	24
1.3.4 TABLEROS Y SUBTABLEROS	24
1.3.4.1 TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS	25
1.3.5 CONDUCTORES	26
1.3.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES	27
1.3.5.2 CONDUCTORES DE BAJA TENSION	28
1.3.5.3 CONDUCTORES DE MEDIA TENSION	28
1.3.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES	29
1.3.6 SISTEMA DE EMERGENCIA	31
1.3.6.1 PLANTA ELECTRICA DE EMERGENCIA	31
1.3.6.2 GENERADOR	32
1.3.6.3 AISLAMIENTO DE LA VIBRACION	34
1.3.6.4 SISTEMA DE ESCAPE DE GASES	34

	1.3.6.5	SUMINISTRO DE VENTILACION	34
	1.3.6.6	ENFRIAMIENTO	35
	1.3.6.7	TEMPERATURA	36
	1.3.6.8	SISTEMA DE ARRANQUE	36
	1.3.6.9	COBERNADOR O REGULADOR	36
	1.3.6.10	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	37
	1.3.6.11	BATERIA	38
	1.3.6.12	ESPACIO DE TRABAJO O CUARTOS	38
	1.3.6.13	INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA (TRANSFER SWITCH).	39
	1.3.6.14	SISTEMA DE EQUIPOS	41
	1.3.6.15	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA	43
1.4		RED DE TIERRA	44
	1.4.1	ELEMENTOS DE LA RED DE TIERRA	45
	1.4.2	SISTEMA DE TIERRA EN SUBESTACIONES	47
	1.4.3	DISPOSICION FISICA DE LA RED DE TIERRA	48
	1.4.4	PUESTA A TIERRA DE PARTES NO CONDUCTORAS	49
	1.4.5	PUNTO DE CONEXIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	50
1.5		TIPO DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO	51
	1.5.1	SISTEMA RADIAL	51
	1.5.2	SISTEMA DE DOBLE TERMINAL	51
	1.5.3	SISTEMA DE RED	51
	1.5.4	SISTEMAS DE ALTA TENSION	52
1.6		SEGURIDAD EN SUBESTACIONES	52
	1.6.1	ROTULOS DE ADVERTENCIA	52
	1.6.2	DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD	53
	1.6.3	DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD EN PARTES ENERGIZADAS.	53
	1.6.4	BARRERAS DE PROTECCION	55
	1.6.5	ZONA DE SEGURIDAD PARA BARRERAS DE PROTECCION	55
1.7		SISTEMAS DE POTENCIA AISLADOS	56
1.8		EQUIPO DE MEDICION	58
	1.8.1	ANALIZADOR DE RED "CIRCUTOR AR5"	58
1.9		DEFINICION DE PARÁMETROS ELECTRICOS MEDIDOS	61

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO ENERGETICO**

	2.	GENERALIDADES	65
	2.1	PROCESO DEL ESTUDIO ENERGETICO EN EL HOSPITAL ROSALES	65
	2.1.1	METODOLOGIA DEL ESTUDIO	65
	2.2	HISTORIAL DE LA DEMANDA ENERGETICA.	66
	2.3	SITUACION ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA	69
	2.3.1	SUBESTACIONES	69
	2.3.2	PLANTAS DE EMERGENCIA	72
	2.4	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	73
	2.5	METODOLOGIA DE LA AUDITORIA.	73
	2.6	ANALISIS DE DATOS	74
	2.6.1	NIVELES DE VOLTAJE	74

2.6.2	FACTOR DE POTENCIA	75
2.6.3	NIVELES DE CORRIENTE	79
2.7	DIAGRAMA UNIFILAR	80
2.7.1	DIAGNOSTICO GENERAL DE LOS DIAGRAMAS	80

### **CAPITULO III**

#### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ALTA Y BAJA TENSION A 23KV/ 208-120 V**

3.	GENERALIDADES DEL TRABAJO	85
3.1	DESCRIPCION Y ALCANCE DEL TRABAJO	85
3.2	CODIGOS Y ESTANDARES APLICABLES	87
3.3	MATERIALES Y METODOS DE TRABAJO	88
3.4	AMPLIACION DE LA RED DE DISTRIBUCION ELECTRICA EN ALTA TENSION	88
3.4.1	POSTES	88
3.4.2	ESTRUCTURAS DE HIERRO PARA MONTAJE DE LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA	88
3.4.3	CONDUCTORES ELECTRICOS	88
3.4.4	PARARRAYOS	89
3.4.5	CORTACIRCUITOS DE ALTA TENSION	89
3.4.6	AISLADORES ELECTRICOS	89
3.5	SUBESTACIONES	90
3.5.1	SUBESTACION ELECTRICA "A"	90
3.5.1.1	SISTEMA DE EMERGENCIA	90
3.5.2	SUBESTACION ELECTRICA "B"	90
3.5.2.1	SISTEMA DE TIERRA	91
3.5.2.2	SISTEMA DE EMERGENCIA	91
3.5.3	RADIOLOGIA	92
3.5.3.1	SUBESTACION RX-1A	92
3.5.3.2	SUBESTACION RX-2A	92
3.5.3.3	SUBESTACION RX-3A	92
3.6	PANELES ELECTRICOS	92
3.6.1	SUBESTACION "A"	93
3.6.1.1	TABLERO GENERAL (TG-1A)	93
3.6.1.2	SUBTABLERO GENERAL (TGN-1A)	93
3.6.1.3	SUBTABLERO GENERAL (TGN-2A)	93
3.6.1.4	SUBTABLERO GENERAL (TGN-3A)	93
3.6.1.5	SUBTABLERO DE EMERGENCIA (TGE-1A)	94
3.6.2	SUBESTACION "B"	94
3.6.2.1	TABLERO GENERAL (TG-1B)	94
3.6.2.2	SUBTABLERO GENERAL (TGN-1B)	94
3.6.2.3	SUBTABLERO GENERAL (TGN-2B)	94
3.6.2.4	SUBTABLERO GENERAL (TGN-3B)	95
3.6.2.5	SUBTABLERO DE EMERGENCIA (TGE-1B)	95
3.6.3	RADIOLOGIA	95
3.6.3.1	TABLERO GENERAL (TGRX-A)	95
3.6.3.2	SUBTABLEROS, TRX-2A Y TRX4-A	95
3.6.3.3	SUBTABLERO, TRX-1A	96
3.6.3.4	SUBTABLERO, TRX-3A	96

3.7	CANALIZACIONES Y ACCESORIOS	96
3.7.1	CONDUCTOS DE ACERO RIGIDO	96
3.7.2	CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	96
3.7.3	CONDUCTOS DE ALUMINIO	96
3.7.4	CANALETA METALICA	96
3.7.5	ACCESORIOS DE LAS CANALIZACIONES	97
3.8	CONDUCTORES ELECTRICOS	97
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>DISEÑO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN A 23KV/ 208-120 V</b>		
4.	GENERALIDADES	99
4.1	SUBESTACION DE DISTRIBUCION "A", 23kV/ 208-120V	99
4.1.1	CALCULO CORRIENTE TRIFASICA - TABLERO GENERAL TG-1A CON F.P. DE 0.9	101
4.2	SUBESTACION DE DISTRIBUCION "B", 23kV/ 208-120V	102
4.2.1	SELECCIÓN DE PARARRAYOS	104
4.2.2	SELECCIÓN DE CORTACIRCUITOS	104
4.2.3	CALCULO DE ACOMETIDA SECUNDARIA	105
4.2.3.1	CALCULO CORRIENTE TRIFASICA - TABLERO GENERAL TG-1B CON F.P. DE 0.9	106
4.2.4	RED DE TIERRA DE LA SUBESTACION	107
4.3	SUBESTACIONES RADIOLOGIA	109
4.3.1	SUBESTACION RX-1A	109
4.3.1.1	EQUIPO GENERAL ELECTRIC (SALA No. 2)	109
4.3.1.2	EQUIPO SHIMADZU (SALA No. 4)	110
4.3.2	SUBESTACION RX-2A	111
4.3.2.1	EQUIPO PICKER (SALA No. 1)	111
4.3.3	SUBESTACION RX-3A	113
4.3.3.1	EQUIPO COMPAX (SALA No. 3)	113
4.4	BALANCE DE CARGA DEL SISTEMA NORMAL Y EMERGENCIA	114
4.4.1	CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE INTERRUPTORES DE SUBTABLEROS	115
4.4.2	CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE INTERRUPTORES PRINCIPALES Y BARRAS DE TABLEROS GENERALES	115
4.5	AMPLIACION DE RED PRIMARIA DE ALTA TENSION A 23 KV	115
<b>CAPITULO V</b>		
<b>PRESUPUESTO ECONOMICO</b>		
5.	DESCRIPCION DEL PRESUPUESTO ECONOMICO	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		120
APENDICE I	GRAFICAS DE MEDICIONES CON EQUIPO CIRCUTOR	122
APENDICE II	DIAGRAMAS UNIFILARES - RED EXISTENTE	123
APENDICE III	TABLA RESUMEN DE SUBESTACIONES EXISTENTES	124
APENDICE IV	PLANO ELECTRICO DE PLANTA DEL HOSPITAL ROSALES- RED EXISTENTE	125

APENDICE V	CUADROS DE CARGA DE SUBESTACIONES "A" Y "B" - NUEVO DISEÑO	126
APENDICE VI	DIAGRAMAS UNIFILARES - NUEVA RED PROPUESTA	127
APENDICE VII	PLANO ELECTRICO DE PLANTA DEL HOSPITAL ROSALES- NUEVA RED PROPUESTA	128
APENDICE VIII	PLANOS DE ESTRUCTURAS DE RED PRIMARIA Y CANALETAS - NUEVO DISEÑO PROPUESTO	129
APENDICE IX	PRESUPUESTO ECONOMICO	130
BLIBLIOGRAFIA		131

# CAPITULO I

## INTRODUCCION AL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN HOSPITALES

### 1. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA PARA INSTALACIONES HOSPITALARIAS

El diseño de sistemas de distribución eléctrica para instalaciones hospitalarias se vuelve cada vez más complejo, debido a que los instrumentos y equipos eléctricos para el cuidado de los pacientes, también son cada vez más complejos. Se requiere una apropiada selección de los arreglos y componentes del sistema para proporcionar al hospital un suministro de energía confiable, seguro y económico.

Antes de comenzar a describir los componentes principales de la instalación eléctrica, se mencionará en forma general, como debe realizarse, de acuerdo a las normas y estándares internacionales, la distribución de energía en una instalación hospitalaria.

#### 1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA ELECTRICO®

El sistema de distribución en instituciones hospitalarias, se divide en dos categorías: El *Sistema Eléctrico Normal (No esencial)* y El *Sistema Eléctrico Esencial*.

Ambos Sistemas son alimentados por el suministro de energía eléctrica (Normal) de la compañía de distribución local, sin embargo, el Sistema Eléctrico Esencial es transferido a una fuente de energía de emergencia cuando el suministro Normal experimenta una falla.

- a) *SISTEMA ELECTRICO NO ESENCIAL*: Este sistema consiste de los circuitos y equipo de distribución que suministra energía eléctrica a las cargas que no son esenciales para mantener la seguridad de los pacientes o para la efectiva operación de las instalaciones.

---

® Art. 517, NEC 1996

Por ejemplo: circuitos de fuerza (tomacorrientes) en los cuales no se encuentran conectados aparatos médicos indispensables para mantener con vida a los pacientes; circuitos de alumbrado de algunas áreas del hospital como las salas de visitas, etc.

- b) *SISTEMA ELECTRICO ESENCIAL*: Consiste de la(s) fuente(s) de energía, equipo de transferencia, equipo de distribución, y circuitos requeridos para asegurar la continuidad del servicio eléctrico, a las cargas esenciales para mantener la seguridad de los pacientes y efectiva operación de las instalaciones y equipos.

Por ejemplo: Unidad de Cuidados Intensivos, Quirófanos, Laboratorio Clínico (Banco de Sangre), Equipo de Telefonía, etc.

La siguiente figura muestra el arreglo típico para una instalación eléctrica en hospitales:

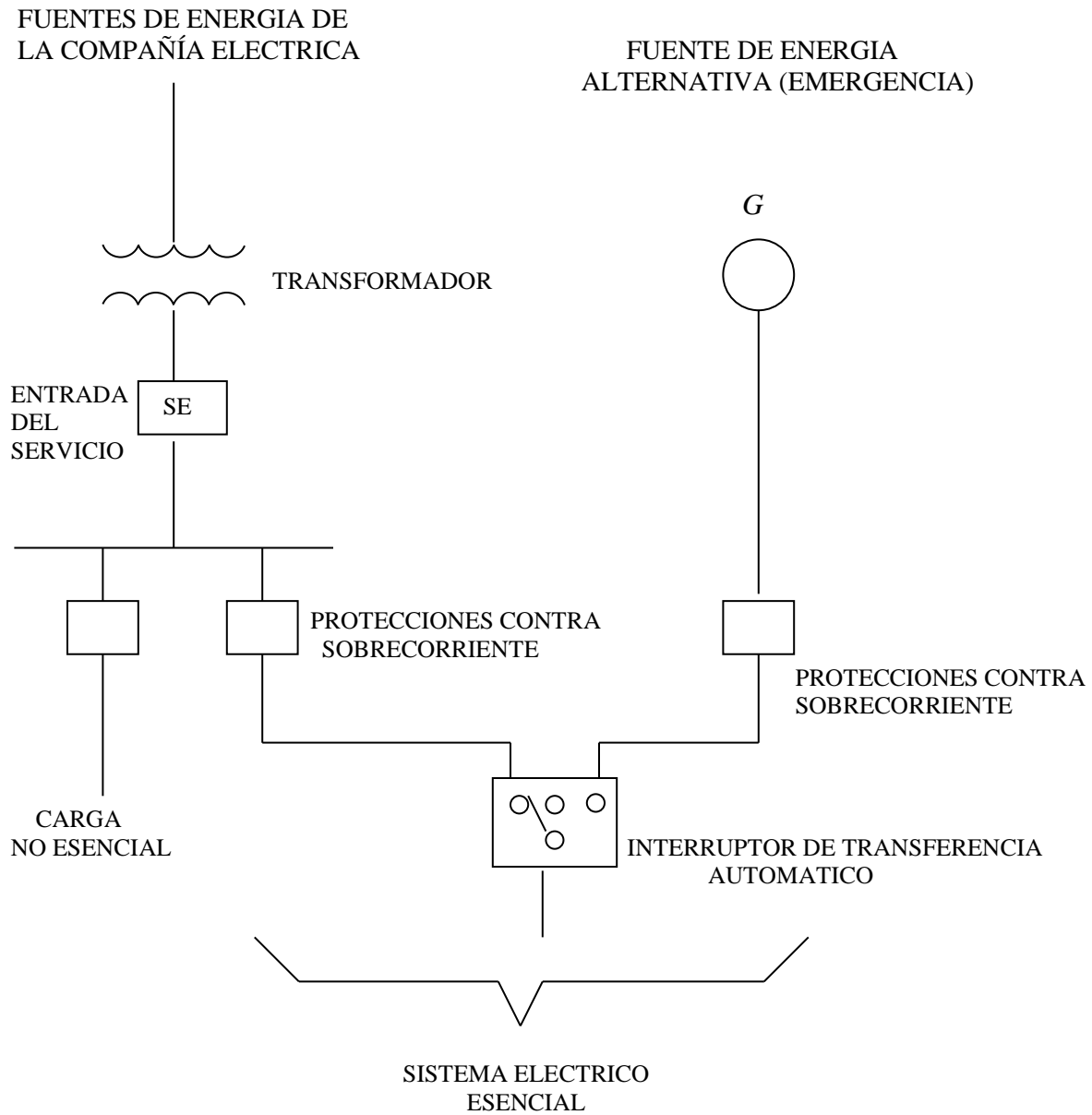


FIGURA 1.1

## 1.2 FUENTES DE ENERGIA ELECTRICA

Generalmente el suministro de energía eléctrica utilizada proviene de la compañía distribuidora de energía local, y la fuente de energía alternativa proviene de una planta

eléctrica de emergencia que se encuentra situada al interior de las instalaciones del hospital.

El Sistema Eléctrico Esencial del hospital deberá tener un mínimo de dos fuentes de alimentación independientes<sup>⊗</sup>.

Además de las fuentes de energía mencionadas anteriormente, se encuentran los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS).

### **1.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (SAI - UPS)<sup>∇</sup>**

Son equipos que por su concepción autónoma, permiten realizar suministro aún cuando no exista suministro de red. Para ello incorporan baterías, cargador de baterías y ondulator (inversor), la finalidad de este último, es convertir la corriente continua procedente de los acumuladores, en corriente alterna, de iguales características que la red, pero exenta de los problemas de ruidos y variaciones que la afectan.

Las prestaciones más generales que deben aportar dichos equipos son:

- Aislar la carga que se alimenta de la red.
- Estabilizar el voltaje y la frecuencia de salida.
- Evitar picos y efectos parásitos de la red eléctrica.
- Almacenar energía en las baterías, las cuales la suministrarán por un periodo fijo de tiempo, cuando haya un corte de corriente. Ésta energía almacenada permitirá el funcionamiento normal de los equipos eléctricos/electrónicos que se encuentren conectados al UPS.

De los requisitos y prestaciones antes mencionados, se desprenden las topologías más comúnmente usadas en la concepción de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida: Configuración EN LINEA (ON LINE), FUERA DE LINEA (OFF LINE)

---

<sup>⊗</sup> Art. 517-35, NEC

<sup>∇</sup> Fuentes de alimentación ininterrumpida" (Javier Ramos), "UPS" (American Power Conversion , APC)

y la configuración LINEA INTERACTIVA (LINE-INTERACTIVE), las cuales se describen a continuación.

### 1.2.1.1 CONFIGURACION EN LINEA (ON-LINE)

En este tipo de configuración, la red alimenta al cargador de baterías y al inversor (Fig. 1.2). De este modo nos encontramos con las baterías en paralelo con el inversor, por tanto cualquier corte o microcorte queda suplido por las baterías. Se garantiza el aislamiento de la red, por medio del transformador separador existente en el cargador de baterías. La tensión de salida la proporciona el inversor siempre, por tanto, se garantiza la estabilización de salida, la estabilidad en frecuencia y la ausencia de perturbaciones. No existe transferencia Red-UPS ni UPS-Red, puesto que es el inversor, quien está permanente trabajando y suministrando energía a la salida.

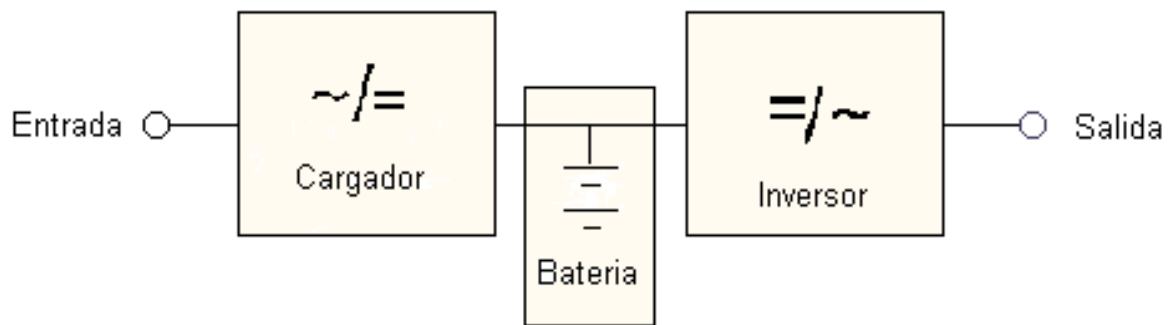


FIGURA 1.2

Los UPS's ON LINE proporcionan el nivel mas alto de protección y son la alternativa ideal en aplicaciones donde se requiere proteger equipos electrónicos y cargas críticas importantes, ya que además de proteger contra cortes de energía, proporcionan protección contra problemas de sobretensiones por relámpagos, picos de alto voltaje, transitorios por maniobra de interruptores, ruido eléctrico, variación de frecuencia, caídas de tensión por sobrecarga en la red, y armónicos entre otros.

### 1.2.1.2 CONFIGURACION FUERA DE LINEA (OFF-LINE)

Esta configuración consta de una batería, un inversor y un conmutador que sensa irregularidad en la fuente de alimentación de la red. Parte del criterio es reducir costos, por ello la base es proteger sólo en caso de necesidad, de tal forma que la red alimenta a la carga normalmente y tan sólo interviene el inversor en caso de fallo de red ó red excesivamente baja o alta, mediante la acción de un conmutador (Fig. 1.3). Podríamos decir, que la red está controlada dentro de un intervalo de tensión máxima y mínima, y por tanto la carga que estamos alimentando, deberá soportar los límites de tensión a los que interviene el equipo. Normalmente no se produce un aislamiento entrada-salida y existe un inevitable tiempo de transferencia Red-UPS-Red. Dicho tiempo puede llegar a ser muy corto (1mS), sin embargo durante este tiempo, son los condensadores de filtro de la carga quienes mantienen la energía.

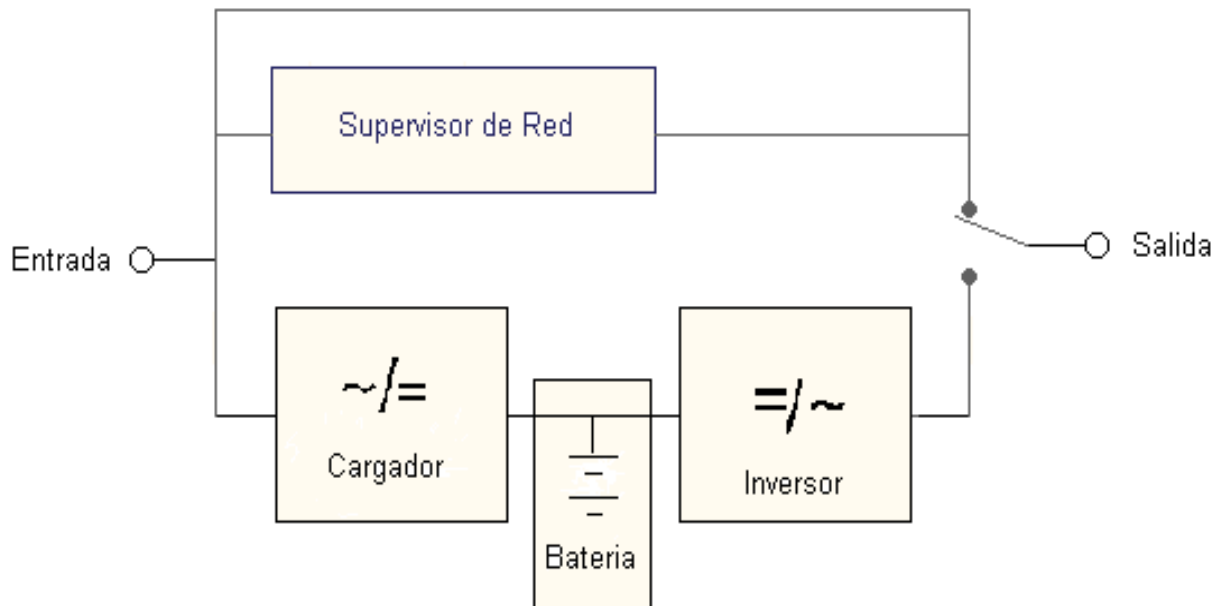


FIGURA 1.3

Como podrá observarse, existen los mismos bloques que en una configuración ON-LINE, cargador de baterías, baterías e inversor, sin embargo se le añade un bloque

más, que es el supervisor de red, elemento que permite detectar un posible fallo de ésta y conmutar, para que sea el inversor, quien pase a alimentar la salida.

Bajo este criterio, el inversor solo trabajará el tiempo de descarga de la batería. A su vez, la batería es cargada de forma lenta por el cargador, cuando existen condiciones correctas de red.

El UPS OFF-LINE, es útil prácticamente, sólo en lugares donde la red es estable y la protección a realizar, es frente a cortes momentáneos de suministro.

### **1.2.1.3 CONFIGURACION LINEA INTERACTIVA (LINE-INTERACTIVE)**

Este tipo de UPS es similar al de configuración OFF-LINE, con la diferencia que ofrece niveles mas altos de protección, añadiendo características de regulación de voltaje en su diseño.

Así como el UPS OFF-LINE, el tipo LINE-INTERACTIVE ofrece protección contra sobretensiones. Este tipo proporciona moderada protección contra picos de alto voltaje y transitorios debidos a maniobras de interruptores, aunque no lo hacen con un aislamiento total.

Este sistema ofrece protección adecuada siempre y cuando el suministro de energía de la red no esté cambiando continuamente, lo cual reduciría de manera significativa el tiempo de duración de la batería. En este caso la batería estaría siendo utilizada frecuentemente y podría no recargarse a tiempo para ser utilizada en caso de un corte de energía de la red eléctrica.

## **1.3 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

Es un conjunto de dispositivos eléctricos destinados a transformar, controlar, regular y dirigir el flujo de energía eléctrica en forma óptima, a fin de obtener niveles de energía convenientes para ser utilizada por el consumidor final.

La subestación consiste de las siguientes partes:

- a) Se compone de una Sección Primaria para la conexión de uno o más circuitos de alto voltaje, cada uno de los cuales podría estar provisto de algún dispositivo de protección, como los cortacircuitos, pararrayos, etc.
- b) Una Sección que incluye uno o varios transformadores conectados entre sí.
- c) Una Sección Secundaria para la conexión de uno o varios alimentadores secundarios, cada uno de los cuales provisto con un dispositivo de protección contra sobrecargas.
- d) Una Sección que incluye una fuente de energía de emergencia y dispositivos de transferencia y retransferencia de carga.

El diagrama unifilar de una subestación, se muestra a continuación:

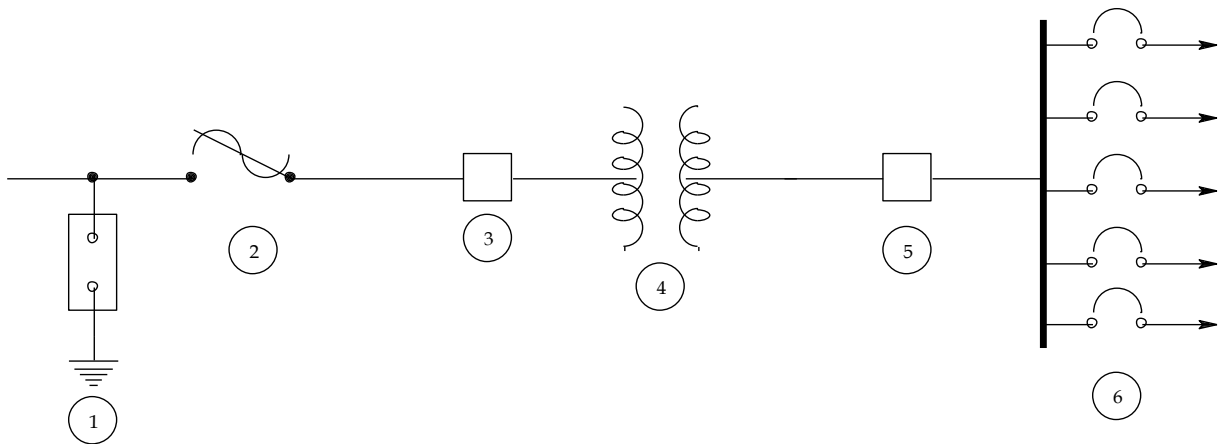


FIGURA 1.4

Donde:

1. Pararrayos
2. Cortacircuito con Fusible
3. Interruptor General
4. Transformador de Potencia
5. Interruptor principal Secundario
6. Interruptores Principales de Circuitos Alimentadores (Tableros Generales o Circuitos Derivados)

### **1.3.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE COMPONEN UNA SUBESTACION**

Todos los componentes a ser utilizados en el sistema eléctrico deben tener adecuados rangos de operación y deben ser instalados de manera apropiada para proporcionar un sistema eléctrico seguro y confiable.

Se debe ser muy cuidadoso al momento de diseñar estos sistemas, ya que dichos componentes deben estar localizados en lugares donde se minimize la exposición a riesgos tales como: rayos, terremotos, inundaciones, lluvias o contactos eléctricos entre equipos; así también, guardando las distancias adecuadas, de tal manera de disminuir el riesgo de un contacto eléctrico en pacientes, personal paramédico y entre los mismos equipos eléctricos.

Al seleccionar e instalar los componentes del *Sistema Eléctrico Esencial*, se le debe dar un alto grado de prioridad a la continuidad del suministro de la energía eléctrica. Para conseguir este objetivo, los componentes (circuitos de distribución, equipo eléctrico, etc.) del *Sistema Eléctrico Esencial* deben estar físicamente separados de los componentes del *Sistema Eléctrico No Esencial*.

### **1.3.2 TRANSFORMADORES**

En un hospital, los transformadores son utilizados para cambiar el nivel de voltaje primario suministrado por la compañía de energía local, al voltaje secundario o de utilización de los equipos.

Al seleccionar un Transformador, es importante tomar en cuenta su costo inicial, costo de operación, costo de instalación, nivel de ruido, capacidad de sobrecarga, tamaño, peso, niveles de voltaje de operación, etc.

#### **1.3.2.1 TIPO DE CONEXION**

Las subestaciones utilizadas en hospitales, generalmente están formadas por bancos de transformadores que suministran niveles de voltaje trifásico a 4 hilos.

Las conexiones para los transformadores estándar de dos devanados son preferiblemente Estrella-Estrella, Estrella en el lado primario y Estrella en el lado secundario.

La conexión en Estrella del secundario, proporciona un punto neutral muy conveniente para establecer un sistema de puesta a tierra, así también puede ser utilizado como un conductor de fase a neutro a la carga.

### **1.3.2.2 NIVELES DE VOLTAJE**

Los niveles de voltaje primario que suministra la compañía eléctrica al Hospital Rosales son de 4.16 kV y 23 kV (fase-fase).

Los niveles de voltaje secundario se seleccionan de acuerdo al tipo de carga que se va alimentar.

Los niveles de voltaje secundario utilizados en instalaciones trifásicas de cuatro hilos pueden ser: 208 Y/120 V; 240/120 V; 480 Y/277 V, y dependen del tipo de conexión que se utilice.

Los niveles de voltaje más utilizados en instalaciones hospitalarias son: 208 Y/120 V, 240/120 V.

### **1.3.2.3 CAPACIDAD**

La capacidad de una subestación se determina generalmente considerando la demanda actual en kVA de la(s) zona(s) a alimentar, más el incremento en el crecimiento, obtenido por extrapolación, durante los siguientes diez años, previendo el espacio necesario para las futuras ampliaciones. Un método alternativo es incrementando la demanda actual por un factor de aproximadamente 50% para cubrir las necesidades futuras. El último método en mención es el que utilizaremos en el presente diseño.

Según las normas americanas ( ANSI ) los transformadores son construidos de las capacidades nominales indicadas en la tabla siguiente:

**CAPACIDADES DE LOS TRANSFORMADORES**

<b>MONOFASICOS</b>	<b>TRIFÁSICOS</b>
5 KVA	30 KVA
10 KVA	45 KVA
15 KVA	75 KVA
25 KVA	112.5 KVA
37.5 KVA	150 KVA
50 KVA	225 KVA
75 KVA	300 KVA
100 KVA	500 KVA
150 KVA	750 KVA
167 KVA	1000 KVA
250 KVA	2800 KVA
333 KVA	
500 KVA	

TABLA 1.1

**1.3.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.**

Los dispositivos de protección se utilizan para proteger los equipos contra sobretensiones o sobrecorrientes causados por factores externos o internos a la instalación eléctrica.

En los sistemas de protección existe un parámetro llamado “ *Nivel Básico de Impulso de Aislamiento (BIL)* “ que es el voltaje máximo que el aislamiento de todo dispositivo de protección puede resistir sin que se produzcan chispas o fallas.

Para cada nivel de voltaje en el sistema se han establecido estándares del BIL los cuales se usan para el diseño de todo equipo que se conecte a la subestación.

Estos valores estándares se muestran a continuación en la tabla siguiente:

### NIVELES BÁSICOS DE IMPULSO DE AISLAMIENTO<sup>®</sup>

NIVEL DE VOLTAJE DEL SISTEMA	NIVEL BASICO DE IMPULSO DE AISLAMIENTO ( BIL )
1.2 KV	30 KV
2.5 KV	45 KV
5 KV	60 KV
8.7 KV	75 KV
15 KV	110 KV
23 KV	150 KV
34.5 KV	200 KV

TABLA 1.2

#### 1.3.3.1 SOBRETENSIONES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Las sobretensiones en los sistemas eléctricos pueden ser causadas por factores externos o internos al sistema.

- 1- *Factores externos (independientes de la red).*
  - a. Sobretensiones de origen atmosférico
  - b. Contactos accidentales con líneas de media y alta tensión
  
- 2- *Factores internos (proporcionales a la tensión de red)*
  - a. Sobretensiones temporales (a frecuencia de red). Por ejemplo: defectos a tierra, pérdidas de carga, ferresonancia, desequilibrios en la carga, etc.
  - b. Sobretensiones de maniobra de interruptores (transitorias). Por ejemplo: maniobra de baterías de condensadores, apertura de pequeñas corrientes inductivas, eliminación de defectos.

---

<sup>®</sup> Características Técnicas Requeridas en Líneas de Distribución - CAESS

De los casos anteriores, las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas y las debidas a maniobras de interruptores, son las más importantes.

A continuación se muestra la forma típica de diferentes tipos de sobretensiones:

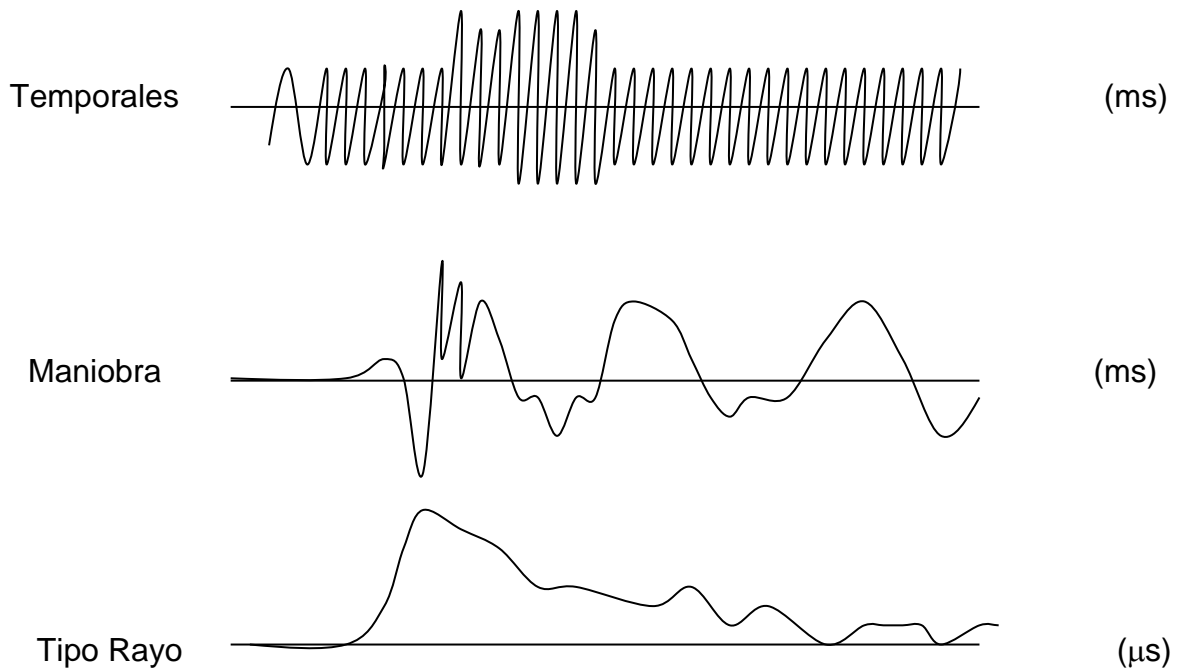


FIGURA 1.5

El dispositivo que se utiliza para contrarrestar fallas debidas a sobretensiones es el *Pararrayos*.

#### A) PARARRAYOS

Los pararrayos son dispositivos eléctricos que se componen de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

Sus funciones como dispositivo de protección son las siguientes:

- a) Operar de manera regular, sin daños ante tensiones y corrientes que circulen por éste.
- b) Reducir las tensiones peligrosas.

Características de los pararrayos.-

- a) Se comportan como aislador mientras la tensión aplicada no exceda de cierto valor predeterminado.
- b) Se convierten en conductor al alcanzar la tensión predeterminada y conducen a tierra la onda de corriente producida por la onda de sobretensión.
- c) Son capaces de interrumpir la corriente, cuando desaparece la sobretensión y se restablece la tensión normal del dispositivo de protección.

Criterios de selección de los Pararrayos.-

Para seleccionar un pararrayos es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Voltaje nominal en el sistema que opera.
- b) Condiciones de Aterrizaje del sistema, sea este aterrizado o no.
- c) Rango de Voltaje, determinado por el mayor voltaje que puede soportar el pararrayos sin dañarse.

En la tabla siguiente se presentan los rangos de voltaje de los pararrayos para cada tipo, nivel de voltaje del sistema, así como también el pararrayo recomendado.

### NIVELES DE VOLTAJE DE LOS PARARRAYOS®

VOLTAJE NOMINAL (KV)	MÁXIMO VOLTAJE (KV)	CIRCUITOS ATERRIZADOS			CIRCUITOS AISLADOS
		Porcentaje de Protección	Rango Teórico del Pararrayos (KV)*	Pararrayo Recomendado (KV)	Pararrayo Recomendado (KV)
2.4	2.54	-----	-----	-----	3.0
4.16	4.4	80 %	3.5	6.0	6.0
4.8	5.1	-----	-----	-----	6.0
6.9	7.26	80 %	5.8	6.0	9.0
13.8	14.5	80 %	11.6	12.0	15.0
23	24.3	80 %	19.5	21.0	27.0
34.5	36.5	80 %	29.2	30.0	37.0

\* Obtenido de multiplicar el máximo voltaje de operación por el porcentaje de protección.

TABLA 1.3

#### 1.3.3.2 SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ALTA Y BAJA TENSION

Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes deben ser escogidos, de tal forma que haya una completa coordinación con todo el Sistema. Al momento de ocurrir una falla, es importante aislar el circuito fallado, manteniendo el suministro de energía a los demás circuitos.

Estos dispositivos de interrupción poseen dos elementos básicos que tienen funciones de detección y conmutación (apertura/cierre).

Los dispositivos mas utilizados para contrarrestar fallas por sobrecargas son los Interruptores y Cortacircuitos de Fusible.

---

® Características Técnicas Requeridas en Líneas de Distribución - CAESS

### 1.3.3.2.1 INTERRUPTORES Y CORTACIRCUITOS DE FUSIBLE.

#### A) INTERRUPTOR.

El interruptor es un dispositivo diseñado para cerrar, conducir, interrumpir la corriente de carga; mantener e interrumpir corrientes de sobrecarga y cortocircuito, cuando se trabaja dentro del rango al que está diseñado.

Los rangos de trabajo de los interruptores deben ser iguales o mayores que las corrientes de cortocircuito del sistema.

Existen diferentes tipos de interruptores, los cuales se describen a continuación:

1. *Termomagnéticos*: Este tipo emplea accionamiento térmico por sobrecargas y por cortocircuitos.
2. *Magnéticos*: Se emplean solamente para aislar fallas debidas a cortocircuitos
3. *Con fusible integrado*: Este tipo combina protección térmica contra sobrecargas y fallas de cortocircuito de niveles de corrientes bajas, con fusibles limitadores de corriente que responden a cortocircuitos de altos niveles de corriente.
4. *De alta capacidad de interrupción*: Este tipo proporciona capacidades de interrupción a valores de corrientes más elevadas que los interruptores termomagnéticos.
5. *Limitadores de corriente*: Este tipo proporciona alta capacidad de protección.

Los interruptores Termomagnéticos de tipo "caja moldeada" son los dispositivos que más se utilizan en *baja tensión*. Estos son dispositivos de interrupción y de protección automática ensamblados dentro de un material aislante. La acción térmica de estos interruptores responde al calor. Cuando ocurre un cortocircuito, entonces la acción magnética del interruptor detectará el valor instantáneo de corriente y dispara al interruptor. Estos interruptores generalmente son capaces de aislar una falla más rápido que los interruptores de potencia.

Según el Art. 240-6 del NEC, los interruptores termomagnéticos y fusibles se encuentran normalizados según las capacidades de corrientes a interrumpir siguientes:

15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, y 6000 Amp.

Los interruptores se fabrican de 1 polo, 2 polos, 3 polos o 4 polos.

Los interruptores termomagnéticos se fabrican según sus aplicaciones, generalmente se clasifican de la manera siguiente:

- 1) Tipo industrial.
- 2) Centros de carga, alumbrado y contactos

#### 1) TIPO INDUSTRIAL

Se fabrican para diferentes tensiones y capacidades de corriente, tal y como se indica en la tabla siguiente:

<b>TENSION C.A. TENSION C.D.</b>	<b>NUMERO DE POLOS</b>	<b>CORRIENTE EN AMPERIOS</b>
240 Volts C.A. 125/250 Volts C.D.	2	15,20,30,40,50,70,100,125, 150,175,200,225,250,300
	3	15,20,30,40,50,70,100,125, 150,175
480 Volts C.A. 250 Volts C.D.	3	15,20,30,40,50,70,100,125, 150,175,200,225,250,300
600 Volts C.A. 250 Volts C.D.	2	15,20,30,40,50,70,100,125, 150,175,200,225
	3	15,20,30,40,50,70,100,125, 150,175,225*,400*,1000*

\*Solo para 600 voltios C.A.

TABLA 1.4

## 2) CENTROS DE CARGA.

Se utilizan para distribución de corriente y protección de circuitos de alumbrado en: residencias, oficinas, comercio, edificios, hospitales y pequeñas industrias y se fabrican en las siguientes capacidades:

<b>VOLTS C.A.</b>	<b>NUMERO DE POLOS</b>	<b>CAPACIDAD EN AMPERIOS</b>
120	1	15,20,30,40,50,70
120/240	2	15,20,30,40,50,70,100, 125,150,200,225,250, 300,400,500
240	3	15,20,30,50,70,100, 125,150,175,225,250, 300,400,500

TABLA 1.5

## B) CORTACIRCUITOS - FUSIBLES

*Los Cortacircuitos con Fusibles* son dispositivos de protección contra sobrecorrientes que incluye un alambre de sección y composición especial llamado fusible de manera que cuando circula por éste una corriente mayor a la que ha sido diseñado, se calienta y se destruye. Los Fusibles son mayormente utilizados en *alta tensión* (para protección acometida primaria). Estos fusibles interrumpen un cortocircuito en la primera mitad de un ciclo. Por otra parte, los fusibles utilizados en *baja tensión* operan extremadamente rápido a altos valores de corrientes de falla, y actúan para limitar la corriente en menos de un cuarto de ciclo, a un valor muy por debajo del pico de corriente de cortocircuito. Los Fusibles no son utilizados con amplitud en los sistemas secundarios (*baja tensión*).

La instalación de los fusibles en alta tensión se realiza en dispositivos llamados “ Cortacircuitos “ del cual existen tres tipos que son:

- 1.- Tipo Cerrado o Caja de Expulsión.
- 2.- Tipo Abierto
- 3.- Tipo Fusible Visto o Tipo Araña.

El fusible tiene las ventajas siguientes:

- a) Poco Volumen
- b) Alta Capacidad Interruptiva y Gran Confiabilidad.

El fusible presenta las siguientes desventajas:

- a) Solo Abre el Circuito.
- b) Debe Reemplazarse el elemento después de cada operación.
- c) Solo Opera por sobrecorriente.

Criterios de Selección del Cortacircuito:

Para la selección Adecuada del cortacircuito y su fusible, debe tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a) *Corriente Nominal*: Que es la corriente de operación normal del cortacircuito.
- b) *Capacidad Interruptiva*: Es la máxima corriente de falla que el dispositivo debe ser capaz de soportar sin dañarse.
- c) *Voltaje Máximo*: Es aquel al que opera y esta determinado por las condiciones de aterrizaje del sistema y del número de fases de que consta el circuito.
- d) *El BIL del Sistema*: El BIL del cortacircuito debe ser igual o mayor que el del sistema en que se está operando.

En la tabla siguiente se muestran los rangos de voltajes de los cortacircuitos:

**RANGOS DE VOLTAJE DE LOS CORTACIRCUITOS®**

<b>VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA (KV)</b>	<b>RANGO DE VOLTAJE DEL CORTACIRCUITO</b>	
	<b>Línea a Tierra (KV)</b>	<b>Línea a Línea (KV)</b>
2.4 Δ	-----	5.2
2.4/4.16 Y(Aterrizada)	5.2	5.2
2.4/4.16 Y	-----	5.2
7.2 Δ	-----	7.8
7.2/12.47 Y(Aterrizada)	7.8	7.8/13.5
7.2/12.47 Y	-----	7.8/13.5
13.2 Δ	-----	15.0
7.62/13.2 Y(Aterrizada)	7.8	7.8/13.5
7.62/13.2 Y	-----	7.8/13.5
13.8 Δ	-----	15.0
7.96/13.8 Y(Aterrizada)	7.8	7.8/13.5
7.96/13.8 Y	-----	7.8/13.5
14.4/24.9 Y(Aterrizada)	15.0	15.0/26.0
19.9/34.5 Y(Aterrizada)	27.0	38.0

TABLA 1.6

---

® Características Técnicas Requeridas en Líneas de Distribución - CAESS

Los tipos de cortacircuitos recomendados para los diversos niveles de voltaje se muestran en la tabla siguiente:

### **CORTACIRCUITOS RECOMENDADOS<sup>®</sup>**

<b>VOLTAJE DE DISEÑO (KV)</b>	<b>TIPO DE CORTACIRCUITO</b>	<b>RANGO DE CORRIENTE NOMINAL (AMP)</b>	<b>CAPACIDAD INTERRUPTIVA (KA)</b>
5.2	Cerrado	50, 100 y 200	1.6 Hasta 12.5
7.8	Cerrado	50 – 100	1.4 Hasta 8.0
7.8	Fusible Visto	50	1.2
7.8/13.5	Abierto	100 – 200	3.6 Hasta 12.5
15.0	Fusible Visto	50	1.2
15.0	Abierto	100 – 200	2.8 Hasta 10.0
15.0/26.0	Abierto	100 – 200	2.8 Hasta 5.6
18.0	Fusible Visto	50	7.5
27.0	Abierto	100	1.1 Hasta 9.0
38.0	Abierto	100	1.3 Hasta 5.0

TABLA 1.7

Las reglas establecidas por las normas técnicas para instalaciones eléctricas, para el dimensionamiento de la protección del primario de los transformadores, se indican en la tabla siguiente:

---

<sup>®</sup> **Características Técnicas Requeridas en Líneas de Distribución - CAESS**

**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE EN EL PRIMARIO PARA TRANSFORMADORES DE MAS DE 600V EN EL PRIMARIO<sup>⊗</sup>**

<b>MAXIMO DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE</b>		
<b>IMPEDANCIA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR</b>	<b>PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR</b>	
	<b>MAS DE 600 V</b>	
	<b>AJUSTE DEL INTERRUPTOR</b>	<b>CAPACIDAD DEL FUSIBLE</b>
NO MAYOR DEL 6%	HASTA 300%	HASTA 250%
MAYOR DEL 6% Y MENOR DEL 10%	HASTA 250%	HASTA 225%

TABLA 1.8

**PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE EN EL PRIMARIO PARA TRANSFORMADORES DE 600V O MENOS EN EL PRIMARIO<sup>∇</sup>**

<b>MAXIMO DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE</b>	
<b>AMPACIDAD EN EL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR</b>	<b>PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR</b>
	<b>IGUAL O MENOR A 600 V</b>
IGUAL O MAYOR A 9 AMPERIOS	HASTA 125%
MENOR A 9 AMPERIOS	HASTA 167%
MENOR A 2 AMPERIOS	HASTA 300%

TABLA 1.9

Los valores estándares de la corriente nominal de los fusibles se han agrupado en 3 series con la finalidad básica de coordinar las protecciones, las series se muestran en la tabla siguiente:

<sup>⊗</sup> **Guía Práctica para el cálculo de Instalaciones Eléctricas - ENRIQUEZ HARPER**

<sup>∇</sup> **Guía Práctica para el cálculo de Instalaciones Eléctricas - ENRIQUEZ HARPER**

**CORRIENTE NOMINAL DE LOS FUSIBLES (SERIES)<sup>®</sup>**

<b>SERIES</b>		
<b>PREFERIDA (AMP)</b>	<b>NO PREFERIDA (AMP)</b>	<b>&lt; 6 AMP</b>
6.0	8.0	1.0
10.0	12.0	2.0
15.0	20.0	3.0
25.0	30.0	5.0
40.0	50.0	
45.0	80.0	
60.0		
65.0		
100.0		
140.0		
200.0		

TABLA 1.10

Dependiendo de su relación de velocidad se definen cuatro tipos de fusibles los cuales son:

- (1) Tipo K ó Rápido: Es aquel en el que la relación de velocidad varía entre 6.0 a 8.1 segundo, este tipo de fusible es usado para proteger equipos que no deben soportar sobrecorrientes como es el caso de: bancos de capacitores, generadores, medición, etc.
- (2) Tipo T ó Lento: Es aquel en que la relación de velocidad varía entre 10.0 y 13.0 segundos, este tipo de fusible es usado para proteger equipos que pueden soportar sobrecorrientes momentáneas tales como: motores, transformadores.
- (3) Tipo N ó Media Velocidad.
- (4) Tipo H y S ó Baja Velocidad.

---

<sup>®</sup> Características Técnicas Requeridas para Líneas de Distribución - CAESS

### **1.3.3.3 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES POR FUSIBLE**

Los fusibles son dispositivos que nos permiten una coordinación selectiva óptima, ya que cumplen con lo establecido en el Art. 240-12 del NEC, definiendo la Coordinación como la localización adecuada de una falla para limitar los cortes a los equipos afectados, realizada mediante dispositivos selectivos de protección contra fallas, operando el dispositivo más cercano a la falla, minimizando así, los riesgos para las personas y daños a los equipos.

### **1.3.4 TABLEROS Y SUBTABLEROS**

Los tableros son cajas (paneles) construidos generalmente de metal, los cuales distribuyen la corriente del alimentador a los diferentes circuitos y contienen los dispositivos de protección contra sobrecorrientes para dichos circuitos.

Los tableros pueden ser del tipo piso o pared. La diferencia entre estos es únicamente su accesibilidad, ya que los tableros de pared están diseñados para ser montados en pared o columna de manera que son accesibles únicamente por el frente. Los tableros de piso se diseñan de manera que sean accesibles tanto por el frente como por la parte trasera.

En la localización de los tableros se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe procurar una localización central para reducir la caída de los circuitos derivados.
- La distancia del alimentador al tablero principal, de modo que la caída de voltaje no exceda de 3%.
- La distancia del alimentador a los circuitos derivados, de modo que la caída de voltaje total no exceda de 5% en total.

Algunos de los factores eléctricos a tomar en cuenta en el diseño de los tableros son los siguientes:

- Determinar el número de circuitos que se alimentarán.

- Calcular los alimentadores apropiados del tablero principal a los circuitos derivados de los otros tableros.
- El número de dispositivos de sobrecorriente no debe ser mayor a la capacidad total del tablero.
- Deben diseñarse de tal manera que tengan suficiente número de espacios para una expansión futura.
- Los gabinetes de los tableros deben conectarse a tierra para una mejor protección.

#### 1.3.4.1 TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.

Estos tableros son usados para la distribución de corrientes y protección de circuitos de alumbrado y motores pequeños en: hospitales, edificios, oficinas e industria en general.

Monofásicos, 2 fases, 3 hilos, neutro C.A.

<b>NUMERO DE CIRCUITOS</b>	<b>CAPACIDAD DE AMPERES</b>
14	100
20	100
30	200
42	200
<b>CON INTERRUPTOR GENERAL DE DOS POLOS</b>	
14	70
20	100
30	200
42	200

TABLA 1.11

Trifásicos, 3 fases, 3 hilos, neutro C.A.

<b>NUMERO DE CIRCUITOS</b>	<b>CAPACIDAD DE AMPERES</b>
14	100
20	150
30	200
42	300
<b>CON INTERRUPTOR GENERAL DE DOS POLOS y TRES POLOS</b>	
14	50
20	150
30	200
42	300

TABLA 1.12

### **1.3.5 CONDUCTORES**

Un conductor es un alambre, cable o barra, diseñados para permitir el paso de la corriente eléctrica. La función principal es la de conducir energía de forma confiable entre una fuente de energía y el equipo eléctrico de utilización.

Los dos materiales que más se utilizan en la construcción de los conductores son el cobre y el aluminio. El cobre ha sido usado principalmente en conductores con revestidos de un material aislante, debido a sus propiedades mecánicas y eléctricas. El uso del aluminio se basa en su favorable característica conductividad-peso que presenta, que es la más alta de todos los materiales, y también a su bajo costo.

Un alambre es un simple hilo de metal. Un alambre trenzado es un grupo de pequeños alambres que se trenzan juntos para producir un solo conductor. Los alambres no están aislados entre sí.

Un cable puede ser un conductor sólido, trenzado o una combinación de conductores aislados entre sí. El conductor sólido es generalmente utilizado para tamaños de alambre pequeños y ofrece los beneficios de poco peso y pequeños diámetros. El

conductor trenzado es utilizado generalmente para alambre de tamaños mayores, ya que hace al cable más liviano y flexible.

### **1.3.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES**

#### **A) AISLAMIENTO**

Generalmente los conductores se encuentran encerrados en un material aislante que los protege. La sección 310-13 del NEC, designa por medio de diferentes letras, cada uno de los tipos de aislamiento para cables:

- MI - Aislamiento Mineral
- R - Aislamiento de Caucho
- T - Aislamiento Termoplástico
- V - Aislamiento de Barniz
- X - Aislamiento de Polímero

El aislamiento del cable también se clasifica de acuerdo a las condiciones ambientales que puede soportar:

- H - Resistente a temperaturas hasta de 75 C
- HH - Resistente a temperaturas hasta de 90 C
- W - Resistente a la humedad
- UF - Para uso en instalaciones subterráneas

#### **B) TIPO DE CABLES**

El NEC enlista los siguientes tipos de cables:

- Tipo FC - Cable plano (Flat cable)
- Tipo FCC - Cable de Conductor plano (Flat conductor cable)
- Tipo AC - Cable con blindaje (Armored cable)
- Tipo MC - Cable revestido con metal (Metal clad cable)
- Tipo NM o NML - Cable revestido con material no metálico (Non Metallic sheathed cable)

- Tipo SE o USE - Cable utilizado en servicio de entrada (Service entrance cable)
- Tipo SNM - Cable protegido con revestimiento no metálico (Shielded non-metallic sheathed cable)
- Tipo UF - Cable para alimentadores subterráneos (Underground feeder cable)
- Tipo TC - Cable para uso en bandejas (Tray cable)

Los tipos de cable que se encuentran con mas frecuencia en la industria, residencias, hospitales, etc., son los siguientes:

- THHN - T (aislamiento termoplástico) HH (resistente a temperaturas hasta de 90 C) N (cable revestido con material no metálico)
- THWN - T (aislamiento termoplástico) H (resistente a temperaturas hasta de 75 C) W (resistente a la humedad) N (cable revestido con material no metálico)
- XHHW - X (aislamiento de polímero) HH (resistente a temperaturas hasta de 90 C) W (resistente a la humedad)

### **1.3.5.2 CONDUCTORES DE BAJA TENSION<sup>®</sup>**

Los cables utilizados en baja tensión, generalmente son construidos para tener un voltaje nominal de 600 V, ya sea que se utilicen en instalaciones de 120, 208, 240, 277, 480 o 600 V. La selección de estos cables está orientada mas a sus características físicas que a los requerimientos eléctricos. La resistencia a fuerzas tales como impactos, abrasión, etc., son un factor predominante.

### **1.3.5.3 CONDUCTORES DE MEDIA TENSION**

Los cables de media tensión generalmente poseen un tipo de aislamiento dieléctrico sólido, y se encuentran disponibles a niveles de voltaje nominal de 2,001 a 35,000 V.

---

<sup>®</sup> Secc. (11.2.4.1) Red Book, IEEE Std 141-1986

#### 1.3.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES

De acuerdo a las normas el tamaño de los conductores se identifica por un número que corresponde a lo que comúnmente se denomina calibre del conductor. En Estados Unidos de América se utiliza la escala AWG (American Wire Gauge), una escala de números que comienza con el número 40 y continúa en forma descendente hasta llegar al número 2. Para conductores mayores al número 2 se utiliza la escala 1/0, 2/0, 3/0 y 4/0. Para conductores mayores al número 4/0 se utiliza la unidad denominada *Circular Mil* (sección de un círculo que posee un diámetro de un milésimo de pulgada, o sea 0.001 pulgadas), el cual es representado por las letras MCM ó kCMil, siendo el número mayor el de 2000 MCM y el menor de 250 MCM.

Al seleccionar el tamaño de los conductores, se debe tomar en consideración lo siguiente:

1. Corriente de carga
2. Requerimientos en caso de sobrecarga
3. Capacidad de interrupción de fallas del dispositivo de protección de sobrecorrientes o de la capacidad de la fuente.
4. Caída de voltaje, etc.

El tamaño mínimo de los conductores del alimentador, capacidad del tablero y dispositivos de sobrecorriente se diseñan tomando en cuenta un mínimo de 125% de la corriente a plena carga total de los circuitos que componen el tablero.

La caída de voltaje en los circuitos de los alimentadores debe ser menor o igual a 3.0%.

Las normas a utilizar en la selección de los conductores serán las establecidas en el Artículo 310 del Código Nacional de los Estados Unidos de América (NEC).

En la tabla siguiente se indican las capacidades de corriente permisibles en amperios de los conductores de cobre aislados. Basados en una temperatura de 60°C hasta 90°C.

**TABLA DE CONDUCTORES POR CAPACIDAD DE CORRIENTE®**

CALIBRE	RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
AWG	Tipos TW, UF	Tipos FEPW, RH, RHW,THHW, THW,THWN, USE,ZW	Tipos TBS,SA SIS,FEP, FEPB,MI, RHH,RHW- 2,THHN, THHW-2, USE-2, XHH,XHHW, XHHW-2, ZW- 2	Tipos TW, UF	Tipos FEPW, RH, RHW,THHW, THW,THWN, USE,ZW	Tipos TBS,SA SIS,FEP, FEPB,MI, RHH,RHW- 2,THHN, THHW-2, USE-2, XHH,XHHW, XHHW-2, ZW- 2
		COBRE			ALUMINIO O ALEACIÓN COBRE-ALUMINIO	
18	--	--	14	--	--	--
16	--	--	18	--	--	--
14	20	20	25	--	--	--
12	25	25	30	20	20	25
10	30	35	40	25	30	35
8	40	50	55	30	40	45
6	55	65	75	40	50	60
4	70	85	95	55	65	75
3	85	100	110	65	75	85
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	150	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175

® NEC 1996, National Electrical Code – Tabla 310-16

4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	190	230	255
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	355	420	475	285	340	385
700	385	460	520	310	375	420
750	400	475	535	320	385	435
800	410	490	555	330	395	450
900	435	520	585	355	425	480
1000	455	545	615	375	445	500
1250	495	590	665	405	485	545
1500	520	625	705	435	520	585
1750	545	650	735	455	545	615
2000	560	665	750	470	560	630

TABLA 1.13

### 1.3.6 SISTEMA DE EMERGENCIA

#### 1.3.6.1 PLANTA ELECTRICA DE EMERGENCIA

La Planta Eléctrica de Emergencia se utiliza como una fuente de energía alternativa para el Sistema Eléctrico Esencial de la Instalación hospitalaria, cuando no se encuentra disponible el suministro de energía de la compañía eléctrica local.

La capacidad de la planta eléctrica se selecciona de acuerdo a los requerimientos de carga del Sistema Eléctrico Esencial.

Los principales factores a ser considerados en la selección de la Planta de Emergencia son:

- a) El tipo de primotor, que determinará los requerimientos de almacenaje de combustible,
- b) Capacidad adecuada del primotor, así como del generador que servirá la carga, a la adecuada frecuencia y satisfacer los requerimientos de estabilidad de voltaje del sistema de emergencia dentro de 10 segundos después de la pérdida de potencia normal.
- c) Factores de instalación tales como: adecuada localización, espacio, ventilación, enfriamiento, fundación, ruido al operar, almacenamiento de combustible, etc.
- d) Requerimientos de mantenimiento, grado de complejidad, repuestos requeridos, almacenamiento, etc.
- e) Costo total (Planta, repuestos, instalación, etc.)

A continuación se describen los equipos principales que componen una Planta Eléctrica y los factores a tomar en cuenta para su instalación:

### **1.3.6.2 GENERADOR**

El sistema de Motor-Generador alimentado por combustible (líquido) en el sitio, es el tipo predominante en Sistemas de Emergencia de Hospitales. Los sistemas de turbina de Gas son raramente utilizados actualmente, debido a que su tiempo de arranque normalmente excede los 10 segundos.

La capacidad de los sistemas Motor-Generador oscilan de aproximadamente 5 kW (6.25 kVA) a 1200 kW (1500 kVA). Los motores de gasolina son los más utilizados en aplicaciones de baja capacidad, mientras que los motores de diesel se utilizan casi exclusivamente para capacidades de 100 kW (125 kVA) o más.

En la tabla siguiente se muestran las principales capacidades de las Plantas Eléctricas:

**CAPACIDAD DE LAS PLANTAS DE EMERGENCIA Y SU CORRIENTE MÁXIMA<sup>®</sup>**

<b>POTENCIA (KW)</b>	<b>CORRIENTE MÁXIMA EN AMPERIOS A COS <math>\phi = 0.8</math></b>	
	<b>240 V</b>	<b>480 V</b>
30	90	45
50	150	75
75	226	113
100	300	150
125	376	188
150	452	226
200	600	300
250	752	376
300	904	452
350	1054	527
400	1204	602
500	1500	750
750	2260	1130
1000	3000	1500

TABLA 1.14

**A) LOCALIZACIÓN.**

El lugar preferido para la instalación del motor-generador es en el piso. Se deben tomar algunas precauciones, de tal manera de minimizar interrupciones que pueden ser causadas por factores naturales comunes al área de la instalación, por ejemplo: tormentas, inundaciones, terremotos o incendios).

**B) MONTAJE.**

Existen dos reglas principales a tomar en cuenta en el montaje:

- 1- No colocar el Motor-Generador directamente al concreto del piso, ya que quebrará la estructura y transmitirá vibración inaceptable.

---

<sup>®</sup> EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES - ENRIQUEZ HARPER

2- No adjuntar ningún sistema rígido sobre los aisladores de vibración del equipo Motor-Generador.

### **1.3.6.3 AISLAMIENTO DE LA VIBRACIÓN**

Los sistemas usualmente utilizados para contrarrestar la vibración son dispositivos de fibra de vidrio o de goma, montados entre la base del generador y el piso.

También se utilizan aisladores del tipo resorte que también se colocan entre la base del generador y el piso.

### **1.3.6.4 SISTEMA DE ESCAPE DE GASES**

El sistema de escape deberá prevenir la filtración de agua al turbocargador o al mismo motor. Los gases de la combustión deberán dirigirse, de tal manera que no tengan un efecto en el filtro de aire, el sistema de enfriamiento, la temperatura ambiental o el operador.

Si el motor trabaja en contra de una excesiva presión en el sistema de escape de gases, la potencia del motor se ve reducida. Esto causa también que la relación aire-combustible disminuya debido al mal funcionamiento en los cilindros, por lo que el consumo de combustible aumenta y la temperatura de los gases de combustión aumenta también.

Un sistema de escape esta constituido principalmente por:

- a) Múltiple de Escape
- b) Conexiones Flexibles
- c) Silenciador
- d) Tuberías de Escape

### **1.3.6.5 SUMINISTRO DE VENTILACIÓN**

La planta de emergencia necesita aire para la combustión, enfriamiento y ventilación del local. El aire es utilizado para desalojar el calor producido por el generador, así como por el calor producido por el motor y el sistema de escape de gases.

Los generadores usualmente operan a una temperatura ambiente de 40 C. El fabricante de la Planta Eléctrica debe proporcionar los requerimientos del aire utilizado para la combustión a plena carga y el rango recomendado de la temperatura del aire de entrada.

#### - VENTILACIÓN DEL LOCAL

La adecuada ventilación se logra de diversas formas:

a) Ventilación Natural

Es aquella en la cual el aire circula a su propia velocidad, es usada comúnmente en plantas de pequeña capacidad situada en lugares despejados.

b) Ventilación Forzada

Es producida por ventiladores y extractores, el aire circula a mayor velocidad; Generalmente se usa en lugares con muy poca ventilación y en donde se encuentren equipos sensibles al calor.

c) Ventilación Mixta

Consiste en una combinación de la ventilación natural y forzada. Es lo que comúnmente se encuentra y se recomienda en la mayoría de plantas, podría ser entrada de aire natural y salida forzada, aprovechando el ventilador que ayuda a disipar el calor en el radiador.

Para obtener el volumen de aire requerido en el lugar donde se instalara la planta de emergencia, es necesario tomar en cuenta la abertura de la entrada y la salida del aire.

#### **1.3.6.6 ENFRIAMIENTO**

La mayoría de las plantas eléctricas de 50 kW o de mayor capacidad, utilizan motores enfriados por líquido. En el caso de los motores enfriados por aire, los requerimientos del flujo de aire de enfriamiento, se obtienen del fabricante.

Los motores enfriados por líquido, usualmente tienen un radiador montado en la máquina y un ventilador.

En un sistema de enfriamiento, el elemento refrigerante es el aire; cuando actúa directamente se le llama enfriamiento por aire; pero si actúa en forma indirecta por medio del agua donde ésta circula por el radiador, en donde es enfriada el agua antes de iniciar el ciclo nuevamente, se le llama enfriamiento por agua.

#### **1.3.6.7 TEMPERATURA**

El cuarto donde se encuentra instalado el generador se debe mantener a una temperatura de no menos de 10 C o la temperatura de la camisa de agua de enfriamiento del motor a no menos de 21 C.

#### **1.3.6.8 SISTEMA DE ARRANQUE**

El sistema de arranque tiene como función principal, el proveer del torque inicial necesario para que el motor de la planta pueda operar. Se dispone de varios tipos de sistemas de arranque pero los dos mas utilizados en plantas de emergencia de mediana y gran capacidad son: El tipo eléctrico y el tipo neumático, los cuales pueden ser operados en forma manual y/o automática. Para plantas pequeñas se utiliza una manivela o cuerda para su arranque.

El sistema de arranque mas común en plantas de emergencia es el sistema de arranque eléctrico, el cual puede estar compuesto por: un banco de baterías, cargador de baterías, interruptor, motor de arranque de CD y un sistema de engranajes.

#### **1.3.6.9 GOBERNADOR O REGULADOR**

El gobernador o regulador es el dispositivo encargado de controlar la cantidad de combustible requerido para mantener la velocidad del motor razonablemente constante durante las fluctuaciones de carga. Así, cuando la carga se incrementa la máquina motriz tiende a reducir su velocidad, lo cual implica una reducción en la frecuencia; el gobernador entonces, permite el paso de una mayor cantidad de combustible proporcionando una mayor aceleración con el objeto de mantener una

frecuencia constante. En caso contrario, si la carga disminuye, el motor tiende a acelerarse, el gobernador en este caso, disminuye la cantidad de combustible, con el objeto de mantener la velocidad del motor constante. Los gobernadores pueden ser de tres tipos:

1. Mecánicos
2. Hidráulicos
3. Electrónicos

### **1.3.6.10 SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

#### **ALMACENAMIENTO A GRANEL**

El sistema de alimentación de combustible deberá asegurar al motor diesel un abastecimiento de combustible continuo y limpio. El combustible a granel normalmente se almacena en un tanque grande y por medio de una bomba de motor eléctrico se pasa a otro tanque más pequeño ubicado cerca del motor diesel. Todo el sistema se deberá construir y ubicar convenientemente de acuerdo a las mejores normas de seguridad y a los códigos vigentes.

La cantidad de combustible también puede ser regulada. Normalmente se exige que la alimentación de combustible sea capaz de mantener funcionando al motor principal a demanda de carga plena, por lo menos hasta dos horas.

Es conviene contar con un tanque de almacenamiento de gran capacidad ya que de este forma se fomentan las comprar a granel y se reduce al mínimo la contaminación de suciedad. Y si el tanque se mantiene lleno, se disminuye la condensación, especialmente si el combustible se utiliza poco.

Se puede colocar el tanque a nivel del suelo, bajo el mismo, o elevado, pero utilizando un tanque auxiliar o una válvula eléctrica en este ultimo caso. Se deberá proporcionar un medio para extraer el agua y el sedimento del tanque. El fondo del tanque deberá ser redondeado y deberá inclinarse aproximadamente dos grados, de forma tal que se asegure una completa remoción de las materias extrañas. En los tanques subterráneos, el agua se puede extraer bombeando a través de un tubo que se introduce por el tubo de llenado. Si no se cuenta con un tanque auxiliar, el tanque

principal de almacenamiento deberá ubicarse para abastecer de combustible a la bomba de transferencia instalada en el motor.

#### TANQUE AUXILIAR

Los tanques auxiliares o diarios son convenientes si los tanques principales de combustible se encuentran a una distancia mayor de 15.25 mts del motor y/o la altura vertical excede 1.5 mts, y requerirán una bomba auxiliar. La bomba auxiliar debe ser de desplazamiento positivo y debe operar eléctricamente. Este tipo de bomba previene el sobre-llenado del tanque o de los inyectores, ya que cesa el bombeo cuando la presión de retorno llega a ser muy alta.

#### **1.3.6.11 BATERÍA**

Los sistemas de baterías deberán reunir todos los requerimientos del artículo 700 del NEC.

#### **1.3.6.12 ESPACIO DE TRABAJO O CUARTOS**

a) Los generadores de emergencia serán localizado en un cuarto de servicio separado del equipo de generación y separado del resto del edificio en caso de un incendio, o localizado en un recinto adecuado fuera el edificio capaz de prevenir la entrada de nieve y lluvia resistentes a la velocidad máxima del viento requeridas por la reglamentación de construcción local. Los cuartos para tal equipo no serán compartidos con otros equipos o el equipo de servicio eléctrico que no es una parte del sistema eléctrico esencial eléctrico.

b) El equipo de generación de emergencia será instalado en una posición que permita la fácil y adecuada accesibilidad (mínimo de 30 in.(76 cm)), y también el espacio de trabajo alrededor de dicha unidad para inspección, reparación, mantenimiento, limpieza, o reemplazo.

### **1.3.6.13 INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA (TRANSFER SWITCH)**

El Interruptor de Transferencia se utiliza para transferir el servicio de energía de la empresa eléctrica local, al sistema de suministro de energía de emergencia del hospital, con el objetivo de mantener el servicio eléctrico al sistema de energía de emergencia y al equipo seleccionado.

Debido a la función tan importante de éstos en el sistema eléctrico del hospital, se requiere que sean diseñados para actuar automáticamente al existir interrupción del suministro de energía normal, tener una adecuada capacidad para servir la carga, así como también, deben estar localizados e instalados apropiadamente para proporcionar un servicio confiable.

#### **DIMENSIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA.**

El tamaño del interruptor de transferencia deberá ser el adecuado para interrumpir todas las clases de carga que estén conectadas a él, y protegerlas de cualquier corriente de falla, mediante la apertura de sus contactos.

#### **CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA.**

A) Los interruptores de transferencia deberán tener la opción de operación eléctrica y mecánica, y deberá ejecutar la transferencia y la retransferencia de la carga de forma totalmente automática.

B) Enclavamiento. Un confiable enclavamiento mecánico, o un método alternativo totalmente aprobado, deberá ser inherente en el diseño de los interruptores de transferencia, para prevenir la interconexión intencional y no intencional del sistema normal y de la fuente alterna de potencia.

C) Sensores de voltaje. Todas las líneas no aterrizadas deberán tener un sensor de voltaje para monitorear todas las líneas del sistema normal.

D) Retardo en el arranque de la fuente alterna de emergencia. Un dispositivo de retardo deberá ser provisto para retardar el arranque de la fuente alterna de potencia, este deberá ser provisto para evitar que el generador de emergencia sea arrancado a causa de pequeñas interrupciones) o anomalías del sistema normal. El retardador deberá permitir el arranque del generador de emergencia solo hasta que su tiempo haya expirado. El tiempo deberá ser lo suficientemente corto como para que el generador este en línea luego de 10 segundos después de la falla del sistema normal.

E) Retardo para la transferencia al sistema alterno. Un retardo ajustable será provisto para estos interruptores de transferencia que requieran retardo en la operación automática. El retardo deberá comenzar cuando el voltaje y la frecuencia estén listos, este retardo no deberá permitir la conexión del sistema de emergencia hasta que su tiempo haya expirado. Los Interruptores de Transferencia utilizados en los sistemas de emergencia deben actuar en no más de 10 segundos<sup>®</sup>.

F) Retardo para la retransferencia. El sistema de transferencia deberá ser provisto por un retardador que prevenga la retransferencia al sistema normal inmediatamente al restablecimiento del sistema normal.

G) Interruptor de prueba. Un interruptor de prueba deberá ser provisto para cada sistema de transferencia, con el cual se puede simular la falla del sistema normal.

H) Indicación de la posición del interruptor. Una luz indicadora deberá ser provista con el propósito de saber conocer la fuente de alimentación que esta sirviendo la carga en determinado momento.

I) Control manual del interruptor. Deberá ser provista una maneta o un control que permita tener un manejo manual de todas las operaciones del sistema de transferencia.

---

<sup>®</sup> Art. 517-31, NEC 1996

J) Retardo en el apagado del generador. Un retardo de 5 minutos deberá ser provisto, con el objetivo de permitir que el generador opere sin carga permitiendo su enfriamiento.

Excepción: El retardo para el enfriamiento no será necesario para generadores cuya capacidad sea de 15 KW o menos.

K) Se incluirán provisiones de transferencia de carga de motores para reducir corrientes excesivas que son resultado de la transferencia de carga de motores si tales corrientes pueden dañar el equipo de sistema esencial eléctrico o causar el disparo de dispositivos de protección contra sobrecorrientes del sistema esencial eléctrico.

L) Aislamiento de Conductores Neutros. Las provisiones serán incluidas para la aseguración de la continuidad apropiada, la transferencia, y el aislamiento de los neutros del sistema normal y del alterno si estos están aterrizados separadamente, si es necesario para lograr sensor las fallas a tierra según la sección 230-95(b) del NEC.

#### **1.3.6.14 SISTEMA DE EQUIPOS**

El sistema de equipo será instalado y conectado a la fuente de poder alterna, de tal forma que el equipo descrito en el literal B sea puesto automáticamente en operación en el tiempo apropiado de retraso después la transferencia al sistema de la emergencia. Este arreglo también asegurará la conexión subsecuente del equipo descrito en el literal C ya sea retardada-automática o manual.

##### **A) EQUIPOS CON CONEXIÓN NO RETARDADA.**

Los accesorios del generador, no limitándose, la bomba de combustible, persianas eléctricamente manejadas, y otros accesorios de generador esenciales para la

operación del mismo, deberán ser conectados automáticamente a la fuente de poder alterna.

#### B) EQUIPOS CON CONEXIÓN RETARDADA-AUTOMÁTICA.

Los siguientes equipos serán conectados de forma retardada-automática a la fuente de poder alterna:

1. Sistemas de succión centrales que sirven funciones médicas y quirúrgicas, incluyendo mandos. Estos se permitirá que sean conectados al ramal critico.
2. Bombas de sumidero y otros equipos requeridos para el funcionamiento seguro del sistema, incluyendo sistemas de control asociados y alarmas.
3. Sistemas de aire comprimido que sirven funciones médicas y quirúrgicas, incluyendo sus mandos. Estos se permitirá que sean conectados al ramal critico.
4. Control de humo y sistemas de presurización de escalera.
5. Alimentación de la cocina y/o sistemas de escape cuyo funcionamiento sea requerido para durante un incendio.

#### C) EQUIPOS CON CONEXIÓN RETARDADA AUTOMÁTICA O MANUAL.

Los siguientes equipos deberán ser dispuestos de tal forma que su conexión al sistema alterno sea automática con retardo o manual:

1. El equipo Calentador para proporcionar la calefacción para áreas, de entrega, trabajo, recuperación, cuidados intensivos, cuidados coronarios, cuartos de niños, espacios(cuartos) de aislamiento por infección, tratamiento de emergencias, espacios(cuartos) de pacientes generales, y el mantenimiento de presión de bombas para sistemas de protección contra incendios basados en agua.

2. Equipos de para el transporte vertical (elevadores) seleccionados para proporcionar el servicio a pacientes de tipo: quirúrgico, obstétrico, durante la interrupción de servicio normal.

En casos donde la interrupción del servicio normal causaría que los elevadores para usos generales se detengan entre pisos, se proveerán facilidades para la operación temporal de los mismos, para que los usuarios puedan abandonarlos y así evitar que se queden confinados entre pisos.

3. Sistemas salida de ventilación para habitaciones quirúrgicas y obstétricas, cuidados intensivos, cuidado coronarios, cuartos de niños, y espacios de tratamiento de emergencia.

4. Sistemas de ventilación y salidas para áreas aisladas para infecciones aerotransportadas, espacios(cuartos) de ambiente protegidos, ventiladores de escape para de humo de laboratorio, áreas de medicina nucleares donde el material radiactivo es usado, la evacuación de óxido de etileno y la evacuación de anestesia. Donde la conexión automática con retardo no es apropiada, se permitirán a tales sistemas de ventilación ser conectados al ramal crítico.

5. Deberá arreglarse un sistema de auto enclavamiento para cualquiera de las dos conexiones la manual o la automática de la fuente alterna.

#### **1.3.6.15 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA**

A) El sistema eléctrico esencial será servido por la fuente de poder normal excepto cuando la fuente de poder normal que es interrumpida cae por debajo de un nivel de voltaje predeterminado. Los ajustes de los sensores de voltaje serán determinados por el estudio cuidadoso de las exigencias de voltaje de la carga.

B) La falla de la fuente normal automáticamente arrancará al generador de la fuente alterna después de un pequeño retardo (Ver 1.3.6.13 - 2(D)). Cuando la fuente de

poder alterna ha logrado un voltaje y frecuencia que satisfaga los requisitos mínimos de funcionamiento del sistema eléctrico esencial, entonces la carga será conectada automáticamente a la fuente de poder alterna.

C) Hasta que se ejecute la conexión de la fuente de poder alterna, las cargas que comprenden el sistema de emergencia automáticamente serán reenergizadas de nuevo. La carga que comprende el sistema de equipo será conectada automáticamente después de un retardo(Ver 1.3.6.13 - 2(E)) de manera secuencial para no sobrecargar al generador.

D) Cuando la fuente de poder normal es restaurada, y después de un retardo previamente programado (Ver 1.3.6.13 - 2(F)), los interruptores de transferencia automáticos desconectarán la fuente alterna de poder y conectarán las cargas a la fuente de poder normal. El generador de la fuente de poder alterna seguirá funcionando en vacío un tiempo predeterminado (Ver 1.3.6.13 - 2(J)).

E) Si la fuente de poder falla y la fuente de poder normal ha sido restaurada, la retransferencia de la carga a la fuente normal de poder será inmediata, evitando el tiempo de retransferencia.

F) Si la fuente de poder de emergencia falla durante una prueba, deberán tomarse las provisiones necesarias para transferir la carga de manera inmediata a la fuente normal.

G) En retransferencias manuales la carga será conectada a la fuente de poder normal cuanto antes después del regreso de la fuente normal o a discreción del operador.

#### **1.4 RED DE TIERRA**

Como una medida de seguridad para los equipos eléctricos y las personas, toda instalación eléctrica hospitalaria debe estar provista de una Red de Tierra. Este sistema

de puesta a tierra debe cubrir tanto al Sistema eléctrico de la Instalación como a los aparatos eléctricos conectados a ella.

a) Conexión a tierra del Sistema. Las razones básicas para conectar a Tierra el Sistema son:

- Limitar las diferencias de potencia eléctrica entre todos los objetos conductores no aislados en un área determinada.
- Aislar fallas en circuitos y equipos
- Limitar sobrevoltajes del sistema que aparecen bajo condiciones de falla

b) Conexión a Tierra de los equipos eléctricos. En este sistema se interconectan a tierra el chasis o las partes no eléctricas de los equipos, con el propósito de prevenir choques eléctricos a pacientes y personal paramédico. Para conseguir esto, el circuito conductor a tierra debe ser instalado y diseñado apropiadamente, de tal manera que presente un camino de baja impedancia y una adecuada capacidad para conducir corrientes de falla a tierra.

#### **1.4.1 ELEMENTOS DE LA RED DE TIERRA**

- Conductores:

Los conductores usados en los sistemas de tierra son de cable de cobre del calibre arriba del #8 AWG, dependiendo del sistema que se utilice y de la corriente de falla.

Se ha escogido el calibre mínimo el #8 AWG en cobre por razones mecánicas.

Se utiliza con mas frecuencia el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y sobre todo por ser resistente a la corrosión debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

- Electrodo:

Son varillas que se clavan en terrenos generalmente blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y por tanto con menor resistividad eléctrica. Son

especialmente importantes en terrenos desprotegidos de vegetación y cuya superficie queda expuesta a los rayos del sol y está completamente seca.

Los electrodos pueden fabricarse con tubos y varillas de hierro galvanizado , o bien con varillas copperweld. En terrenos cuyos componentes son corrosivos se utilizan las varillas copperweld, que consiste en una varilla de hierro al que se le adhiere una lamina de cobre, este material combina las ventajas de alta conductividad del cobre con alta resistencia a la corrosión, buena resistencia mecánica para ser clavadas en el terreno, y se puede conectar a los cables de la red de tierra a través de conectores.

Las dimensiones estándar de las varillas copperweld se muestran en la Tabla 1.15:

**DIMENSIONES ESTANDAR DE LAS VARILLAS COPPERWELD®**

<b>DIÁMETRO ( PULGADAS )</b>	<b>LONGITUD ( PIES )</b>
1/2	8.0
5/8	10.0
3/4	12.0
1	16.0

TABLA 1.15

- Conectores y Accesorios:

Son los elementos que nos sirven para unir a la red de tierra los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, etc.

Los conectores mas usados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos:

- a) Conectores Atornillados.
- b) Conectores a Presión.
- c) Conectores Soldados.

Todos los tipos de conectores deben poder soportar la corriente de la red de tierra en forma continua, los conectores atornillados se fabrican con bronce de alto contenido

---

® **Manual de Instalaciones Eléctricas – CONELCA 1998**

de cobre formando dos piezas que se unen por medio de tornillos cuyo material está formado por bronce al silicio que les da alta resistencia mecánica y a la corrosión. Los conectores soldados (Cadweld) son los más conocidos y seguros por lo que se usan con mucha frecuencia.

#### **1.4.2 SISTEMA DE TIERRAS EN SUBESTACIONES**

Las subestaciones deberán tener un adecuado sistema de tierras al cual deberán estar conectados todos los elementos de la instalación que requieran la Puesta a tierra para:

- Proveer un circuito de muy baja resistencia para la circulación de las corrientes a tierra ya sean debidas por falla a tierra del sistema o la operación de pararrayos.
- Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación que puedan ser peligrosas para el personal, considerando que las tensiones tolerables por el cuerpo humano deben ser mayores que las tensiones resultantes en la red de tierras.
- Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuados, para la eliminación de las fallas a tierra.
- Proveer mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.

En la tabla 1.16 se muestran los valores máximos permitidos de la resistencia de tierra en una subestación, en función a su capacidad:

**VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RESISTENCIA DE RED DE TIERRA DE  
UNA SUBESTACIÓN. <sup>⊗</sup>**

<b>CAPACIDAD DE LA SUBESTACIÓN (KVA)</b>	<b>RESISTENCIA DE LA RED DE TIERRA (OHMIOS)</b>
≤ 50	12
50 – 100	6
100 – 500	2
500 – 1,000	1.5
1,000 – 50,000	1
50,000 – 100,000	0.5
> 100,000	0.2

TABLA 1.16

### **1.4.3 DISPOSICIÓN FÍSICA DE LA RED DE TIERRA**

El cable que forme el perímetro exterior de la red de tierras, deberá ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo de la subestación, por lo menos un metro fuera del perímetro de la subestación, en aquellos lugares en que haya circulación de personas. La red de tierras deberá estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente, con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando mallas. En cada cruce de conductores de la red de tierra, éstos deberán conectarse rígidamente entre sí y en los puntos adecuados conectarse a electrodos de una longitud y diámetro mínimos de 2.40 m y 12.7 mm respectivamente, clavados verticalmente y/o contruidos de tal manera que garantice el nivel de conductividad en el futuro. El diseño del sistema de tierras deberá considerar las cajas de registro necesarias para efectos de medición y mantenimiento.

---

<sup>⊗</sup> **Normas Técnicas de Diseño, Seguridad y Operación de las Instalaciones Eléctricas de Distribución – SIGET.**

En el artículo 250-66 del Código Nacional Eléctrico (NEC), se recomienda que el calibre del conductor del electrodo de tierra, no sea menor que el que se indica en la Tabla 1.17, para conductores de cobre y aluminio:

**CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA PARA SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA.\***

<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR MÁS GRANDE DE LA ACOMETIDA O SU EQUIVALENTE PARA CONDUCTORES EN PARALELO</b>		<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA .</b>	
<i>COBRE</i>	<b>ALUMINIO Ó COBRE CON ALUMINIO</b>	<b>COBRE</b>	<b>ALUMINIO O COBRE CON ALUMINIO</b>
2 ó Menor	1/0 ó Menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250 MCM	4	2
Mayor 3/0 hasta 350 MCM	Mayor 250 MCM hasta 500 MCM	2	1/0
Mayor 350 MCM hasta 600 MCM	Mayor 500 MCM hasta 900 MCM	1/0	3/0
Mayor 600 MCM hasta 1100 MCM	Mayor 900 MCM hasta 1750 MCM	2/0	4/0
Mayor 1100 MCM	Mayor 1750 MCM	3/0	250 MCM

TABLA 1.17

**1.4.4 PUESTA A TIERRA DE PARTES NO CONDUCTORAS**

- Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente del equipo eléctrico, deberán conectarse a tierra en forma permanente, tales como cubiertas de tableros, tanques de transformadores, así como las defensas metálicas del equipo eléctrico, incluyendo cercas y mallas perimetrales.

\* NEC-1996: Tabla 250-66 “ Calibre del Conductor de Puesta a Tierra “

- Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o lugares peligrosos las partes metálicas que no conducen corriente, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean normalmente inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos. Estos deben impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente, algún objeto conectado a tierra.
- Las estructuras de acero de la subestación, en general, deberán conectarse a tierra.

#### **1.4.5 PUNTO DE CONEXIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA**

##### **SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA**

A) *Hasta 750 V.* La Puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de 4 hilos, o de un sistema monofásico de 3 hilos, deberá hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la Puesta a tierra deberá hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.

La Puesta a tierra deberá hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

B) *Más de 750 V* Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla) la Puesta a tierra deberá hacerse al neutro, en la fuente de alimentación. Si se desea conexiones adicionales a lo largo de la trayectoria del neutro, se puede hacer cuando éste sea uno de los conductores del sistema.

C) *Conductor de puesta a tierra separado.* Si se usa un conductor de puesta a tierra separado, añadido a un cable subterráneo, deberá ser conectado en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que estos vayan conectados a tierra. Este conductor deberá estar colocado en el mismo conducto que los conductores del circuito.

## **1.5 TIPO DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO**

En el diseño e instalación del sistema de distribución eléctrica, es muy importante seleccionar el tipo de configuración mas apropiado del sistema, a fin de proporcionar un sistema de potencia confiable.

### **1.5.1 SISTEMA RADIAL**

Este sistema se utiliza generalmente en pequeñas instalaciones médicas, en el que los componentes más importantes son: un tablero principal en la entrada del servicio eléctrico y una pequeña planta eléctrica de emergencia.

Estas instalaciones usualmente poseen algunos tableros que son alimentados de los dispositivos de sobrecorriente No Esenciales.

En caso que el sistema requiera mayor grado de confiabilidad, pueden utilizarse dos o más Interruptores de Transferencia.

### **1.5.2 SISTEMA DE DOBLE TERMINAL**

Este sistema se utiliza generalmente para instalaciones de mas de 750 KVA.

Dicho sistema utiliza un dispositivo de seccionamiento del Bus secundario que se encuentra normalmente abierto, el cual se encuentra enclavado con los dispositivos de protección principales (Cortacircuitos, Interruptores) de tal manera que los tres dispositivos de protección no pueden ser cerrados simultáneamente. En caso de que uno de los transformadores o alimentadores sufriera una falla, el dispositivo de seccionamiento del Bus puede ser manualmente cerrado, quedando toda la carga alimentada por el otro transformador.

Otra de las ventajas de este sistema son las bajas corrientes de falla y la habilidad de separar las cargas de motores y cargas de rayos X que requieren un alto grado de regulación de voltaje.

### **1.5.3 SISTEMA DE RED**

Este Sistema consiste de dos o más transformadores con sus secundarios conectados a un mismo bus, a través de dispositivos de protección de la red.

Las ventajas de este sistema son:

- a) Alta confiabilidad
- b) El servicio no se interrumpe cuando uno de los alimentadores es removido
- c) Buena regulación de voltaje

Sus desventajas son:

- a) Alto costo
- b) Altas corrientes de falla
- c) Imposibilidad de expandir la red sin incrementar los rangos de interrupción y tamaños de los componentes existentes

El Sistema de Red es considerado el más confiable, pero a la vez el más caro de los sistemas de servicio eléctrico.

#### **1.5.4 SISTEMAS DE ALTA TENSION**

Estos sistemas están formados por dos o más transformadores, cada uno de ellos conectados a fuentes de voltaje primaria diferentes, a través de equipos de transferencia para proporcionar un suministro de energía normal y otro alterno. Los sistemas en alta tensión que más se utilizan para hospitales son: El sistema en anillo y el sistema selectivo primario, ambos sistemas permiten que un alimentador sea retirado sin que existan problemas con el suministro de energía en la instalación.

Cuando sucede una falla en la fuente de energía primaria normal, el transformador es transferido a la fuente de energía primaria alternativo.

### **1.6 SEGURIDAD EN SUBESTACIONES**

#### **1.6.1 RÓTULOS DE ADVERTENCIA**

Deberá disponerse de rótulos completamente visibles, preferiblemente con símbolos y texto, previniendo al público del peligro, el texto de los rótulos deberá estar escrito en idioma español.

### **1.6.2 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD**

Se deberá mantener una distancia mínima de seguridad para evitar que ocurran daños personales y materiales por contacto de líneas eléctricas energizadas con personas, equipos, instalaciones o superficies. En una subestación se deberá prevenir el contacto entre:

- A) Componentes energizados y trabajadores (personas en general).
- B) Componentes energizados entre sí, por ejemplo, línea a línea.
- C) Componentes energizados y tierra.
- D) Componentes energizados y edificios u otras estructuras.
- E) Componentes energizados u otras instalaciones conductoras.

### **1.6.3 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD A PARTES ENERGIZADAS DESCUBIERTAS**

Todas las partes energizadas que operen a una tensión mayor de 150 voltios a tierra sin recubrimiento aislante adecuado, deberán protegerse de acuerdo con su tensión contra el contacto accidental de personas, ya sea que se usen resguardos especiales o bien localizando las partes energizadas respecto a los sitios donde pueden circular, o trabajar personas, a una altura y con una distancia horizontal igual o mayor que las indicadas en la tabla siguiente:

**DISTANCIAS MINIMAS A PARTES ENERGIZADAS DESCUBIERTAS**

1	2	3	4	5
Máxima tensión de diseño entre fases	Nivel básico de aislamiento al impulso  (BIL)	Distancia Vertical  Mínima	Distancia horizontal mínima	Distancia mínima del resguardo a partes energizadas
KV	KV	m.	M	m.
De 0.151 a 0.6	---	2.64	1.02	0.050
2.4	---	2.67	1.02	0.076
5.2	60	2.70	1.02	0.087
7.2	95	2.70	1.02	0.101
15	95	2.70	1.07	0.101
15	110	2.74	1.07	0.152
25	125	2.80	1.09	0.228
25	150	2.82	1.14	0.250
35	200	2.90	1.22	0.350
48	250	3.00	1.32	0.430
72.5	250	3.00	1.32	0.430
72.5	350	3.18	1.50	0.584
121	350	3.18	1.50	0.584
121	550	3.53	1.85	0.939
145	350	3.18	1.50	0.584
145	550	3.53	1.85	0.939
145	650	3.71	2.03	1.117
169	550	3.53	1.85	0.939
169	650	3.71	2.03	1.117
169	750	3.91	2.25	1.320
242	550	3.53	1.85	0.939
242	650	3.71	2.03	1.117
242	750	3.91	2.24	1.320
242	900	4.19	2.51	1.600
242	1050	4.52	2.84	1.930

TABLA 1.18

A continuación se detallan notas que amplían el contenido de la Tabla anterior:

*Los valores de la Tabla anterior no fijan un requisito para diseñar el equipo, sino que fijan una norma para la instalación del resguardo. Por ejemplo, no es su propósito que se apliquen al espacio entre las partes energizadas y paredes de celdas metálicas, compartimentos o similares, ni al espacio entre barras colectoras y sus soportes, ni entre cuchillas y sus bases, ya que en estos casos intervienen múltiples factores que deciden el diseño del fabricante.*

#### 1.6.4 BARRERAS DE PROTECCIÓN

Deberán emplearse barreras de protección tales como: cercas, mallas o muros perimetrales, con candado en las puertas u otros recursos apropiados, para mantener al público alejado de las instalaciones. Las barreras de protección deberán tener una altura mínima de 2.10 m.

#### 1.6.5 ZONA DE SEGURIDAD PARA BARRERAS DE PROTECCIÓN

Cuando se instalen cercas, mallas o muros perimetrales como barreras de protección para personal no autorizado, deben ser ubicadas de tal forma que las partes energizadas expuestas queden fuera de la zona de seguridad tal como se indica la siguiente tabla.

TENSION NOMINAL ENTRE FASES	NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO	DISTANCIA "R"
KV	BIL	m.
De 151 V a 7.20.	95	3.0
13.2	110	3.1
23	150	3.1
34.5	200	3.2
46	250	3.3
69	350	3.5
115	550	4.0
138	650	4.2
230	825	4.5
230	900	4.7

TABLA 1.19

## **1.7 SISTEMAS DE POTENCIA AISLADOS**

Los Sistemas de Potencia Aislados son Sistemas de Distribución no especializados en los cuales ninguno de los conductores que alimentan la carga está directamente conectado a tierra, y posee un dispositivo de detección (un monitor de aislamiento de línea ó un detector de falla a tierra) que determina la magnitud de degradación del aislamiento.

Estos sistemas han sido ampliamente utilizados en Quirófanos y otras áreas de los hospitales como: Unidad de Cuidados Intensivos, Laboratorios Especiales, Cuartos de Emergencia). Hasta hace poco tiempo, los códigos y estándares han requerido que este sistema sea instalado en el área de Anestesiología.

La vida o salud de los pacientes pueden ponerse en peligro fácilmente aun cuando fluyan cantidades pequeñas de corriente eléctrica a través de su cuerpo, o si dispositivos que mantengan con vida a un paciente fallan.

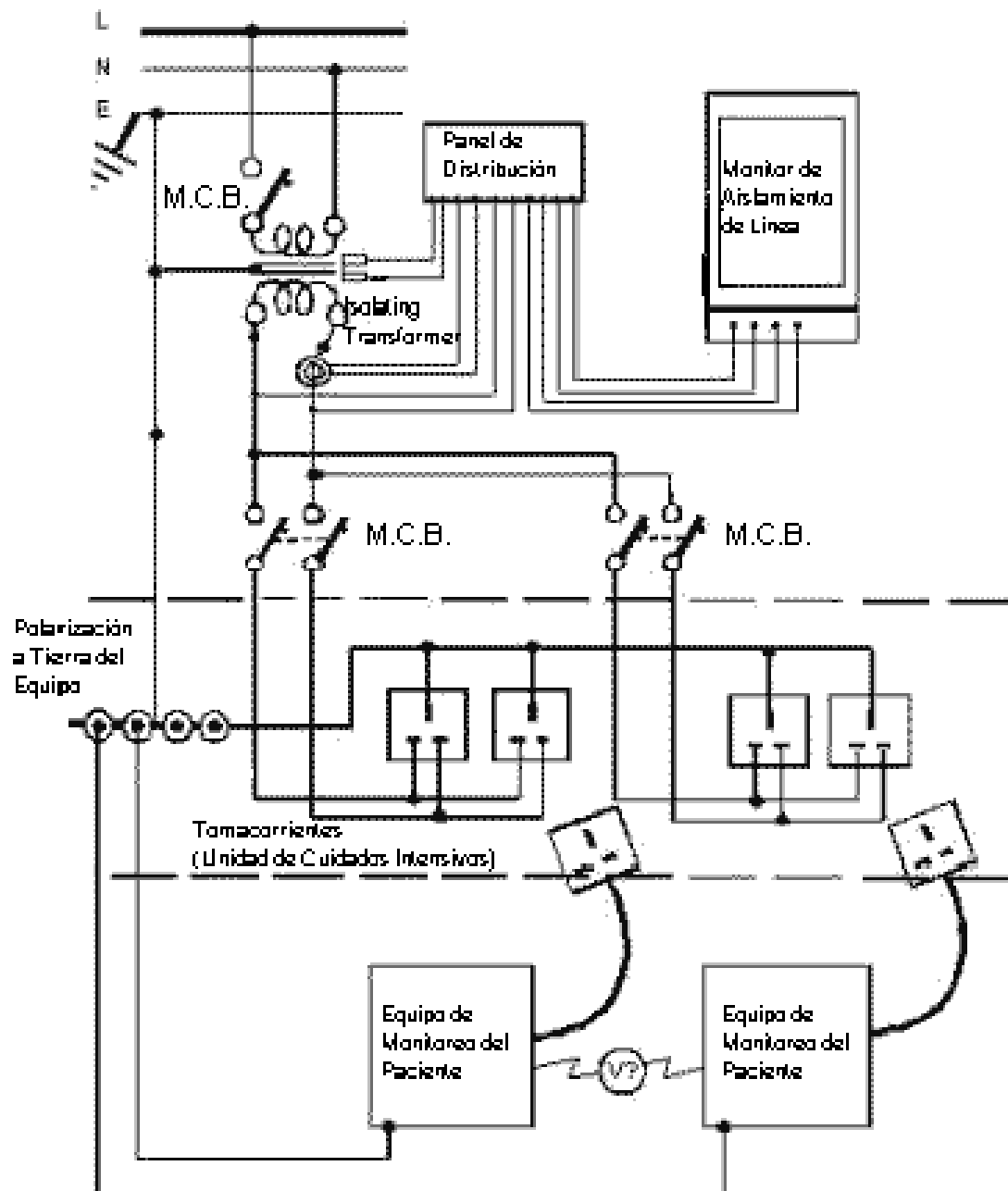
Al formular estos requisitos de seguridad, se tiene que considerar que pueden conectarse pacientes firmemente a electrodos en los que su piel puede punzarse en el proceso, por ejemplo, insertando un catéter conductivo en el torrente sanguíneo, y puede haber ausencia de reacciones normales del paciente que puede estar inconsciente, anesteciado, inmovilizado etc.

Por consiguiente al paciente se le debe proteger de riesgos contra choques eléctricos, las medidas de seguridad son esenciales, no sólo en el equipo electrónico, pero también en el Suministro de la Electricidad que proporciona su potencia.

La instalación de un Sistema de Potencia Aislado debe de cumplir con lo establecido en el Artículo 517-160 del NEC.

A continuación se muestra un diagrama típico de un Sistema Aislado de Potencia:

## SISTEMA DE POTENCIA AISLADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE UN HOSPITAL



M.C.B.: Protección Termomagnética

FIGURA 1.6

## **1.8 EQUIPO DE MEDICION**

### **1.8.1 ANALIZADOR DE RED "CIRCUTOR AR5"**

El analizador de redes AR5 es un instrumento portátil de medida programable que mide calcula y registra en memoria los principales parámetros eléctricos en redes monofásicas o trifásicas (equilibradas/desequilibradas).

Permite analizar simultáneamente tensión e intensidad, de las tres fases, además de la frecuencia de una determinada red.

Permite obtener el factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva inductiva y capacitiva de las tres fases, así como las energías activa y reactiva (inductiva y capacitiva).

El analizador AR5 está provisto de una memoria interna de 256 kB o 1 MB.

#### **VISUALIZACION**

El equipo permite la visualización de:

- Los valores instantáneos, máximos y mínimos de cada parámetro y de cada fase, así como los valores promedios o suma.
- La secuencia de fases para la instalación de motores.

#### **DATOS MEMORIZADOS**

Periódicamente registra en memoria todos los parámetros eléctricos medidos o bien, para una mejor optimización de la memoria se puede elegir que grabe sólo determinados parámetros que posteriormente pueden ser enviados vía RS-232 a un ordenador y ser tratado por los softwares disponibles o por una hoja de cálculo.

Además existen múltiples posibilidades de trigger para activar la captura de datos (por horario y/o por nivel de algunas variables).

#### **SISTEMA DE MEDIDA**

4 entradas de tensión y 3 entradas para pinzas de corriente.

## METODOS DE MEDICION

- Trifásico equilibrado/desequilibrado (3 pinzas de corriente).
- Monofásico (1 pinza).
- Trifásico equilibrado (1 pinza).
- Trifásico (3 o 4 hilos)

## SOFTWARE

Software para el análisis de redes y Software propio (AR5-Vision), para la visualización de los datos capturados por el equipo. Este programa está desarrollado para entorno WINDOWS.

## APLICACIONES

El **AR.5** con el programa “analizador de redes” permite la medición y visualización de mas de 30 parámetros eléctricos en verdadero valor eficaz que periódicamente guarda en memoria para un posterior análisis lo cual permite:

- El ahorro de los costos de la energía eléctrica mediante la optimización de contratación de las tarifas eléctricas.
- El cálculo de la batería de condensadores necesaria para la compensación de la energía reactiva.
- Estudios sobre la calidad de la energía eléctrica. Evolución de las cargas, sobretensiones/subtensiones, máximas y mínimas.

## PROGRAMACION

- Programación asistida por menús de ventana desde el propio equipo.
- Volcado al PC a través de salida RS-232 alojada en la caja de cargador de baterías.

## CLASE DE PRECISION

- Corriente 0.5 % +/- 2 dígitos
- Tensión 0.5 % +/- 2 dígitos
- Potencia activa 1% lectura +/-2 dígitos
- Potencia reactiva 1% lectura +/-2 dígitos

- Estas precisiones están dadas bajo las siguientes condiciones:

- a) Exclusión de los errores aportados por los transformadores de tensión y corriente externos.
- b) Rango de temperaturas: de 5 a 45 °C
- c) Factor de potencia: de 0.5 a 1
- d) Margen de medida: de 5% a 100 %

## NORMAS

IEC 868, IEC 1010-1, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 50081-2, EN 50082-2, EN 50082-1, IEC 664, UL 94, VDE 110.



## 1.9 DEFINICION DE PARÁMETROS ELECTRICOS MEDIDOS

### a) TENSIÓN (VOLTAJE)

Al mover un conductor eléctrico a través de un campo magnético se produce una fuerza entre los terminales de éste, que tiende a desplazar los electrones libres a lo largo del conductor. Esta tendencia de los electrones a moverse es lo que se conoce como voltaje.

En otras palabras, el voltaje entre un par de terminales es una medida del trabajo requerido para mover carga eléctrica a través del elemento.

La unidad del voltaje es el Volt (V), que es igual a  $V = 1 \text{ J/C}$

La ley de Ohm establece que el voltaje entre los extremos de muchos tipos de materiales conductores, es directamente proporcional a la corriente que fluye a través del material y se relaciona de la siguiente manera:

$$V = (R) \times (I)$$

Donde la constante de proporcionalidad R recibe el nombre de resistencia. La unidad de resistencia es el Ohm, el cual es igual a  $1 \text{ V/A}$  y generalmente se simboliza por una letra Omega Mayúscula; la corriente se simboliza por una letra I.

**TENSIÓN MÁXIMA:** Es el máximo valor de tensión instantáneo medido en un determinado periodo de tiempo. Para nuestro caso, en las mediciones realizadas con el Analizador de Redes CIRCUTOR AR5 el periodo de tiempo programado fue de 15 minutos.

**TENSIÓN MÍNIMA:** Es el mínimo valor de tensión instantáneo medido en un determinado periodo de tiempo. Para nuestro caso, en las mediciones realizadas con el Analizador de Redes CIRCUTOR AR5 el periodo de tiempo programado fue de 15 minutos.

## b) CORRIENTE ELECTRICA (INTENSIDAD)

Se define la corriente en un punto específico y que fluye en una dirección específica, como la rapidez instantánea a la cual la carga eléctrica se mueve a través de ese punto en esa dirección específica.

La corriente se representa por:

$$I = dq / dt$$

La unidad de la corriente es el Ampere (A)

La ley de Ohm establece que la corriente es igual a:

$$I = V / R$$

Donde V es el voltaje y R la resistencia.

**INTENSIDAD MÁXIMA:** Se define como el máximo valor de Intensidad instantáneo medido en un determinado periodo de tiempo. Para nuestro caso, en las mediciones realizadas con el Analizador de Redes CIRCUTOR AR5 el periodo de tiempo programado fue de 15 minutos.

**INTENSIDAD MÍNIMA:** Se define como el mínimo valor de Intensidad instantáneo medido en un determinado periodo de tiempo. Para nuestro caso, en las mediciones realizadas con el Analizador de Redes CIRCUTOR AR5 el periodo de tiempo programado fue de 15 minutos.

## c) POTENCIA

La potencia se define como la rapidez con la que se realiza un trabajo o con la que se gasta la energía. La unidad fundamental es el Watt, definido como 1 J/s.

La potencia absorbida por un elemento en términos del voltaje y la corriente de tipo senoidal es:

$$P = (V) (I) (\cos \varnothing)$$

Donde:  $\varnothing$  = ángulo por el cual el voltaje adelanta a la corriente.

$$\cos \varnothing = \text{Factor de Potencia (FP)}^{\otimes}$$

Si el voltaje aplicado y la respuesta de corriente hubiesen sido cantidades de tipo cd, la potencia entregada a la red estaría dada simplemente por el producto del voltaje y la corriente.

#### d) POTENCIA REACTIVA (INDUCTIVA Y CAPACITIVA)

Si expresamos la Potencia como una cantidad compleja, se verá que la parte real de la Potencia compleja es la Potencia real y la parte imaginaria de la Potencia Compleja recibirá el nombre de Potencia Reactiva.

La formula utilizada es la siguiente:

$$S = P + jQ$$

Donde: S = Potencia Compleja (aparente)

P = Potencia Real

Q = Potencia Reactiva

Las dimensiones de Q son las mismas que las de la potencia Real (P) y la Potencia compleja S.

La unidad de Q se define como VAR, que significa voltamperes reactivos.

$$Q = (V) (I) \text{sen} (\varnothing)$$

El signo de la Potencia Reactiva caracteriza a la carga pasiva a la que están especificados el Voltaje (V) y la corriente ( I ). Si la carga es *Inductiva*, entonces ( $\varnothing$ ) es un ángulo entre 0 y 90°, el seno de este ángulo es positivo y

---

<sup>⊗</sup> Ver (Secc.2.6.2), Capítulo II

la Potencia Reactiva es positiva. A ésta Potencia positiva se le denomina *Potencia Reactiva Inductiva*.

Por otro lado, si la carga es *Capacitiva* la Potencia Reactiva se vuelve negativa, a ésta Potencia se le denomina *Potencia Reactiva Capacitiva*.

# **CAPITULO II**

## **ESTUDIO ENERGÉTICO**

### **2. GENERALIDADES**

En el presente capítulo se presentan los datos más importantes encontrados en las investigaciones de campo, facturación de energía eléctrica y mediciones de carga en las subestaciones principales, realizadas en el Hospital Nacional Rosales.

Se presenta el diagrama unifilar de la red eléctrica actual, así como también la distribución y ubicación en el plano de los diferentes elementos que componen el sistema eléctrico en dicho hospital. Estos datos serán indispensables para el cumplimiento de los objetivos expuestos en este proyecto, ya que se tendrá un conocimiento real del voltaje, corriente, demanda y factor de potencia relativo al Hospital Nacional Rosales. En base a estos resultados y tomando en cuenta las áreas donde la continuidad del servicio es crítico, se realizará el diseño de la nueva instalación eléctrica en los posteriores capítulos.

### **2.1 PROCESO DEL ESTUDIO ENERGÉTICO EN EL HOSPITAL ROSALES**

#### **2.1.1 METODOLOGIA DEL ESTUDIO**

En la Auditoria se realizaron visitas locales, mediciones eléctricas, análisis de datos, etc.

Este estudio se realizó con el objetivo principal de averiguar el comportamiento de los parámetros eléctricos en el transcurso de un día normal, para verificar las horas de mayor demanda, desbalances de carga, problemas con el factor de potencia, caídas de voltaje, etc.

La metodología utilizada fue la siguiente:

- a) Demanda (Historial)
- b) Análisis de datos
- c) Conocer el proceso.
- d) Planeación de la auditoria.
- e) Realizar las mediciones necesarias con visitas al Nosocomio, utilizando el equipo de medición AR-5, tablas, planos actualizados (proporcionados por el hospital) y gráficas.
- f) Elaboración del perfil de consumo.

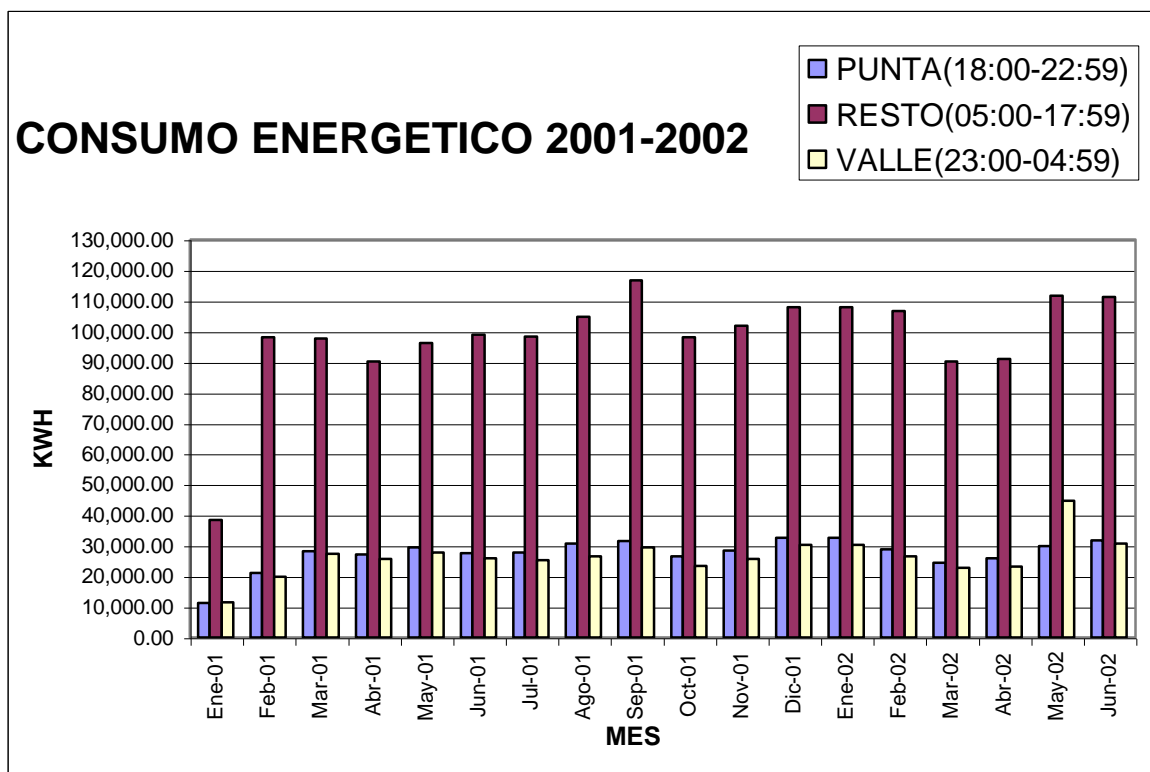
## **2.2 HISTORIAL DE LA DEMANDA ENERGETICA**

A continuación se presenta la demanda del sistema eléctrico del hospital, tomado de la facturación mensual presentada por la Compañía de Distribución Eléctrica, correspondiente al período de enero 2001 a junio 2002. Las cuales se pueden observar en la Tabla 2.1.

Notemos que estos valores de energía son en su totalidad lo que el Hospital Nacional Rosales esta demandando.

MES	TOTAL KWH	TOTAL KVA
Ene-01	61,208.64	
Feb-01	139,017.44	
Mar-01	153,260.56	
Abr-01	143,052.22	
May-01	153,431.81	
Jun-01	152,323.68	
Jul-01	151,385.21	543.38
Ago-01	161,895.73	543.20
Sep-01	177,729.54	552.66
Oct-01	147,840.60	537.71
Nov-01	155,962.59	536.96
Dic-01	170,774.22	518.18
Ene-02	170,774.22	518.18
Feb-02	161,848.21	501.47
Mar-02	137,136.08	487.29
Abr-02	139,985.19	519.31
May-02	186,254.55	526.43
Jun-02	173,476.81	515.67

TABLA 2.1

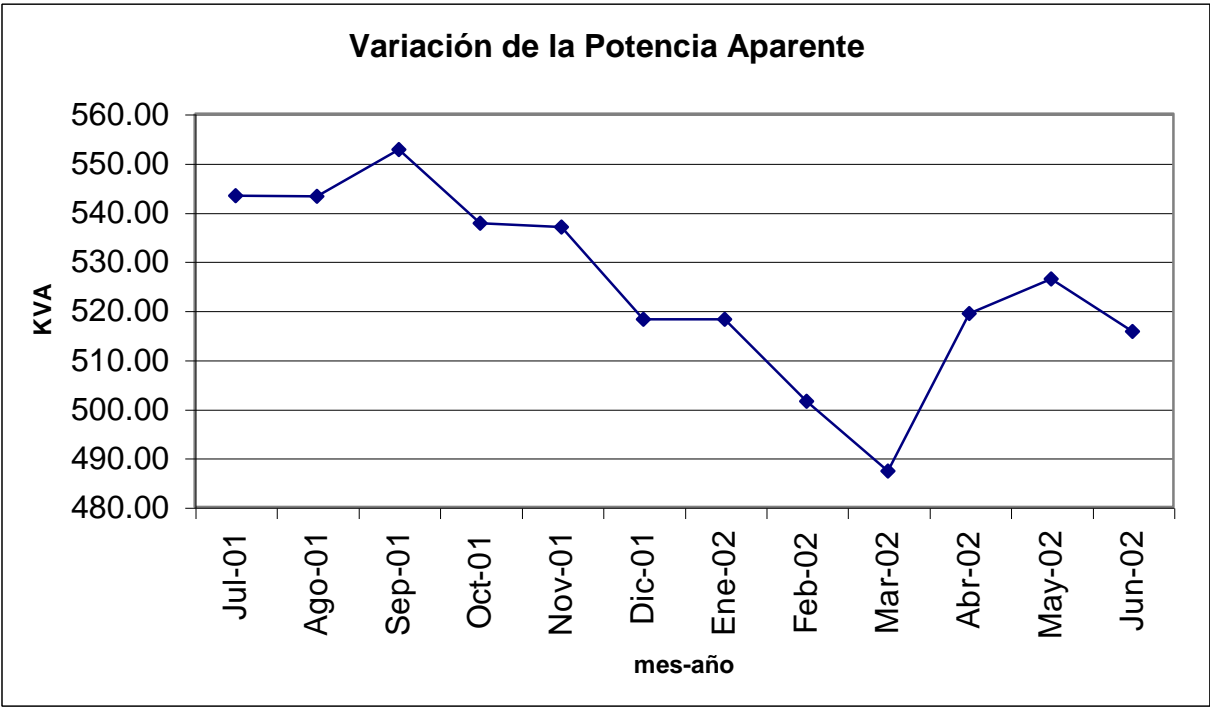


GRAFICA 2.1

El análisis de la tabla 2.1 nos indica que la demanda promedio mensual es de 525.04 KVA, también se puede observar que el consumo promedio en las diferentes horas a través de todo el año, se mantiene constante, a excepción de algunas variaciones como se puede observar en dicha gráfica.

También se puede observar en la tabla 2.1, que en el mes de septiembre del año 2001, se registra la mayor cantidad de KWH debido al incremento significativo en la hora resto la cual llegó a un valor de 116,000 KWH aproximadamente.

Para el caso del Hospital Rosales se puede observar en la gráfica 2.2, la variación que presenta en cuanto a la Potencia aparente demandada a la Compañía de electricidad (CAESS), la cual tiene una potencia mínima de 487.29 KVA hasta llegar a 552.66 KVA.



GRAFICA 2.2

## 2.3 SITUACION ACTUAL DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA

Las diferentes fuentes de alimentación del Hospital Rosales se indican en el plano general presentado en el Apéndice IV y que a continuación se describen:

### 2.3.1 SUBESTACIONES

A) No. de medidor de CAESS: 95079649 x 200

Subestación 1: (Subestación tipo intemperie en poste próxima a Cooperativa de Empleados)

- 4 transformadores de 50 KVA c/u.
- Tipo de conexión: estrella - delta abierta, en paralelo.
- Voltaje primario: 4.16 KV.
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ ).

Subestación 2: (Subestación tipo intemperie para Dpto. de Radiología)

- 3 transformadores de 50 KVA.
- Tipo de conexión: estrella – delta.
- Voltaje primario: 4.16 KV.
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ ).

Subestación 3: (Subestación tipo intemperie para Dpto. de Radiología)

- 1 transformador de 50 KVA.
- Voltaje primario: 4.16 KV.
- Voltaje secundario: 240 V, (1 $\phi$ )

Subestación 4: (Subestación tipo intemperie para Cardiología)

- 1 transformador, de 25 KVA
- Voltaje primario: 4.16 KV.
- Voltaje secundario: 120/240 V, (1 $\phi$ ).

Subestación 5: (Subestación tipo intemperie en poste para Cirugía)

- 2 transformadores 1 x 100 KVA y 1 x 50 KVA
- Tipo de conexión: estrella – delta abierta
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ )

Subestación 13: (Subestación tipo intemperie para Depto. de Radiología)

- 1 transformador 1 x 37.5 KVA
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ )

B) No. de medidor de CAESS: 749090 x 80

Subestación 6: (Subestación tipo intemperie para Laboratorio Clínico)

- 2 transformadores 1 x 167 KVA y 1 x 50 KVA
- Tipo de conexión: estrella – delta abierta
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ )

C) No. de medidor de CAESS: 749231 x 400

Subestación 10: (Subestación tipo intemperie para Medicina Nuclear)

- 1 transformador de 75 KVA
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ )

D) No. de medidor de CAESS: 478084 x 160 (Fuera de estudio)

Subestación 11: (Subestación tipo interna para Servicios Generales)\*

- 3 transformadores de 167 KVA
- Tipo de conexión: estrella – estrella
- Voltaje primario: 23 KV
- Voltaje secundario: 120/208 V, (3 $\phi$ )

Subestación 12: (Subestación tipo intemperie para Dpto. de Radiología)

- 1 transformador de 500 KVA
- Voltaje primario: 23 KV
- Voltaje secundario: 480 V, (3 $\phi$ )

E) No. de medidor de CAESS: 079566 x 200 (Fuera de estudio)

Subestación 7: (Subestación tipo intemperie para Sala de Emergencias)\*

- 3 transformadores de 50 KVA c/u
- Tipo de conexión: estrella – delta
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 120/240 V, (3 $\phi$ )

Subestación 8: (Subestación tipo intemperie en poste para Sala de Emergencias)\*

- 1 transformador de 75 KVA
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 240 V, (1 $\phi$ )

Subestación 9: (Subestación tipo intemperie en poste para Sala de Emergencias)\*

- 1 transformador de 50 KVA
- Voltaje primario: 4.16 KV
- Voltaje secundario: 240 V, (1 $\phi$ )

Nota: \* Subestaciones no incluidas en el proyecto

### 2.3.2 PLANTAS DE EMERGENCIA

El hospital posee también varias plantas de emergencia destinadas a suministrar energía eléctrica en situaciones necesarias, y se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- Planta de emergencia 1: (Interna – conectada a subestación No. 10)

Potencia Real: 275 Kw

Potencia Aparente: 344 KVA

Voltaje: 220/440 V

Corriente: 451 Amp

- Planta de emergencia 2: (Interna – fuera de servicio.)

Potencia Real: 135 Kw

Potencia Aparente: 169 KVA

Voltaje: 240/480 V

Corriente: 203 Amp

- Planta de emergencia 3: (Externa Móvil– conectada a subestación No. 5)

Potencia Real: 175 Kw

Potencia Aparente: 218 KVA

Voltaje: 120/240 V

Corriente: 287 Amp

- Planta de emergencia 4: (Externa – fuera de servicio)\*\*

Potencia Real: 135 Kw

Potencia Aparente: 169 KVA

Voltaje: 127/220 V

Corriente: 443 Amp

- Planta de emergencia 5: (Interna– conectada a subestación No. 6)

Potencia Real: 135 Kw

Potencia Aparente: 169 KVA

Voltaje: 240/480 V

Corriente: 728 Amp

Nota: \*\* La planta de emergencia No.4 no se encuentra en funcionamiento.

Estos datos los podremos encontrar de manera resumida y ordenada en la tabla del Apéndice III.

## **2.4 CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA**

El ciclo de consumo de energía del hospital es prácticamente similar durante todos los días de la semana debido a que la actividad es constante y permanece durante todas las épocas del año.

## **2.5 METODOLOGIA DE LA AUDITORIA**

El tiempo que duraron las mediciones fue de 24 horas donde el proceso de consumo es cíclico durante todos los días de la semana. El lugar de la conexión del equipo de medición fue en el lado de baja tensión de los transformadores. Las subestaciones que fueron medidas y analizadas fueron únicamente las subestaciones principales del hospital, debido a:

- Costo económico por cada punto de medición
- El tiempo que se utilizaría en mediciones a subtableros y tableros generales sería demasiado amplio y antieconómico.

A continuación se detalla la manera como se realizó la auditoría la cual contó con los siguientes pasos para la recolección de datos:

1. Conexión del equipo analizador de red CIRCUTOR AR-5 a las salidas (sección de baja tensión) de las subestaciones.

2. Por intervalos de 15 min, el analizador estuvo midiendo diferentes parámetros eléctricos en el transcurso de 24 horas. Los parámetros eléctricos medidos son:

- Voltaje
- Voltaje máx. y mín.
- Corriente ( Intensidad)
- Corriente máx. y mín.
- Potencia Activa (Kw)
- Potencia Reactiva Inductiva (Kvar-l)
- Potencia Reactiva Capacitiva (Kvar-c)
- Factor de Potencia.

Todos estos datos almacenados en una tarjeta de memoria con capacidad para guardar datos hasta por 7 días.

3. Retiro del equipo AR-5 y desconexión del equipo.
4. Procesamiento de datos haciendo una conexión directa entre una PC y el equipo de medición, con lo cual se obtuvieron todos los datos, gráficos y tablas.

La definición de éstos parámetros se definen en la Sección 1.9 del Capítulo I.

## **2.6 ANALISIS DE DATOS**

### **2.6.1 NIVELES DE VOLTAJE**

Como se puede observar en las gráficas de voltajes de fases del Apéndice 1, a excepción de la subestación No. 10 que corresponde a la sección de Medicina Nuclear, la sub. No. 11 (Servicios Generales) se comporta con un Nivel de Voltaje bastante normal en las horas de máxima demanda. Cuando la demanda decrece, el nivel de voltaje aumenta, y en la subestación No.1 (Consulta externa), subestación No.5 (Encamados de Hombres) y subestación No. 6 (Lab. Clínico) el comportamiento es similar aunque el voltaje se mantiene arriba de lo normal a toda hora.

## 2.6.2 FACTOR DE POTENCIA

Tradicionalmente, la introducción de los conceptos de potencia aparente y factor de factor de potencia puede relacionarse con la industria eléctrica, en la cual deben transferirse grandes cantidades de energía eléctrica de un punto a otro; la eficiencia con la que se lleva a cabo esta transferencia está directamente relacionada con el costo de la energía eléctrica que, a fin de cuentas, paga el consumidor. Un cliente que proporciona cargas que den como resultado una eficiencia de transmisión relativamente baja, debe pagar un precio mayor por cada kilowatt-hora (Kwh) de la energía eléctrica que realmente recibe y usa. De igual forma, un cliente que requiere una inversión más costosa en equipo de transmisión y distribución por parte de la compañía eléctrica también pagará más por cada kilowatt-hora.

Para fines prácticos y definiéndolo de la forma más elemental, el Factor de Potencia (f.p.) es el porcentaje de kW utilizados con relación al total de kVA entregados, donde la fórmula matemática es:

$$\text{F. de P.} = \frac{\text{Potencia Real}}{\text{Potencia Aparente}} \times 100$$

Cuando existe un bajo factor de potencia habrá un incremento de corriente, todo lo cual tiene repercusiones financieras. Algunas desventajas son:

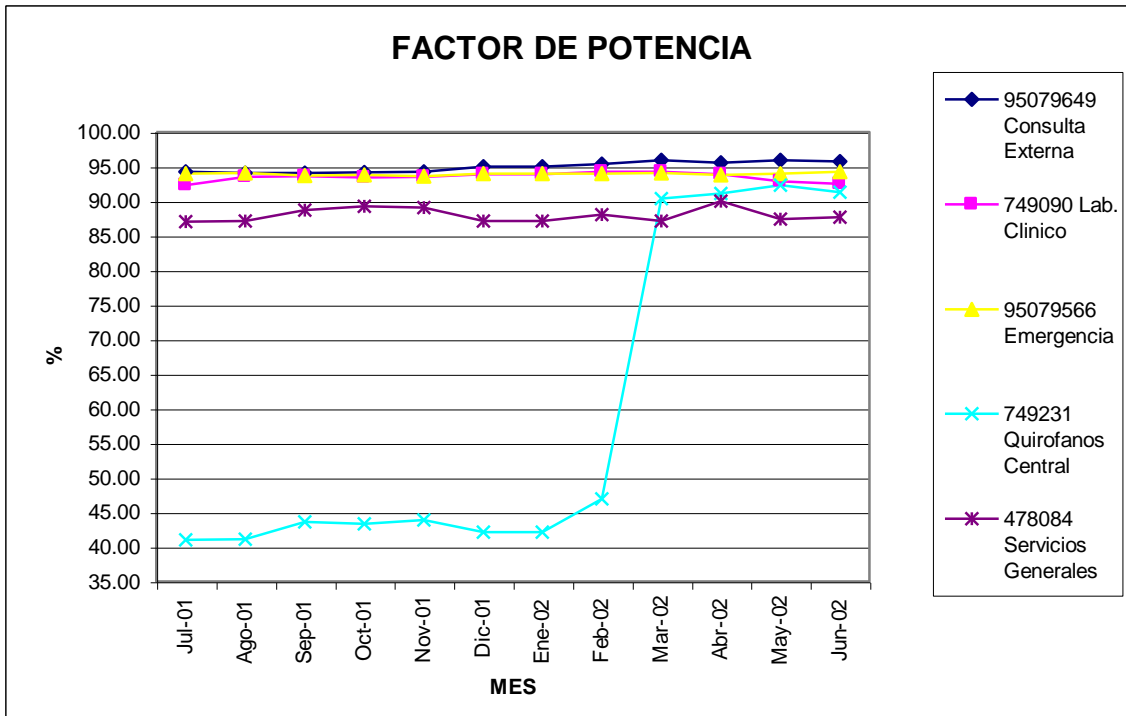
- Aumento en la caída de voltaje resultando en insuficiente suministro de potencia a las cargas, estas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta las bobinas de los transformadores de las subestaciones así como afectan todo el sistema secundario de baja tensión, y equipo médico delicado.
- Aumentan las pérdidas por efecto Joule.
- Las instalaciones no pueden ser utilizadas en su máxima capacidad, resultando altos costos en la operación.

En la tabla 2.3 podemos ver el comportamiento del factor de potencia en las mediciones primarias en los puntos de entrega realizadas por la compañía eléctrica.

FACTOR DE POTENCIA EN PUNTOS DEMEDICION PRIMARIA					
	<b>95079649 Consulta Externa</b>	<b>749090 Lab. Clinico</b>	<b>95079566 Emergencia</b>	<b>749231 Quirofanos Central</b>	<b>478084 Servicios Generales</b>
Jul-01	94.30	92.30	94.00	41.00	87.00
Ago-01	94.10	93.50	94.10	41.10	87.10
Sep-01	94.10	93.60	93.70	43.60	88.70
Oct-01	94.20	93.40	93.80	43.30	89.30
Nov-01	94.30	93.50	93.60	43.90	89.10
Dic-01	95.00	93.90	94.00	42.10	87.10
Ene-02	95.00	93.90	94.00	42.10	87.10
Feb-02	95.40	94.30	94.00	46.90	88.10
Mar-02	95.90	94.30	94.10	90.40	87.10
Abr-02	95.60	93.90	93.80	91.10	90.00
May-02	95.90	92.90	94.00	92.30	87.40
Jun-02	95.70	92.50	94.30	91.30	87.70

TABLA 2.3

En el gráfico 2.3 se puede notar que la zona comprendida del Quirófano Central y Servicios Generales, tienen los Factores de Potencia más bajos de todo el Hospital, en los cuales la multa es mayor:



GRAFICA 2.3

En los gráficos del factor de potencia del apéndice I, se muestran los valores obtenidos de acuerdo a las mediciones realizadas con el equipo analizador de redes eléctricas CIRCUTOR AR5, en el cual podemos ver que en las subestaciones 5,6 y 11, el factor de potencia aumenta a medida que aumenta también la demanda.

A continuación, se muestran los valores del factor de potencia de las subestaciones que presentan los mayores problemas en el pago de multas por bajo F.P.

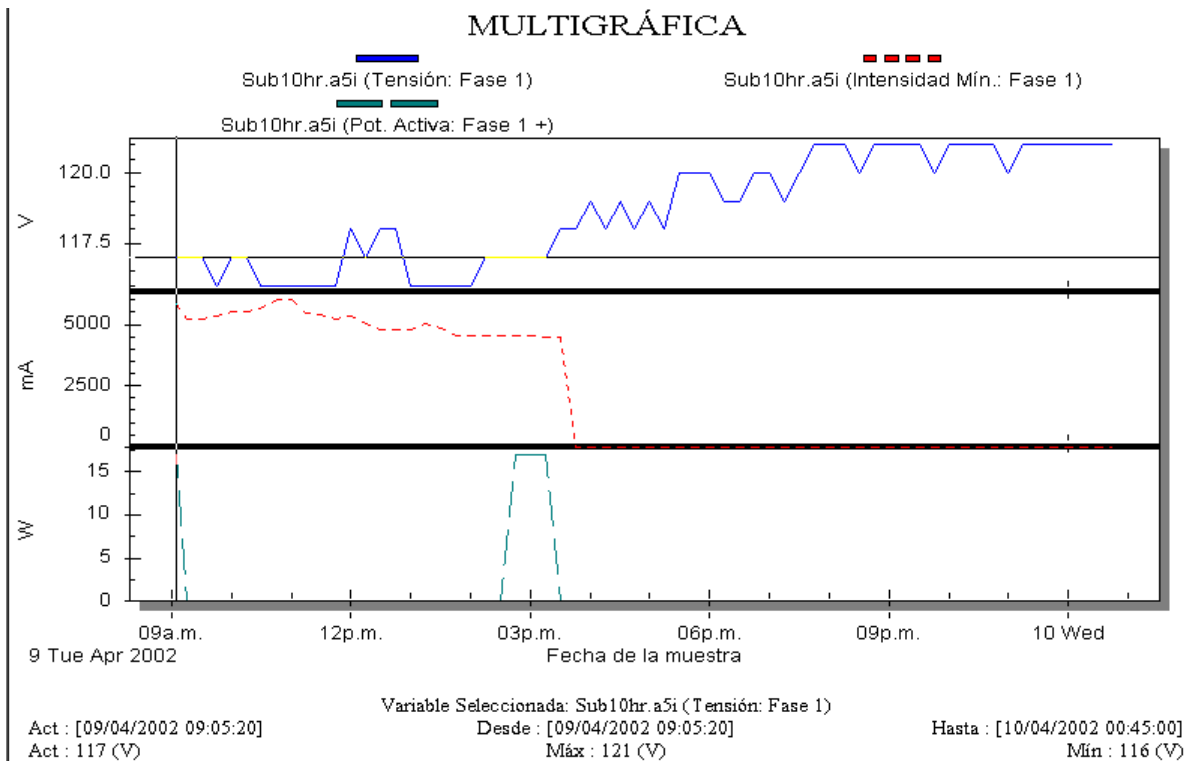
MEDIDOR: 749231			
LUGAR: MEDICINA NUCLEAR			
SUBESTACION: 10			
MES	KW	F.P	KVA
Jul-01	24.00	41.00	58.54
Ago-01	24.00	41.10	58.39
Sep-01	28.00	43.60	64.22
Oct-01	24.00	43.30	55.43
Nov-01	24.00	43.90	54.67
Dic-01	24.00	42.10	57.01
Ene-02	24.00	42.10	57.01
Feb-02	24.00	46.90	51.17
Mar-02	16.00	90.40	17.70
Abr-02	20.00	91.10	21.95
May-02	20.00	92.30	21.67
Jun-02	20.00	91.30	21.91
PROMEDIO	22.67	59.09	44.97

TABLA 2.4

MEDIDOR: 478084			
LUGAR: SERVICIOS GENERALES			
SUBESTACION: 11			
MES	KW	F.P	KVA
Jul-01	97.44	87.00	112.00
Ago-01	107.18	87.10	123.05
Sep-01	105.56	88.70	119.01
Oct-01	105.56	89.30	118.21
Nov-01	108.81	89.10	122.12
Dic-01	102.31	87.10	117.46
Ene-02	102.31	87.10	117.46
Feb-02	100.69	88.10	114.29
Mar-02	99.06	87.10	113.73
Abr-02	99.06	90.00	110.07
May-02	107.18	87.40	122.63
Jun-02	108.81	87.70	124.07
PROMEDIO	103.66	87.98	117.84

TABLA 2.5

Los problemas de factor de potencia se están presentando en estos dos sectores específicamente, pero se tratará la manera de analizar por qué es en estas subestaciones de distribución que la Compañía de Alumbrado Eléctrico está multando con cobros excesivos al Hospital, así se puede hablar de la poca eficiencia que existe en estas dos subestaciones debido a la baja potencia real que estas representan con respecto a la potencia aparente, y eso lo podemos observar en las tablas 2.4 y 2.5; además, en las mediciones efectuadas con el medidor CIRCUTOR AR-5 se comprobó la baja potencia real consumida (ver gráfica 2.4), donde podemos observar la relación del voltaje-corriente en la subestación No. 10, la cual presenta en las horas de máxima demanda (horas comprendidas entre las 11:00 a las 14:00) niveles de corrientes y voltajes muy bajos, por esta razón, presenta una potencia activa muy baja en comparación con la aparente. Es de hacer notar en esta tabla la mejoría que se ha obtenido a partir del mes de Marzo del 2002, esto por el hecho de haber desconectado del sistema toda la carga aparente en el Quirófano Central el cual sufrió serios daños en el terremoto del año 2000.



**GRAFICA 2.4**

### 2.6.3 NIVELES DE CORRIENTE

En los gráficos de corrientes (ver Apéndice I), se muestran los niveles de corriente de fase y trifásica medidos en las subestaciones 1, 5, 6, 10 y 11.

En el gráfico de la subestación No.1 podemos ver que existe un desbalance de carga bastante alto, ya que se tiene una diferencia de aproximadamente 200 Amperios entre las fases 1 y 3. Este desbalance se presenta en las horas de mayor demanda eléctrica del hospital.

El mismo problema de la subestación No. 1 lo encontramos en las subestaciones No. 5, 6 y 11 con una diferencia entre fases uno y tres de 300, 100 y 100 A (Amperios) respectivamente.

La subestación No. 10 no presenta un desbalance entre fases significativo, debido a la baja demanda de energía de la subestación.

## **2.7 DIAGRAMA UNIFILAR**

En el Apéndice II se presentan los diagramas unifilares de la instalación actual. Podemos observar cuatro puntos de entrega junto con sus respectivos dispositivos de protección y medición, así como las subestaciones de distribución.

El punto de entrega de la zona de Emergencia no se ha incluido ya que esta zona no estaba comprendida dentro del nuevo diseño a realizar.

Por otro lado, en la zona de Servicios Generales se ha realizado el levantamiento de planos eléctricos, pero con el único objetivo de poder tener una mejor perspectiva a la hora de realizar el diseño total de las líneas a 4160 V.

### **2.7.1 DIAGNOSTICO GENERAL DE LOS DIAGRAMAS**

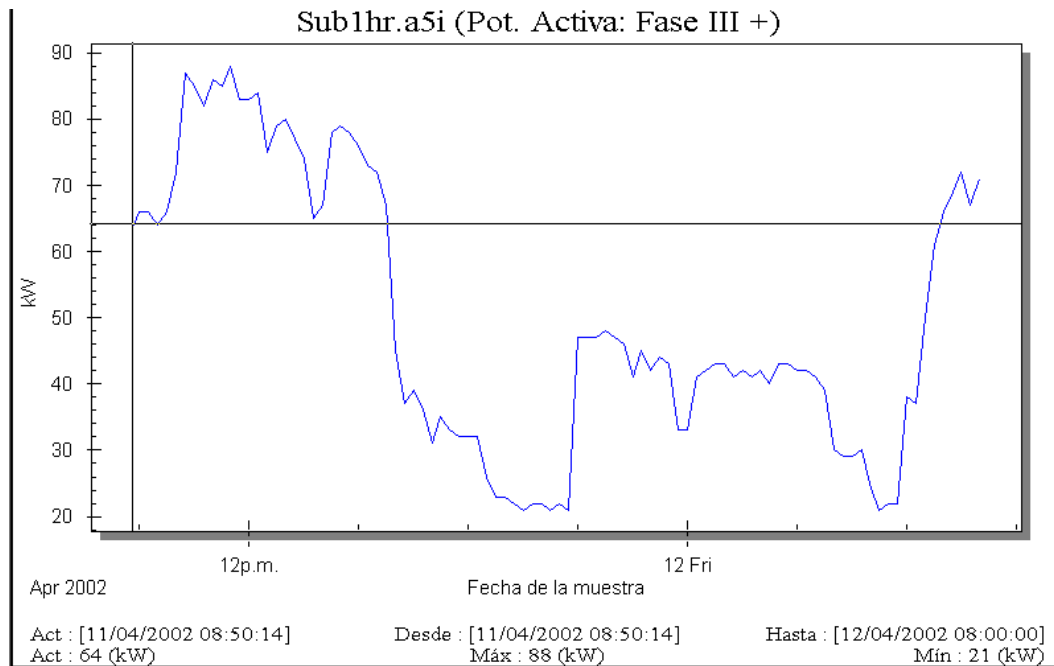
A) No. de medidor de CAESS: 95079649 x 200

Como se puede observar en el diagrama unifilar que incluye este punto de medición (ver apéndice 2, hoja 4), se energizan seis subestaciones, estando distribuidas en las zonas de Consulta externa, radiología, cardiología, encamados de hombres y mujeres. De todos los puntos de entrega por parte de la Compañía Distribuidora se sabe que estas subestaciones son las que mayor demanda de energía eléctrica presentan durante el día; éstas subestaciones cubren la mayor zona geográfica del hospital en casi un 80% e involucran principalmente las zonas de encamados, tanto las de mujeres como de los hombres, además de esto, aquí podemos encontrar también la mayor parte de puntos de transformación para el Dpto. de Radiología, como son las subestaciones No. 2, 3 y 13, estos puntos controlan una parte de las salas No. 1, 3 y 4 de radiología.

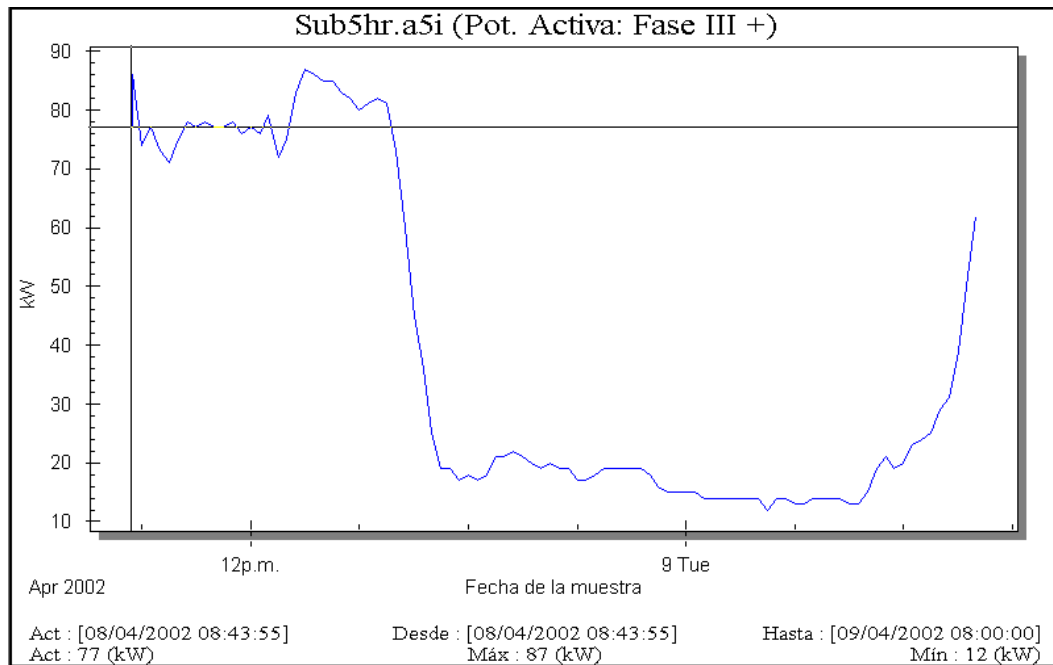
Se tiene también, la Subestación 5, que distribuye energía a la zona de encamados de hombres, pasando por todas las plantas bajas de esta zona donde también están comprendidas las clínicas de oftalmología, además de la capilla, Dpto. de mantenimiento y la zona de esterilización.

También se puede observar que la subestación 1 presenta la mayor demanda de todos estos puntos ya que es aquí donde se distribuye energía a la zona de encamados de mujeres, consulta externa, lavandería antigua, cooperativa de empleados, fabrica de sueros, toda el área administrativa y la farmacia.

En las gráficas 2.5 y 2.6 se puede observar cómo es el comportamiento y la cantidad de potencia real que éstas subestaciones demandan, teniendo un alto consumo de energía especialmente a la hora Resto.



GRAFICA 2.5

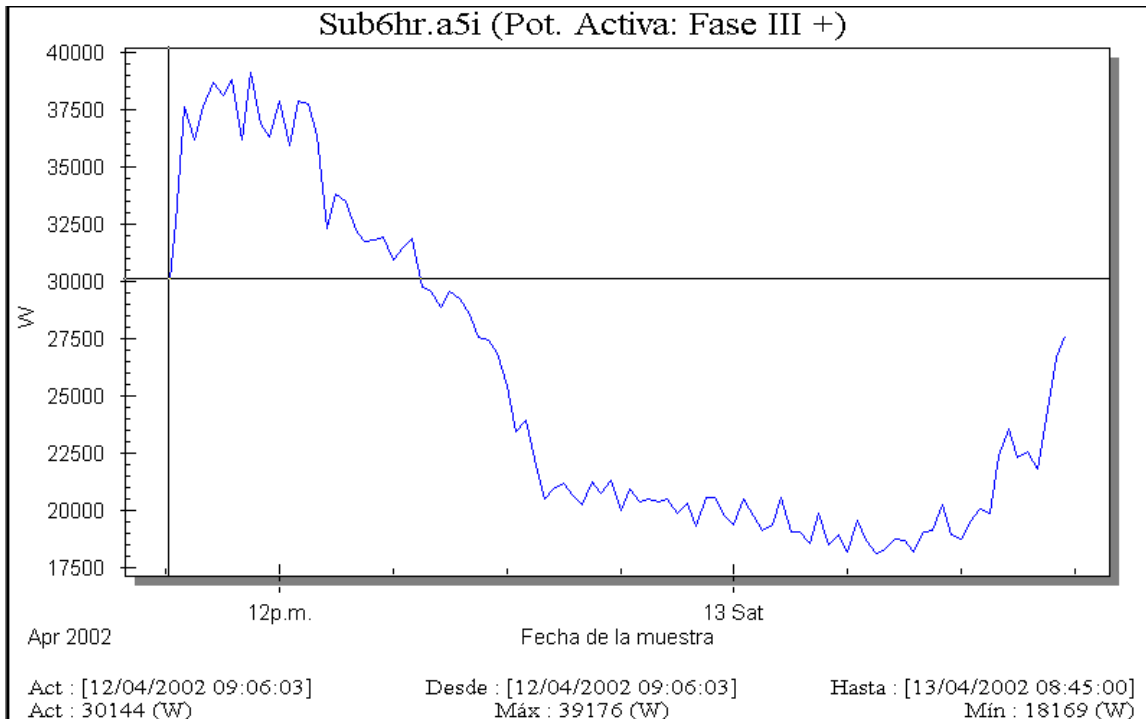


GRAFICA 2.6

B) No. de medidor de CAESS: 749090 x 80

En este punto de entrega se puede observar la alimentación primaria y secundaria hacia los tableros principales del Laboratorio Clínico ubicado al costado Norte del Hospital Rosales, esta es relativamente una instalación nueva y su carga en kW es considerable.

El consumo de Potencia Real lo podemos observar en la gráfica 2.7.



GRAFICA 2.7

C) No. de medidor de CAESS: 079566 x 200

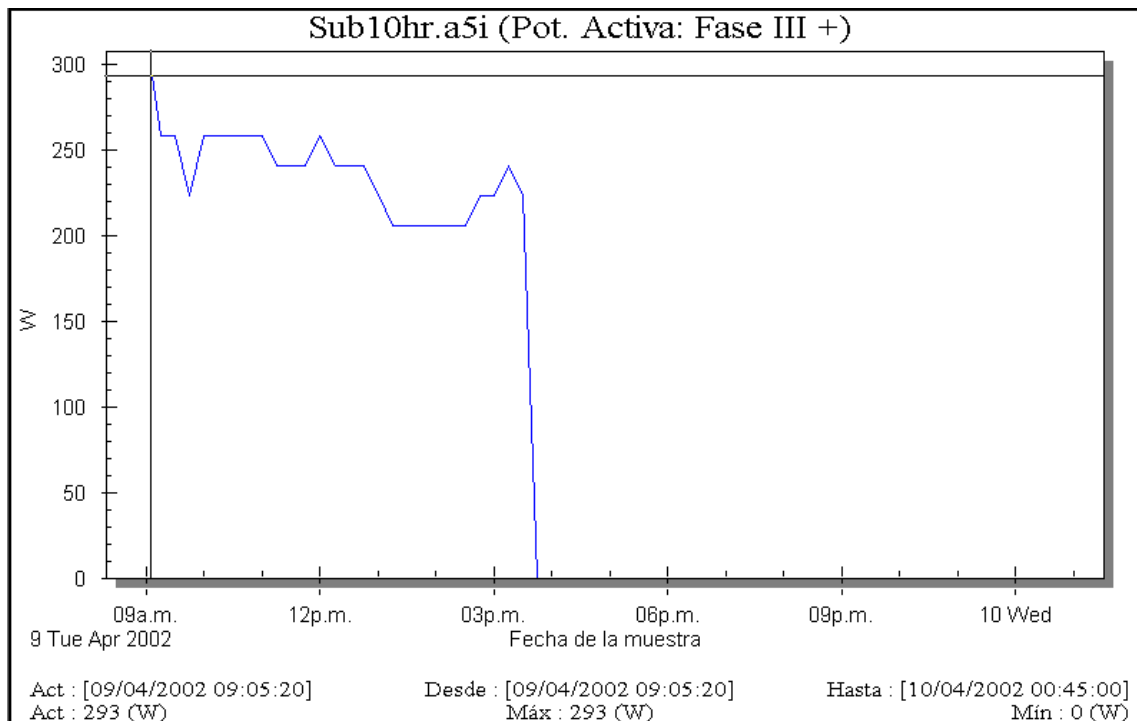
Este punto de medición corresponde a la sala de Emergencia, su estudio energético esta comprendido en otro trabajo de tesis<sup>⊗</sup>.

D) No. de medidor de CAESS: 749231 x 400

Como se puede observar en los diagramas unifilares<sup>▽</sup>, este punto de transformación cuenta únicamente con un transformador trifásico de 75 KVA, ya que desde aquí anteriormente se energizaba el quirófano central y dos unidades condensadoras de A/A del mismo edificio; a raíz del terremoto de 1996, este edificio dejó de funcionar ocasionando un grave desbalance en las cargas de los transformadores, posteriormente éstos tuvieron que ser retirados del sistema. En la gráfica siguiente se muestra el perfil de potencia en kW del transformador mencionado:

<sup>⊗</sup> Ver tesis “Diseño de red primaria y secundaria del edificio de Emergencias del Hospital Rosales”.

<sup>▽</sup> Ver Apéndice II, hoja 3/4



GRAFICA 2.8

Se puede observar que el funcionamiento de este transformador depende exclusivamente del horario de atención de las salas de Medicina Nuclear.

E) No. de medidor de CAESS: 478084 x 160

En este diagrama<sup>⊕</sup> se observa la red unifilar del sistema primario a 23,000 V del Hospital Rosales, el cual se encuentra ubicado en el Edificio mas reciente del hospital (Servicios Generales), este diagrama se realizó exclusivamente para tomar en cuenta la carga demandada, y utilizar estos datos para utilizarlos en el nuevo diseño.

<sup>⊕</sup> Ver apéndice II, hoja 4/4

# CAPITULO III

## ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE ALTA Y BAJA TENSION A 23KV/ 208-120 V

### 3. GENERALIDADES DEL TRABAJO

Las especificaciones siguientes tienen como objetivo principal, definir las calidades de los materiales, equipos y accesorios; métodos de instalación, normas técnicas aplicables a las instalaciones eléctricas del Proyecto denominado "Diseño del Sistema de Distribución Primaria y Secundaria del Hospital Nacional Rosales".

#### 3.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL TRABAJO.

- Se deberán ejecutar todos los trabajos necesarios requeridos para finalizar completamente la obra eléctrica de acuerdo a los planos, especificaciones generales y técnicas ó según modificaciones.
- Se suministrará todo el equipo, herramientas, materiales, transporte, mano de obra, almacenaje y todos los servicios necesarios para completar las instalaciones eléctricas y entregarlas funcionando en óptimas condiciones.
- El trabajo comprende lo siguiente:
  - Ampliación de la Línea Primaria a 23 kV entre el poste No.1 y la Subestación "B".
  - Subestación "B" de 225 kVA, 23kV/208-120V, trifásica, incluyendo protecciones y accesorios.
  - Equipos eléctricos de la red de baja tensión (Sistema Normal y de Emergencia) de las Subestaciones "A" y "B".

El Tablero General TG-1A y Subtableros Generales del Sistema Normal TGN-1A, TGN-2A y TGN-3A serán alimentados por la Subestación de 500 kVA existente, localizada en el área de Servicios Generales.

El Tablero del Sistema de Emergencia TGE-1A, será alimentado por la Planta de Emergencia de 500 kVA existente, a través del Interruptor Automático de 1600 Amperios, 3 polos también existente, ambos equipos localizados en el área de Servicios Generales.

El Tablero General TG-1B y Subtableros Generales del Sistema Normal TGN-1B, TGN-2B y TGN-3B, serán alimentados por la nueva Subestación "B" de 225 kVA.

El Tablero del Sistema de Emergencia TGE-1B, será alimentado por la Planta de Emergencia No.1 existente, que actualmente se encuentra conectada a la subestación No.10, y se utilizará el Interruptor de Transferencia de 600 Amperios, 3 polos también existente, que actualmente se encuentra localizado en el área de la Subestación No.5.

- Planta eléctrica de Emergencia e Interruptor de Transferencia relativos a la Subestación "B". (Estos equipos no serán suministrados ya que se utilizarán los existentes)
  - Un Transformador de 112.5 kVA, 480/240V, trifásico; un Transformador de 50 kVA, 480/240V monofásico, equipo de protección y tableros para el área de Rayos X.
  - Trabajos de obra civil, incluyendo: perforaciones, construcción de bases y soportes, pozos de registro y todas las obras requeridas para la finalización total de las instalaciones eléctricas.
- Los equipos existentes que se utilizarán para el sistema Normal y de Emergencia de la subestación "A" son:
- La subestación existente de 500 kVA, localizada en el área de Servicios Generales.

(Los equipos eléctricos de alta y baja tensión, así como la carga que alimenta la Subestación "A" del área de Servicios Generales existente, no sufren ninguna modificación).

- La Planta eléctrica existente de 500 kVA, localizada en el área de Servicios Generales con su respectivo Interruptor de Transferencia de 600 Amperios, 3 polos.
- Los equipos existentes que se utilizarán para el sistema de emergencia de la subestación "B" son:
- Planta eléctrica de Emergencia No.1 conectada actualmente a la subestación No.10.
  - Interruptor de transferencia de 600 Amperios, localizado actualmente en el área de la subestación No.5.
- Los equipos existentes que se utilizarán para el área de Rayos X son:
- Transformador de 500 kVA, 23kV/480V, trifásico y equipo de protección.

### **3.2 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES APLICABLES**

Los equipos y materiales empleados en las instalaciones a ejecutarse, deberán ajustarse a lo establecido por los siguientes reglamentos, códigos y estándares.

- Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la República de El Salvador.
- National Electrical Code (NEC), USA.
- American National Standard Institute, Inc. (ANSI).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- National Electrical Manufacturer Association (NEMA).
- Underwriter's Laboratories (UL).
- International Electrical Code (IEC).

### **3.3 MATERIALES Y MÉTODOS DE TRABAJO**

- Todos los materiales deberán ser nuevos y de primera calidad, conforme a las mejores prácticas de trabajo para esta especialidad.
- Se usarán los mejores métodos y sistemas para asegurar la pronta y eficaz terminación de las instalaciones.
- Se utilizarán las herramientas adecuadas y los mejores equipos que minimicen el riesgo de daño a los materiales y equipos a suministrarse o instalarse en éstos trabajos.

### **3.4 AMPLIACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN**

La ampliación de la línea de distribución eléctrica en alta tensión de 24.9/14.4kV, se construirá de la forma indicada en los planos, con las estructuras, retenidas, conductores y protecciones señaladas a ser instaladas. Todos los materiales a ser utilizados tendrán las siguientes características:

#### **3.4.1 POSTES**

Los postes sobre los que se montarán las estructuras correspondiente a la ampliación de la red de distribución, serán de concreto centrifugado, con alma de acero reforzado, con alturas de 35 pies (línea primaria) y 26 pies (red secundaria), se instalarán de acuerdo a los planos.

#### **3.4.2 ESTRUCTURAS DE HIERRO PARA MONTAJE DE LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA**

Todas las estructuras serán de hierro galvanizado en caliente, de acuerdo con la norma ASTM A 153 y montadas en los postes según lo indicado en los planos eléctricos.

#### **3.4.3 CONDUCTORES ELECTRICOS**

Los calibres de los conductores a ser utilizados están basados en las propiedades eléctricas y físicas de los conductores de aluminio con refuerzo de acero (ACSR).

Los conductores especificados para la línea primaria aérea son:

Fases: 3 conductores ACSR #2

Neutro: 1 conductor ACSR #2

#### 3.4.4 PARARRAYOS

- a) Los pararrayos serán del tipo distribución de 21 kV, para operar a una red eléctrica de 60 Hertz.
- b) Se instalarán 3 pararrayos de 21 kV en la entrada de la acometida primaria de la Subestación "B".
- c) El conductor de polarización del pararrayos deberá ser conducido lo más directamente posible entre el pararrayos y la red de tierra.

#### 3.4.5 CORTACIRCUITOS DE ALTA TENSION

Estos estarán diseñados para operar en un sistema de 25 kV y serán del tipo expulsión, montados en su estructura correspondiente. Se instalarán en la entrada de alta tensión de la Subestación "B".

#### 3.4.6 AISLADORES ELECTRICOS

- a) Aislador de carrete: será utilizado en la red de distribución secundaria. Estará fabricado de porcelana vidriada, con una resistencia al esfuerzo vertical de 3000 libras.
- b) Aislador Tipo Espiga de 23 kV: estará fabricado de porcelana vidriada y se instalará en la red de distribución primaria de 24.9 kV (entre fases) (7 1/21" de diámetro por 5 3/4" de alto), tendrá un esfuerzo mecánico de 2,500 libras.
- c) Aislador de suspensión de 23 kV: estará fabricado de porcelana vidriada y se instalará en la red de distribución primaria de 24.9 kV (entre fases) (10" de diámetro por 5 3/4" de alto), tendrá un esfuerzo mecánico de 15,000 libras.

## **3.5 SUBESTACIONES**

### **3.5.1 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA "A"**

La subestación No.11 que actualmente se encuentra instalada en el área de Servicios Generales del Hospital Rosales, se denominará en el nuevo diseño como **Subestación "A"**, la cual consta de 3 transformadores monofásicos de 167 kVA, (total 500 kVA), 24.9/14.4kV, conexión estrella aterrizada en el primario, 208Y/120V en el secundario, conexión estrella aterrizada, 60 Hz, protegida por 3 pararrayos de 21 kV y 3 cortacircuitos con fusible tipo T de 10 Amperios. Esta subestación alimenta el 100% de la carga instalada en el área de Servicios Generales y Quirófanos.

#### **3.5.1.1 SISTEMA DE EMERGENCIA**

El sistema de emergencia consta de una Planta eléctrica de Emergencia de 500 kVA, que alimenta el 100% del área de Servicios Generales y Quirófanos. Las características de esta planta de emergencia son las siguientes:

Potencia Real: 400 kW

Potencia Aparente: 500 kVA

Voltaje: 208/120 V

Corriente: 1387 Amp

Así también con un Interruptor de Transferencia, de las características siguientes:

Marca: Cummins Onan

Voltaje: 208-120V

Corriente máx: 1600 Amperios

Polos: 3

### **3.5.2 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA "B"**

La subestación a instalarse tendrá 3 transformadores monofásicos de 75 KVA (total 225 KVA), 24.9-14.4 kV, conexión estrella aterrizada en el primario, 208Y/120V en el secundario, conexión estrella aterrizada, 60 Hz, con derivaciones del  $\pm 2.5\%$  c/u del voltaje primario, y estará protegida por 3 pararrayos autovalvulares de 21 kV y 3

cortacircuitos, con fusible tipo T de 10 Amperios, los cuales estarán montados en una estructura de Hierro Galvanizado, de 2 1/2 x 2 1/2 1/4" soportada en ambos extremos por una pared, para el recibo de los conductores procedentes de la acometida primaria y para el soporte de los dispositivos de protección de la Subestación Eléctrica.

Esta subestación alimentará las cargas de la zona Sur y Central del hospital, indicadas en los planos.

### **3.5.2.1 SISTEMA DE TIERRA**

El sistema de tierra de la subestación constará de barras copperweld de 5/8" X 10' en una cantidad mínima de 6 barras, enterrados completamente en su longitud, las cuales serán interconectadas mediante cable desnudo de cobre calibre #2/0 AWG, colocándose la cantidad de barras necesarias hasta alcanzar una resistencia no mayor de 2 Ohm.

Para el acople entre barras con el cable de cobre se utilizarán grapas de bronce de apretar en frío con tornillo del mismo material.

### **3.5.2.2 SISTEMA DE EMERGENCIA**

El sistema de emergencia constará de la Planta eléctrica de Emergencia No.1 conectada actualmente a la subestación No.10, de las características siguientes:

Potencia Real: 275 kW

Potencia Aparente: 344 kVA

Corriente: 451 Amp

Y se utilizará el Interruptor de Transferencia existente, localizado en el área de la subestación No.5, de las características siguientes:

GTS System 600

Voltaje: 208-120V

Corriente máx: 600 Amperios

### **3.5.3 RADIOLOGÍA**

El área de Rayos X utilizará 3 transformadores para alimentar cuatro equipos instalados en las salas No. 1, 2, 3 y 4. Dos transformadores son trifásicos y uno monofásico. El transformador de la subestación RX-1A, es un transformador existente. Los transformadores de la subestación RX-2A y RX-3A, serán suministrados.

#### **3.5.3.1 SUBESTACIÓN RX-1A**

Esta subestación consta de un Transformador trifásico de 500 kVA, 23kV/480 V, existente, el cual alimentará los equipos de Rayos X de las Salas No.2 y 4, y alimentará los transformadores RX-2A y RX-3A.

#### **3.5.3.2 SUBESTACIÓN RX-2A**

Esta subestación tendrá un Transformador trifásico de tipo seco, de 112.5 kVA, 480/240 V, marca General Electric, instalado en gabinete Nema 1, y estará conectado al panel TGRX-A, proveniente de la Subestación RX-1A, el cual alimentará el equipo de Rayos X de la Sala No.1.

#### **3.5.3.3 SUBESTACIÓN RX-3A**

Esta subestación tendrá un Transformador monofásico de tipo seco de 50 kVA, 480/240 V, marca General Electric, instalado en gabinete Nema 1, y estará conectado al panel TGRX-A, proveniente de la Subestación RX-1A, el cual alimentará el equipo de Rayos X de la Sala No.3.

### **3.6 PANELES ELECTRICOS**

Los tableros y subtableros generales serán para servicio a 208V/120 voltios, trifásicos, 4 hilos, con barras de cobre con un mínimo del 98% de la conductibilidad de la plata. Los gabinetes serán de lámina de hierro galvanizado, con soldadura de punto a las uniones de los cortes y quiebres del panel, serán del tipo denominado centros de carga, de frente muerto, con barra de neutro y polarización independiente.

### **3.6.1 SUBESTACIÓN "A"**

#### **3.6.1.1 TABLERO GENERAL (TG - 1A)**

Panel general de 18 espacios, con barras de 800 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 800 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 500 amp/3 polos, un ramal de 200 amp/3 polos y un ramal de 150 amp/3 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 45,000 Amperios.

#### **3.6.1.2 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 1A)**

Panel de 36 espacios, con barras de 200 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 200 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con trece ramales de 20 amp/2 polos y un ramal de 80 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### **3.6.1.3 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 2A)**

Panel de 36 espacios, con barras de 500 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 500 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con cuatro ramales de 20 amp/2 polos, dos ramales de 30 amp/2 polos, un ramal de 50 amp/2 polos, dos ramales de 70 amp/2 polos, un ramal de 125 amp/2 polos, y un ramal de 150 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### **3.6.1.4 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 3A)**

Panel de 36 espacios, con barras de 200 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 150 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con tres ramales de 20 amp/1 polo, seis ramales de 20 amp/2 polos, dos ramales de 30 amp/2 polos y un ramal de 50 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.1.5 SUBTABLERO DE EMERGENCIA (TGE - 1A)

Panel de 18 espacios, con barras de 200 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 200 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 30 amp/2 polo y tres ramales de 70 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

### 3.6.2 SUBESTACIÓN "B"

#### 3.6.2.1 TABLERO GENERAL (TG - 1B)

Panel general de 18 espacios, con barras de 400 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 400 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 200 amp/3 polos, un ramal de 150 amp/3 polos y dos ramales de 50 amp/3 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.2.2 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 1B)

Panel de 42 espacios, con barras de 200 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 200 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con dos ramales de 15 amp/1 polo, un ramal de 20 amp/1 polo, catorce ramales de 20 amp/2 polos, dos ramales de 30 amp/2 polos y un ramal de 50 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.2.3 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 2B)

Panel de 18 espacios, con barras de 50 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 50 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 20 amp/1 polo y cinco ramales de 20 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.2.4 SUBTABLERO GENERAL (TGN - 3B)

Panel de 18 espacios, con barras de 50 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 50 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con tres ramales de 15 amp/1 polo, cuatro ramales de 20 amp/1 polo, cinco ramales de 20 amp/2 polo, un ramal de 30 amp/2 polos y tres ramales de 30 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.2.5 SUBTABLERO DE EMERGENCIA (TGE - 1B)

Panel de 18 espacios, con barras de 50 Amperios, para servicio en sistema de 208V, 3 fases, interruptor principal de 50 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 20 amp/2 polo, con un ramal de 30 amp/2 polo y un ramal de 40 amp/2 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

### 3.6.3 RADIOLOGÍA

#### 3.6.3.1 TABLERO GENERAL (TGRX - A)

Panel de 18 espacios, con barras de 400 Amperios, para servicio en sistema de 480V, 3 fases, interruptor principal de 400 Amperios, 3 polos, con barra para neutro, montaje superficial, con un ramal de 125 amp/2 polos, un ramal de 150 amp/3 polos, un ramal de 100 amp/3 polos y un ramal de 50 amp/3 polos, la capacidad interruptiva de los interruptores será de 10,000 Amperios.

#### 3.6.3.2 SUBTABLEROS, TRX-2A Y TRX4-A

Paneles para alojar un Interruptor de tres polos y barras de la capacidad requerida, para servicio en sistema de 480V, 3 fases, con barra para neutro y montaje superficial.

### 3.6.3.3 SUBTABLERO, TRX-1A

Panel para alojar un Interruptor de tres polos y barras de la capacidad requerida, para servicio en sistema de 240V, 3 fases, con barra para neutro y montaje superficial.

### 3.6.3.4 SUBTABLERO, TRX-3A

Panel para alojar un Interruptor de dos polos y barras de la capacidad requerida, para servicio en sistema de 240V, monofásico, con barra para neutro y montaje superficial.

## 3.7 CANALIZACIONES Y ACCESORIOS

### 3.7.1 CONDUCTOS DE ACERO RÍGIDO

Serán tuberías de peso completo, galvanizada, roscada, que se utilizarán en las partes expuestas y en las indicadas en los planos.

### 3.7.2 CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

Serán del tipo "ducto eléctrico", del tipo autoapagante. Se empleará en la canalización subterránea de alimentadores, sub alimentadores o donde se indique.

### 3.7.3 CONDUCTOS DE ALUMINIO

Serán de peso estándar y acabado aluminizado; se utilizará en partes expuestas, y en general en el servicio de alimentadores y sub alimentadores indicados.

### 3.7.4 CANALETA METÁLICA

Esta será del tipo rectangular, de fondo sólido, montaje suspendido del techo. El material de fabricación será del tipo galvanizado en caliente o de aluminio, con todos sus accesorios indicados por el fabricante, de capacidad de

acuerdo al número de conductores alojados y se utilizará en los sitios donde se indica en los planos.

El sistema de bandeja de cables (canaleta), deberá cumplir las normas ASTM para el tipo de material o cubierta, así como también el artículo 318 del NEC que se refiere al uso e instalación, además de cumplir con las Normas de fabricación NEMA.

### 3.7.5 ACCESORIOS DE LAS CANALIZACIONES

Los accesorios tales como: grapas, tuercas, camisas, etc., serán de hierro maleable o de acero.

## 3.8 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

- A menos que se especifique lo contrario no se usarán conductores de calibre inferior al # 12 para fases y #14 AWG para neutro o polarización.
- Los conductores neutros del sistema secundario deberán tener forro aislante de color blanco. Los conductores de polarización del sistema secundario, deberán tener forro aislante color verde o desnudos.
- Los conductores de las distintas fases con potencial respecto al neutro y tierra, deberán tener forro aislante con un color de identificación para cada fase, y se conservará este color en toda la instalación, así:

Fase A: Negro

Fase B: Rojo

Fase C: Azul

Neutro: Blanco

Polarización: Verde

- Para los conductores 1/0 AWG y mayores, se identificarán las fases, el neutro y el de tierra, con cinta adecuada y del mismo color que las derivaciones.
- Los conductores de calibre igual o menor que el # 10 AWG, serán sólidos.
- Los conductores de calibre # 8 AWG o mayores deberán ser cableados.

- Para los circuitos alimentadores a paneles de distribución se utilizarán conductores de cobre sólidos o cableados, con forro de PVC, Nylon y aislamiento para 600 Voltios del tipo THHN de los calibres indicados en los planos.
- Todo empalme de conductores del calibre AWG #10 y menores deberá estar unido mediante conectadores similares a Scotchlock de 3M. Para empalmes de conductores igual o mayores al No.8 AWG, deberán utilizarse conectadores de bronce tipo perno partido, los que al ser instalados deberán ser recubiertos con cinta scotch No.23 (3M) o masilla scotch fill y luego se terminará el aislamiento con cinta scotch No.33 (3M). Todos los empalmes o uniones deberán estar localizados en cajas de registro.

# CAPITULO IV

## DISEÑO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN A 23KV/ 208-120 V

### 4 . GENERALIDADES

En este capítulo se presentan todos los cálculos realizados en el diseño de la red eléctrica de alta y baja tensión.

Para los cálculos de las subestaciones, se utilizará un Factor de Potencia de 0.9 ya que éste es el valor límite en el cual no existe penalización económica, según el artículo 77, Tomo No. 345 del Diario Oficial, publicado en San Salvador el día 2 de diciembre de 1999.

#### 4.1 SUBESTACION DE DISTRIBUCION "A", 23kv/ 208-120V

Las cargas que alimentará la Subestación "A" serán las cargas de alumbrado y fuerza que actualmente están conectadas a las subestaciones existentes No.1 (Consulta Externa), No.3 (radiología), No.4 (cardiología), No.6 (Laboratorio Clínico) y la Subestación No.11 (Servicios Generales).

#### **Subestación No.1 (Consulta Externa)**

De acuerdo a la Gráfica 2.5 y los gráficos de Factor de Potencia de la Subestación No.1(Apéndice 1), obtenidos de las mediciones realizadas con el equipo Circutor AR5, la demanda en kVA es la siguiente:

$$S_{(sub\ 1)} = 88\ kW / 0.85$$

$$S_{(sub\ 1)} = 103.5\ kVA$$

### **Subestación No.6 (Laboratorio Clínico)**

De acuerdo a la Gráfica 2.7 y a los gráficos de Factor de Potencia de la Subestación No.6 (Apéndice 1), obtenidos de las mediciones realizadas con el equipo Circutor AR5, la demanda en kVA es la siguiente:

$$S_{(sub\ 6)} = 39.2\ kW / 0.85$$

$$S_{(sub\ 6)} = 46.1\ kVA$$

### **Subestación No.11 (Servicios Generales)**

De acuerdo a la Tabla 2.5, obtenida del historial de consumo eléctrico de CAESS, la demanda en kVA es la siguiente:

$$S_{(sub\ 11)} = 103.2\ kW / 0.88$$

$$S_{(sub\ 11)} = 117.3\ Kva$$

### **Subestación No.4 (Cardiología)**

De acuerdo al cuadro de carga del panel TGN-1A, la demanda en los tableros del área de cardiología son los siguientes:

$$STA-B02-01: 728\ Watts$$

$$STA-B02-02: 1560\ Watts$$

Seleccionando un f.p. de 0.9 debido a las cargas inductivas de los equipos de aire acondicionado, la demanda total en kVA es la siguiente:

$$S_{(sub\ 4)} = (0.728 + 1.560)\ kW / 0.9$$

$$S_{(sub\ 4)} = 2.5\ kVA$$

### **Subestación No.3 (Radiología)**

De acuerdo al cuadro de carga del panel TGN-1A, la demanda en los tableros de alumbrado y fuerza del área de radiología son los siguientes:

$$STA-A08-08: 11710\ Watts$$

$$STA-A08-05: 3120\ Watts$$

$$STA-A08-09: 3120\ Watts$$

$$STA-A08-12: 3120\ Watts$$

Seleccionando un f.p. de 0.9 debido a las cargas inductivas de los equipos de aire acondicionado, la demanda total en kVA es la siguiente:

$$S_{(sub\ 3)} = (11.71 + 3.12+3.12+3.12) \text{ kW} / 0.9$$

$$S_{(sub\ 3)} = 23.4 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, la demanda total que tendrá que cubrir la Subestación "A", es la suma de la demanda en la subestación No.1(Consulta Externa), subestación No.3 (radiología), subestación No.4 (cardiología), subestación No.6 (Laboratorio Clínico) y subestación No.11 (Servicios Generales).

Así:

$$S_{(sub\ A)} = S_{(sub\ 1)} + S_{(sub\ 3)} + S_{(sub\ 4)} + S_{(sub\ 6)} + S_{(sub\ 11)}$$

$$S_{(sub\ A)} = (103.5 + 23.4 + 2.5 + 46.1 + 117.3) \text{ kVA}$$

$$S_{(sub\ A)} = \mathbf{292.8 \text{ kVA}}$$

Aumentando los kVA de Sub-A en un 50% para futuros incrementos de carga, tenemos:

$$S_{total} = (292.8 \text{ kVA}) \times 1.5$$

$$S_{total} = \mathbf{439.2 \text{ kVA}}$$

Debido a que el banco de transformadores que se encuentra instalado actualmente es de una potencia de 500 kVA, se concluye que ésta potencia es suficiente para alimentar todas las cargas que se conectarán a la Subestación "A" con un margen del 71% para cargas futuras.

#### 4.1.1 CALCULO DE CORRIENTE TRIFASICA DEL TABLERO GENERAL TG-1A UTILIZANDO UN FACTOR DE POTENCIA DE 0.9

De acuerdo al cuadro de cargas del Tablero General TG-1A, la potencia real total demandada es:

$$\mathbf{172.244 \text{ kWatts}}$$

Utilizando el F.P. de diseño de 0.9, los kVA demandados serán de:

$$\text{KVA} = 172.244 \text{ kWatts} / 0.9$$

$$\text{KVA} = 191.382$$

La corriente trifásica será la siguiente:

$$I = \text{kVA} (1000) / (1.73) V_L$$

$$I = 191.382 (1000) / (1.73) 208$$

$$I = 531.22 \text{ A}$$

Como podemos ver, la diferencia del valor de ésta corriente trifásica con los valores de corriente de fase del cuadro de cargas del Tablero General TG-1A no es significativo, por lo que podemos concluir que la capacidad de la subestación diseñada no es afectada.

#### 4.2 SUBESTACION DE DISTRIBUCION "B", 23kV/ 208-120V

Las cargas que alimentará la Subestación "B" serán las cargas que actualmente están conectadas a las subestaciones existentes No.10 (Medicina nuclear) y No.5 (encamados hombres).

De acuerdo a la Tabla 2.4 obtenida del historial de consumo eléctrico de la Subestación No. 10 del Hospital Rosales, la demanda promedio es de 45 kVA.

$$S_{(\text{sub } 10)} = 45 \text{ kVA}$$

La demanda en la subestación No.5, se obtiene de las mediciones realizadas con el medidor Circutor AR5, escogiendo la máxima potencia de 87 kW de la gráfica 2.6, y tomando de los gráficos de Factor de Potencia (ver Apéndice I), el valor de 0.87 como Factor de Potencia, tenemos:

$$S_{(\text{sub } 5)} = P_{\text{activa}} / f.p.$$

$$S_{(\text{sub } 5)} = P_{\text{activa}} / f.p = 87 \text{ kW} / 0.87 = 100 \text{ kVA}$$

Por lo tanto, la demanda total que tendrá que cubrir la Subestación "B", es la suma de la demanda en la subestación No.10 y la demanda en la subestación No.5.

Así:

$$S_{(sub\ B)} = S_{(sub\ 10)} + S_{(sub\ 5)}$$

$$S_{(sub\ B)} = (45 + 100) \text{ kVA}$$

$$S_{(sub\ B)} = 145 \text{ kVA}$$

Aumentando los kVA de Sub-B en un 50% para futuros incrementos de carga, tenemos:

$$S_{total} = (145 \text{ kVA}) \times 1.5$$

$$S_{total} = \mathbf{217.5 \text{ kVA}}$$

Al dividir la potencia aparente total entre tres, se obtendrá el valor de cada uno de los transformadores que conformarán el banco, así:

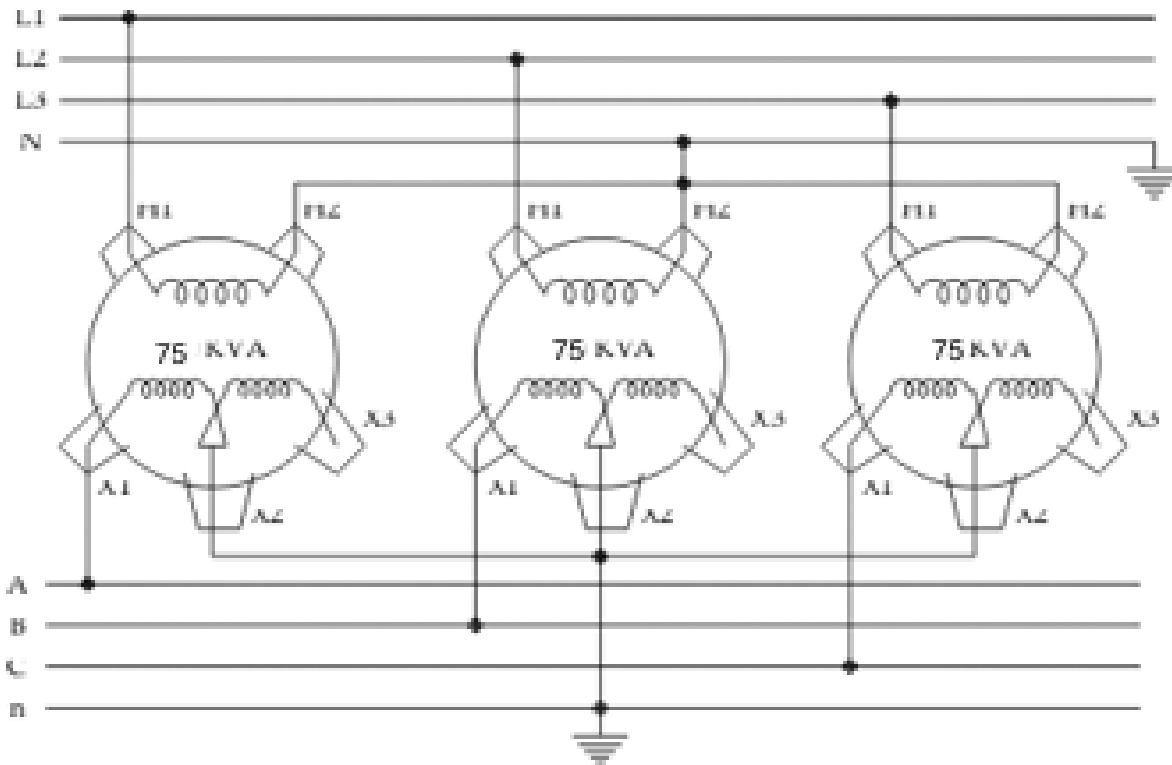
$$S_{(por\ transformador)} = 217.5 \text{ kVA} / 3$$

$$S_{(por\ transformador)} = \mathbf{72.5 \text{ kVA}}$$

De acuerdo a la Tabla 1.1 el valor comercial más cercano de los transformadores para ésta potencia es de **75 kVA**.

Por lo tanto, se recomienda utilizar 3 transformadores de **75 kVA**, haciendo un total de **225 kVA**.

La conexión del banco de transformadores será Estrella Aterrizada - Estrella Aterrizada, polaridad sustractiva, debido a las ventajas que ofrece éste tipo de arreglo para establecer una conexión a tierra y a los niveles de voltaje utilizados en las cargas que son de 208 / 120 Voltios. El diagrama de ésta conexión se muestra en la figura siguiente:



#### 4.2.1 SELECCIÓN DEL PARARRAYOS

- El Voltaje nominal del sistema es: 23 kV
- El sistema es aterrizado
- De acuerdo a la Tabla 1.3, se obtiene que el porcentaje de protección del pararrayos es del 80% y el pararrayo recomendado es de 21 kV

#### 4.2.2 SELECCIÓN DEL CORTACIRCUITO

La selección del cortacircuito se realiza en base al voltaje máximo de operación del sistema. Utilizando la Tabla 1.6 "Rangos de voltaje de los cortacircuitos" tenemos:

- Voltaje nominal del sistema: 14.9 / 24.9 kV (estrella aterrizada)
- Rango de voltaje del cortacircuitos: 15.0 / 26 kV (línea a línea)

De la Tabla 1.7 "Cortacircuitos recomendados" se selecciona el cortacircuitos recomendado para el rango de voltaje correspondiente, así:

- a) Tipo de cortacircuito recomendado: abierto
- b) Rango de corriente nominal: 100 a 200 Amperios
- c) Capacidad interruptiva del cortacircuito: 2.8 kA hasta 5.6 kA

El fusible del cortacircuito se selecciona de la siguiente manera:

$$I = S / (1.73 \times V_{(\text{línea-línea})})$$
$$I = 225,000 / (1.73 \times 23,000)$$
$$I = 5.65 \text{ Amperios}$$

De acuerdo a la Tabla 1.8, se selecciona el fusible al 175% de su corriente nominal, por lo que tenemos:

$$I = 5.65 \text{ Amp} \times 1.75$$
$$I = 9.88 \text{ Amp}$$

De acuerdo a la Tabla 1.10 "Corriente nominal de los fusibles", se selecciona el fusible de **10 Amperios, serie preferida, Tipo T.**

#### **4.2.3 CALCULO DE ACOMETIDA SECUNDARIA**

Las máximas corrientes obtenidas del cuadro de carga del Tablero General TG-1B, son las siguientes:

- Corriente Fase A: 276.71 Amperios
- Corriente Fase B: 265.90 Amperios
- Corriente Fase C: 259.80 Amperios

El calibre de los conductores alimentadores de los tableros generales, se dimensionan de acuerdo al criterio de máxima corriente de la fase con mayor carga,

incrementando la máxima corriente en un 125%<sup>⊗</sup>, debido a que las cargas son de ciclo continuo. Las cargas de ciclo continuo son las que operan por un período igual o mayor a 3 horas.

De acuerdo a la Tabla 1.13 se seleccionan los siguientes conductores para la acometida secundaria de la Subestación "B":

**2 juegos de conductores THHN 3 / 0 por fase.**

El conductor del electrodo de tierra se selecciona de acuerdo a la tabla 1.17:

**1 cable de cobre desnudo # 2/0 AWG**

#### 4.2.3.1 CALCULO DE CORRIENTE TRIFASICA DEL TABLERO GENERAL TG-1B UTILIZANDO UN FACTOR DE POTENCIA DE 0.9

De acuerdo al cuadro de cargas del Tablero General TG-1B, la potencia real total demandada es:

**81.626 kWatts**

Utilizando el F.P. de diseño de 0.9, los kVA demandados serán de:

$$\text{KVA} = 81.626 \text{ kWatts} / 0.9$$

**KVA = 90.70**

La corriente trifásica será la siguiente:

$$I = \text{kVA} (1000) / (1.73) V_L$$

$$I = 90.70 (1000) / (1.73) 208$$

$$I = 251.76 \text{ A}$$

Como podemos ver, la diferencia del valor de ésta corriente trifásica con los valores de corriente de fase del cuadro de cargas del Tablero General TG-1B no es significativo, por lo que podemos concluir que la capacidad de la subestación diseñada no es afectada.

---

<sup>⊗</sup> Secc. 5.3.2, Capítulo 5 "Guía Práctica para el cálculo de Instalaciones Eléctricas" - Henríquez Harper

#### 4.2.4 RED DE TIERRA DE LA SUBESTACION

De acuerdo a la Tabla 1.16, el valor máximo permitido de resistencia de la red de tierra es de 2 Ohm. El calibre del conductor de la red de tierra de acuerdo a la Tabla 1.17 es cable de cobre desnudo #2/0 AWG.

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de la resistividad de algunos tipos de suelos:

**RESISTIVIDAD PROMEDIO DE ALGUNOS TIPOS DE SUELOS<sup>®</sup>**

<b>Naturaleza del terreno</b>	<b>Valor medio de la resistividad en <math>\Omega \cdot m</math></b>
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

TABLA 4.1

#### A) CÁLCULO DEL AREA DE LA RED DE TIERRA PARA UN SISTEMA DE MALLA Y UNA RESISTENCIA MÁX DE 2 OHM.

De acuerdo a la Tabla 4.1, seleccionamos el valor de resistividad de 50 Ohm-m para un tipo de terreno húmedo.

Aplicando la ecuación de cálculo para Resistencia de Red de Tierra, tenemos:

$$R = (0.6117 \times r_o) / A^{1/2}$$

<sup>®</sup> Secc.5.8, "INSTALACIONES ELECTRICAS" - UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (ESPAÑA)

Donde:

$r_o$  = resistividad equivalente del terreno (Ohm-m)

A = Area de la red de Tierra (sistema de malla)

R = resistencia a tierra de la malla

Para nuestro caso:

R = 2 Ohm ,  $r_o$  = 50 Ohm-m

El área de la red de tierra será la siguiente:

$$A = [(0.6117 \times r_o) / R]^2$$

$$A = [(0.6117 \times 50) / 2]^2$$

$$\mathbf{A = 234 \text{ m}^2}$$

## B) CÁLCULO DEL NÚMERO DE ELECTRODOS A INSTALAR EN LA RED DE TIERRA

El tipo de electrodo es de las siguientes características:

5/8" x 10', su valor en metros es: (0.015875 m x 3.048 m)

Aplicando la ecuación de cálculo del número de electrodos a instalar, tenemos:

$$n = [r_o / (2 \times 3.1416 \times L \times R)] \times [\text{Ln} (4L/b) - 1]$$

Donde:

$r_o$  = resistividad equivalente del terreno (Ohm-m)

R = resistencia a tierra de la malla (Ohm)

L = longitud del electrodo (m)

b = radio del electrodo (m)

Para nuestro caso:

$$n = [50 / (2 \times 3.1416 \times 3.048 \times 2)] \times \{[\text{Ln} (4 \times 3.048)/0.00794] - 1\}$$

$$n = 8.27$$

$$\mathbf{n \approx 8}$$

Por lo tanto, la red de tierra de la subestación constará de 8 barras copperweld de 5/8" X 10' en sistema de malla, enterrados completamente en su longitud, las cuales serán interconectadas mediante cable desnudo de cobre calibre #2/0 AWG, colocándose la cantidad de barras necesarias hasta alcanzar una resistencia no mayor de 2 Ohm.

### **4.3 SUBESTACIONES RADIOLOGÍA**

#### **4.3.1 SUBESTACIÓN RX-1A**

Las cargas que alimentará la Subestación "RX-1A" serán los equipos instalados en la Sala 2 (Equipo General Electric), Sala 4 (Equipo Shimadzu) y los transformadores "RX-2A" y "RX-3A" que alimentan a los equipos instalados en las Salas No. 1 y 3 respectivamente.

##### **4.3.1.1 EQUIPO GENERAL ELECTRIC (SALA NO. 2)**

Las características eléctricas de este equipo son las siguientes:

- a) 1000 mA
- b) 125 kV
- c) 480 V
- d) Trifásico
- e) 0.75 f.p.

Para equipos de Rayos X trifásicos, los kW se calculan de la manera siguiente:

$$KW = (mA) (kV) / 1000$$

Así que, para éste equipo tenemos:

$$KW = (1000 \text{ mA})(125 \text{ kV}) / 1000 = 125 \text{ kW}$$

Dividiendo los kW encontrados por el factor de potencia, encontramos los kVA:

$$KVA = KW / \text{f.p.}$$

$$KVA = 125 / 0.75$$

$$KVA = 167$$

La corriente momentánea que demanda el equipo es la siguiente:

$$I = \text{kVA} (1000) / (1.73) (V)$$

$$I = 167 \text{ kVA} (1000) / (1.73) (480)$$

$$I = 200 \text{ A}$$

Según el Art. 517-73(a)(1) del NEC, la capacidad del Interruptor de Protección del equipo de Rayos X, se debe seleccionar a no menos del 50% de la corriente momentánea.

Para este caso tenemos:

$$I_{\text{momentánea}} = 200 \text{ A}$$

Multiplicando la corriente momentánea por un factor de 0.5, tenemos:

$$200 (0.5) = 100 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona una protección contra sobrecorriente de **100 Amp / 3 polos.**

#### 4.3.1.2 EQUIPO SHIMADZU (SALA NO. 4)

Las características eléctricas de este equipo son las siguientes:

- a) 320 mA
- b) 125 kV
- c) 480 V
- d) Trifásico
- e) 0.75 f.p.

Los kW para éste equipo es el siguiente:

$$\text{KW} = (320 \text{ mA})(125 \text{ kV}) / 1000 = 40 \text{ kW}$$

Dividiendo el resultado anterior por el factor de potencia, encontramos los kVA del equipo:

$$\text{KVA} = \text{kW} / \text{f.p.}$$

$$\text{KVA} = 40 / 0.75$$

$$\text{KVA} = 54$$

La corriente momentánea que demanda el equipo es la siguiente:

$$I = \text{kVA} (1000) / (1.73) (V)$$

$$I = 54 \text{ kVA} (1000) / (1.73) (480V)$$

$$I = 65 \text{ A}$$

Multiplicando la corriente momentánea por un factor de 0.5, tenemos:

$$65 (0.5) = 33 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona una protección contra sobrecorriente de **50 Amp / 3 polos.**

#### **4.3.2 SUBESTACIÓN RX-2A**

La carga que alimentará la Subestación "RX-2A" será el equipo instalado en la Sala 1 (Equipo Picker)

##### 4.3.2.1 EQUIPO PICKER (SALA NO. 1)

Las características eléctricas de este equipo son las siguientes:

- a) 60 kW
- b) 240 V
- c) Trifásico
- d) 0.75 f.p.

Calculando los kVA para éste equipo tenemos:

$$\text{kVA} = 60 \text{ kW} / 0.75$$

$$\text{kVA} = 80 \text{ kVA}$$

La corriente momentánea que demanda el equipo es la siguiente:

$$I = 80 \text{ kVA (1000) / (1.73) (240 V)}$$

$$I = 192.7 \text{ A}$$

Multiplicando la corriente momentánea por un factor de 0.5, tenemos:

$$192.7 (0.5) = 96 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona una protección contra sobrecorriente de **100 Amp / 3 polos.**

Para alimentar ésta carga se selecciona un transformador de las siguientes características:

- a) 112.5 kVA
- b) 480 / 240V
- c) Trifásico
- d) Tipo seco

La corriente del lado primario para éste transformador es la siguiente:

$$I_{\text{primario}} = 112.5 \text{ kVA (1000) / (1.73) (480 V)}$$

$$I_{\text{primario}} = 135.5 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 1.9, se selecciona una protección contra sobrecorriente para el lado primario del 125% de  $I_{\text{primario}}$ , por lo que tenemos:

$$I_{\text{protección primario}} = 135.5 \text{ A} \times 1.25$$

$$I_{\text{protección primario}} = 169 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona una protección contra sobrecorriente de **200 amp/3 polos.**

### 4.3.3 SUBESTACIÓN RX-3A

La carga que alimentará la Subestación "RX-3A" será el equipo instalado en la Sala 3 (Equipo Compax 20S GE)

#### 4.3.3.1 EQUIPO COMPAX (SALA NO. 3)

Las características eléctricas de este equipo son las siguientes:

- a)  $I_{\text{momentánea}} = 146 \text{ A}$
- b) 240 V
- c) Monofásico

Calculando los kVA para éste equipo tenemos:

$$\text{kVA} = (240 \text{ V}) (146 \text{ A}) / 1000 = 35 \text{ kVA}$$

Multiplicando la corriente momentánea por un factor de 0.5, tenemos:

$$146 (0.5) = 73 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona una protección contra sobrecorriente de **80 Amp / 2 polos.**

Para alimentar ésta carga se selecciona un transformador de las siguientes características:

- a) 50 kVA
- b) 480 / 240V
- c) Monofásico
- d) Tipo seco

La corriente del lado primario para éste transformador es la siguiente:

$$I_{\text{primario}} = 50 \text{ kVA} (1000) / 480 \text{ V}$$

$$I_{\text{primario}} = 104.1 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 1.9, se selecciona una protección contra sobrecorriente para el lado primario del 125% de  $I_{\text{primario}}$ , por lo que tenemos:

$$I_{\text{protección primario}} = 104.1 \text{ A} \times 1.25$$

$$I_{\text{protección primario}} = 130 \text{ A}$$

Por lo tanto se selecciona una protección contra sobrecorriente de **150 amp/2 polos**.

La **carga total** que alimentará la Subestación "RX-1A" es la suma de las cargas instaladas en las salas No.1, 2 3 y 4.

$$KVA_{(\text{Total})} = kVA (\text{sala 1}) + kVA (\text{sala 2}) + kVA (\text{sala 3}) + kVA (\text{sala 4})$$

$$KVA_{(\text{Total})} = 80 \text{ kVA} + 167 \text{ kVA} + 35 \text{ kVA} + 54 \text{ kVA}$$

$$\mathbf{KVA_{(\text{Total})} = 336 \text{ kVA}}$$

Debido a que el transformador trifásico (RX-1A), que se encuentra instalado actualmente es de una potencia de 500 kVA, se concluye que ésta potencia es suficiente para alimentar todas las cargas que se conectarán a dicha subestación.

#### **4.4 BALANCE DE CARGA DEL SISTEMA NORMAL Y EMERGENCIA**

Para la realización del balance de carga, se utilizó el censo de carga realizado en cada uno de los subtableros que comprenden este proyecto.

El censo de carga fué realizado haciendo mediciones puntuales de corriente y voltaje en las horas de mayor demanda de energía eléctrica del hospital (de las 9 a las 14 horas) en cada uno de los subtableros indicados en los planos.

Los criterios que se tomaron en cuenta al realizar el balance de carga fueron los siguientes:

- Espacios por circuito
- Acometida por Tablero
- Conductores de acuerdo al NEC
- Tubería conduit

- Calibre de conductores de alimentadores de los tableros generales, de acuerdo al criterio de máxima corriente de la fase con mayor carga.
- 25 % de Reserva

Los cuadros de cargas de las subestaciones A y B se muestran en el apéndice V.

#### 4.4.1 CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE INTERRUPTORES DE SUBTABLEROS

Los interruptores se dimensionaron de acuerdo al 125% de la corriente en cada uno de los alimentadores.

#### 4.4.2 CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE INTERRUPTORES PRINCIPALES Y BARRAS DE TABLEROS GENERALES

Los interruptores principales y barras, se dimensionaron de acuerdo al 125% de la corriente de la fase con mayor carga.

### **4.5 AMPLIACION DE RED PRIMARIA DE ALTA TENSION A 23 kV**

El cable utilizado en la Ampliación de la línea primaria de alta tensión a 23 kV es de calibre ACSR #2.

Esta línea debe tener la capacidad suficiente para alimentar las subestaciones "A" y "B".

De acuerdo a los resultados obtenidos en los cuadros de carga del apéndice V, las corrientes de fase en los tableros generales (TG-1A y TG-1B) de dichas subestaciones, son las siguientes:

**SUBESTACION A**

FASE A: 543.7 Amp

FASE B: 562.2 Amp

FASE C: 547.6 Amp

**SUBESTACION B**

FASE A: 276.7 Amp

FASE B: 265.9 Amp

FASE C: 259.8 Amp

1) SUBESTACION "A"

Del Tablero General TG-1A, seleccionamos la corriente de la fase con mayor carga, por lo que tenemos:

$$I_1 = 562.5 \text{ Amp}$$

Del Subtablero General de Emergencia TGE-1A, seleccionamos la corriente de la fase con mayor carga, por lo que tenemos:

$$I_2 = 143.9 \text{ Amp}$$

La demanda promedio actual de la subestación No.11 (Servicios Generales) de acuerdo a la Tabla 2.5, es de 117.84 kVA.

La corriente trifásica de dicha subestación para un sistema balanceado, es la siguiente:

$$I_3 = (117.84 \text{ kVA} \times 1000) / (1.73 \times 208\text{V})$$

$$I_3 = 327.5 \text{ Amp}$$

La corriente total por fase en el lado de baja tensión que demandará la subestación "A", es la siguiente:

$$I_{\text{fase s}} = I_1 + I_2 + I_3 = (562.5 + 143.9 + 327.5) \text{ Amp}$$

$$I_{\text{fase s}} = 1034 \text{ Amp}$$

La corriente total por fase en el lado de alta tensión que demandará la subestación "A", es la siguiente:

Para un sistema conectado en estrella-estrella tenemos:

$$V_{\text{Linea P}} / V_{\text{Linea s}} = (1.73) V_{\text{fase p}} / (1.73) V_{\text{fase s}} = a$$

$$I_{\text{fase p}} / I_{\text{fase s}} = 1 / a$$

Donde: a = relación de vueltas del transformador

Calculando el valor de a, tenemos:

$$a = (1.73) V_{\text{fase p}} / (1.73) V_{\text{fase s}} = (1.73) 13,300 \text{ V} / (1.73) 120 \text{ V} = 110.83$$

Calculando el valor de  $I_{\text{fase p}}$  (corriente de fase en el lado primario):

$$I_{\text{fase p}} = I_{\text{fase s}} / a$$

$$I_{\text{fase p}} = 1034 \text{ Amp} / 110.83$$

$$I_{\text{fase p (sub A)}} = \mathbf{9.33 \text{ Amp}}$$

## 2) SUBESTACION "B"

Del Tablero General TG-1B, seleccionamos la corriente de la fase con mayor carga, por lo que tenemos:

$$I_1 = 276.7 \text{ Amp}$$

La corriente total por fase en el lado de baja tensión que demandará la subestación "B", es la siguiente:

$$I_{\text{fase s}} = 276.7 \text{ Amp}$$

La corriente total por fase en el lado de alta tensión que demandará la subestación "B", es la siguiente:

Para un sistema conectado en estrella-estrella tenemos:

$$V_{\text{Linea P}} / V_{\text{Linea S}} = (1.73) V_{\text{fase p}} / (1.73) V_{\text{fase s}} = a$$

$$I_{\text{fase p}} / I_{\text{fase s}} = 1 / a$$

Donde: a = relación de vueltas del transformador

Calculando el valor de a, tenemos:

$$a = (1.73) V_{\text{fase p}} / (1.73) V_{\text{fase s}} = (1.73) 13,300 \text{ V} / (1.73) 120 \text{ V} = 110.83$$

Calculando el valor de  $I_{\text{fase p}}$  (corriente de fase en el lado primario):

$$I_{\text{fase p}} = I_{\text{fase s}} / a$$

$$I_{\text{fase p}} = 276.7 \text{ Amp} / 110.83$$

$$I_{\text{fase p (sub B)}} = \mathbf{2.5 \text{ Amp}}$$

Así que, la corriente total por fase que demandará la línea de alta tensión a 23 kV es la siguiente:

$$I_{\text{TOTAL}} = I_{\text{fase p (sub A)}} + I_{\text{fase p (sub B)}}$$

$$I_{\text{TOTAL}} = (9.33 + 2.5) \text{ Amp}$$

$$I_{\text{TOTAL}} = \mathbf{11.83 \text{ Amp}}$$

Debido a que la capacidad del cable ACSR #2 es de 147 Amp<sup>⊗</sup>, y tomando en cuenta que la corriente total por fase que demandarán las subestaciones "A" y "B" será de 11.83 Amp, se concluye que dicho cable es de la capacidad suficiente para alimentar ambas subestaciones.

---

<sup>⊗</sup> **MANUAL DE REFERENCIA PARA LA INDUSTRIA ELECTRICA - ANDERSON ELECTRICAL CONECTORS**

# CAPITULO V

## PRESUPUESTO ECONOMICO

### 5. DESCRIPCION DEL PRESUPUESTO ECONOMICO

El presupuesto económico tiene como base los elementos mostrados en los diagramas unifilares y planos, ya que en éstos se muestran todos los elementos que componen el nuevo diseño, tomando en consideración que algunos de los equipos existentes serán reutilizados.

La propuesta económica se presenta dividida en las diferentes partidas que componen el suministro de los equipos y mano de obra.

Se presentan los costos generales del suministro e instalación de los distintos equipos de cada una de las diferentes partidas.

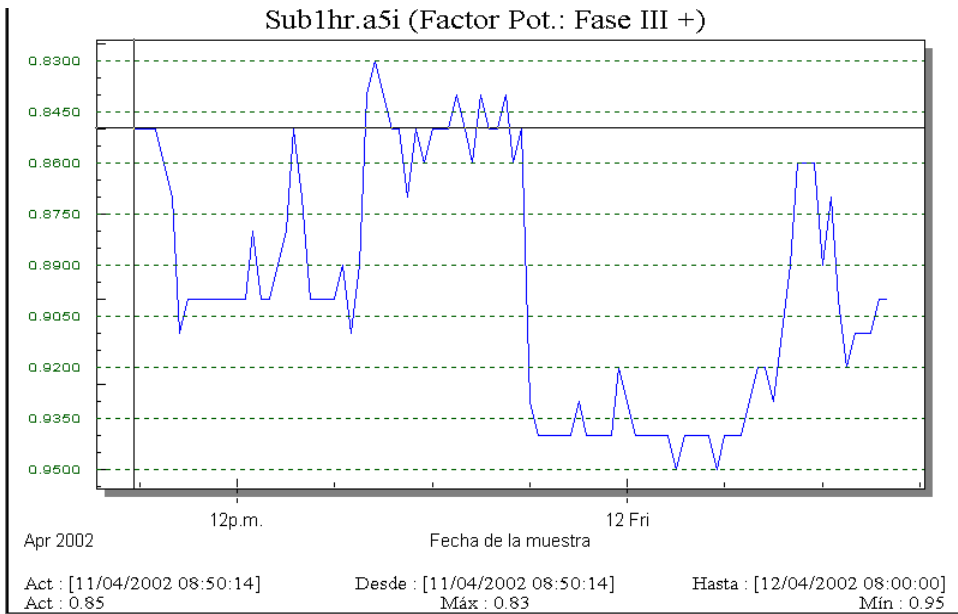
En el apéndice IX se muestra el plan de propuesta económica del diseño del Sistema de Distribución Eléctrica Primaria y Secundaria del Hospital Nacional Rosales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

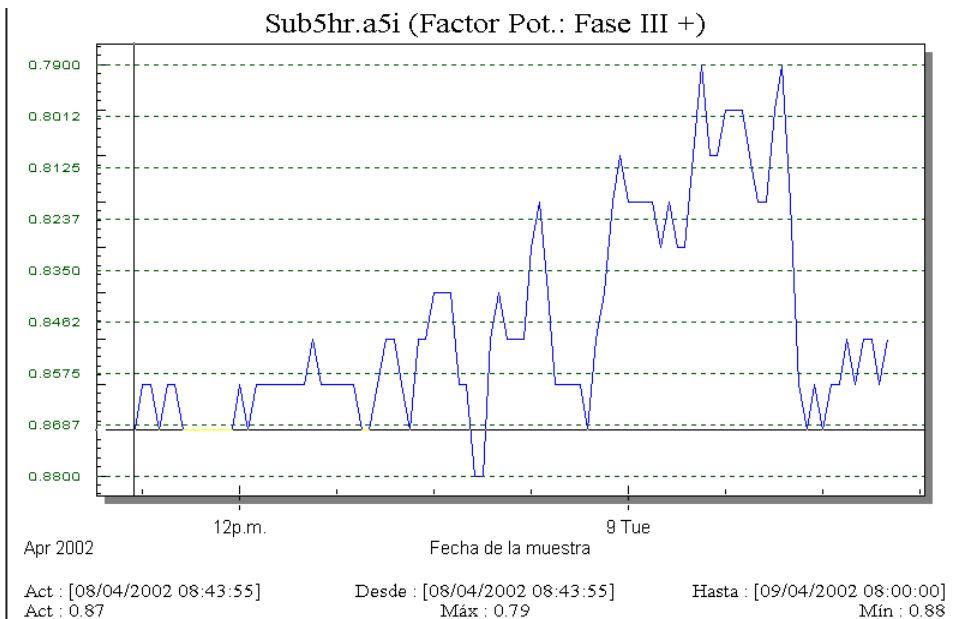
- Debido a que el Sistema de distribución eléctrica del Hospital Rosales es alimentado por dos niveles de tensión primaria (4.16 kV y 23 kV), y tomando en cuenta que en el nuevo diseño propuesto se cambia toda la red al nivel de tensión de 23 kV, esto proporcionará mayor eficiencia y confiabilidad al sistema, ya que todos los puntos de transformación trabajarán a un mismo nivel de tensión, disminuyendo con estos varios puntos de entrega, obteniendo un mejor control en cada una de las áreas energizadas del hospital, así como también se facilitará y se tendrá un mejor control en cuanto al servicio de mantenimiento de los equipos.
  
- En base a los resultados obtenidos relativos al análisis de la demanda eléctrica y las mediciones realizadas en las subestaciones principales del Hospital Rosales, se concluye que el período de máxima demanda en todo el hospital se presenta en la Hora Resto (6:00-18:00 horas), específicamente entre las 11:00 y las 14:00 horas. El consumo promedio de todo el hospital es de 524.04 kVA. Las subestaciones No. 10 (Medicina Nuclear) y No. 11 (Servicios Generales), son las que presentan los valores mas bajos de Factor de Potencia, lo que causa sanciones con el pago de multas por parte de la compañía distribuidora de energía.
  
- Los datos y planos obtenidos en el presente trabajo de graduación serán de gran ayuda al desarrollo de una reestructuración total o parcial de la red eléctrica del Hospital Nacional Rosales, además de aportar una herramienta de trabajo al personal de mantenimiento para resolver dificultades o ejecutar cambios en la red actual, debido a que no se tenían planos actualizados de la red eléctrica del hospital.

- Con el objetivo de garantizar la eficiencia del diseño propuesto se recomienda que todos los materiales a utilizar cumplan todas las especificaciones y requerimientos estipulados en este documento, los cuales se basan en normas internacionales.
- La implementación de este diseño garantiza la seguridad en los equipos eléctricos, pacientes y personal médico que laboran en el Hospital Rosales.
- Se recomienda realizar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo paralelamente a la realización de éste proyecto, para que los equipos e instalaciones en general de la red de alta y baja tensión se mantengan siempre en buen estado.
- Se recomienda considerar una cantidad del 5 al 10% del presupuesto general del Hospital Rosales, para el mantenimiento y conservación de la red primaria y secundaria.
- Se recomienda que el presupuesto de materiales y mano de obra propuesto sea actualizado antes de poner en marcha cualquier parte del diseño, a fin de evitar errores en las estimaciones económicas.

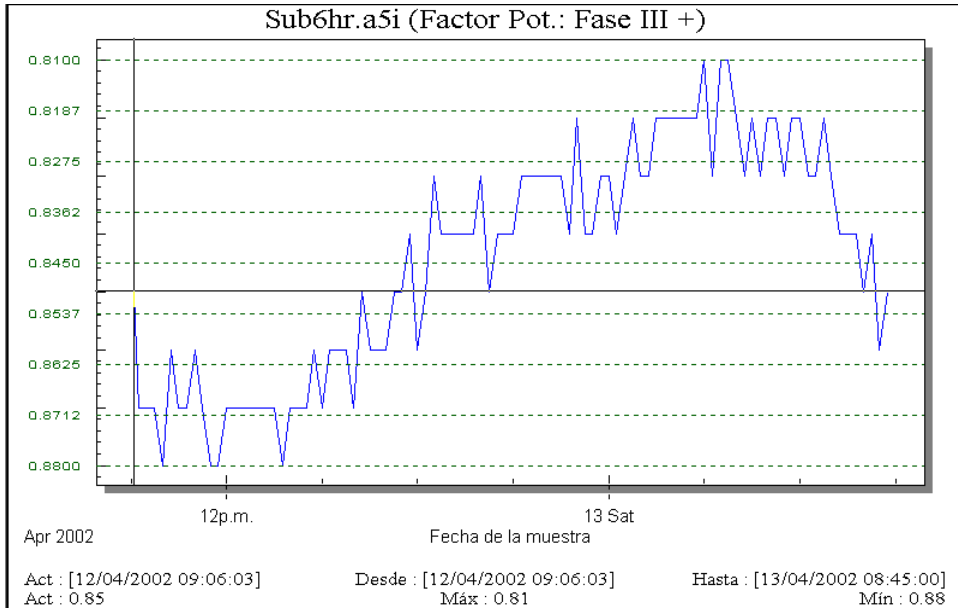
# GRAFICOS DE FACTOR DE POTENCIA



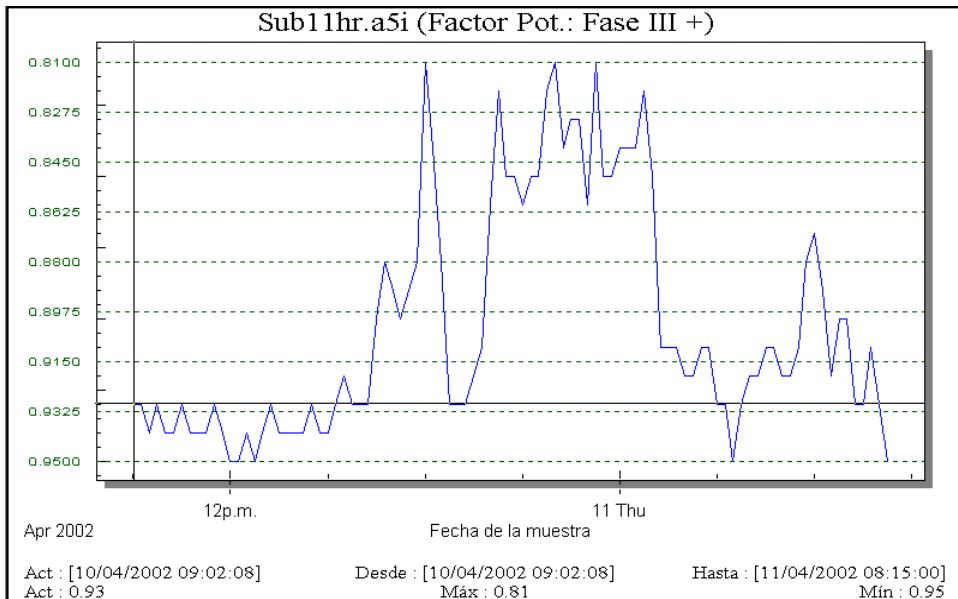
## SUBESTACION No. 1



## SUBESTACION No. 5



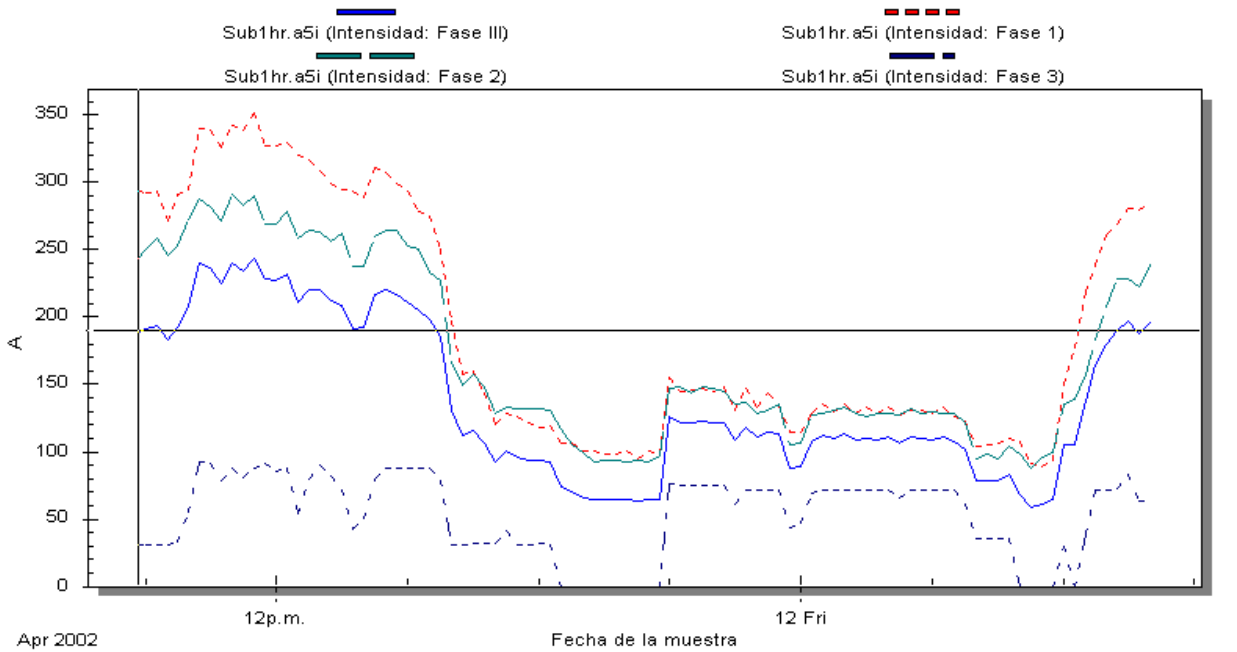
### SUBESTACION No. 6



### SUBESTACION No. 11

# GRAFICOS DE CORRIENTES

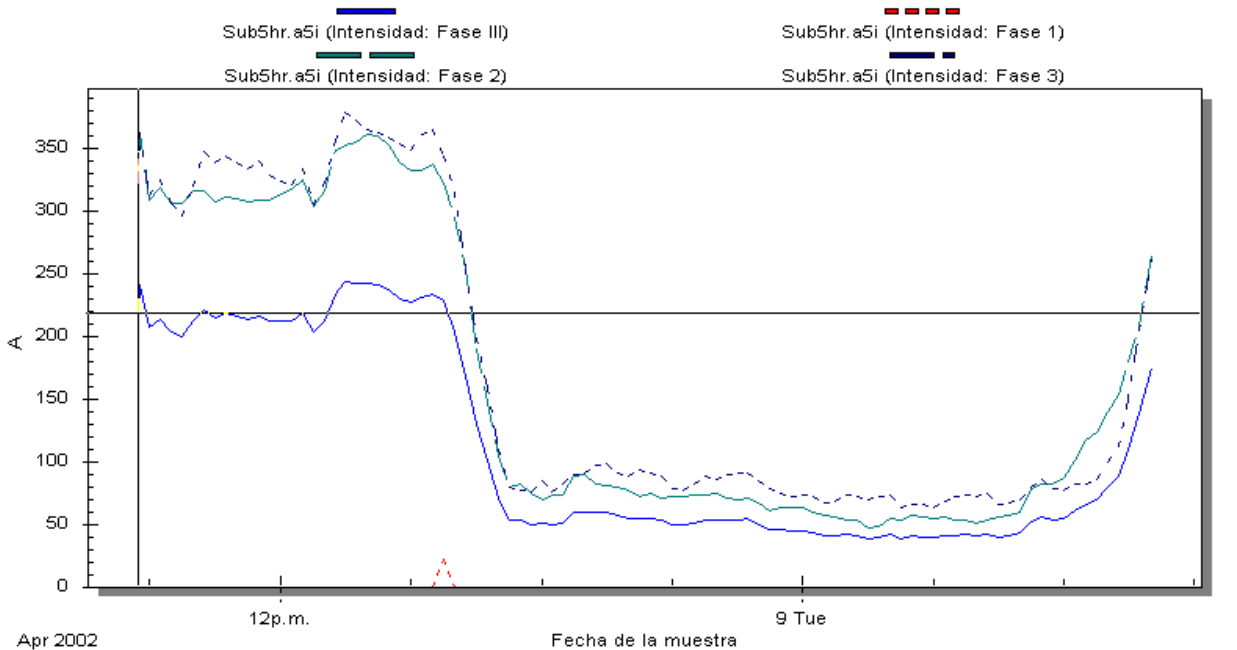
## MULTIGRÁFICA



Variable Seleccionada: Sub1hr.a5i (Intensidad: Fase III)  
 Act : [11/04/2002 08:50:14] Desde : [11/04/2002 08:50:14] Hasta : [12/04/2002 08:00:00]  
 Act : 189 (A) Máx : 243 (A) Mín : 59 (A)

### SUBESTACION No. 1

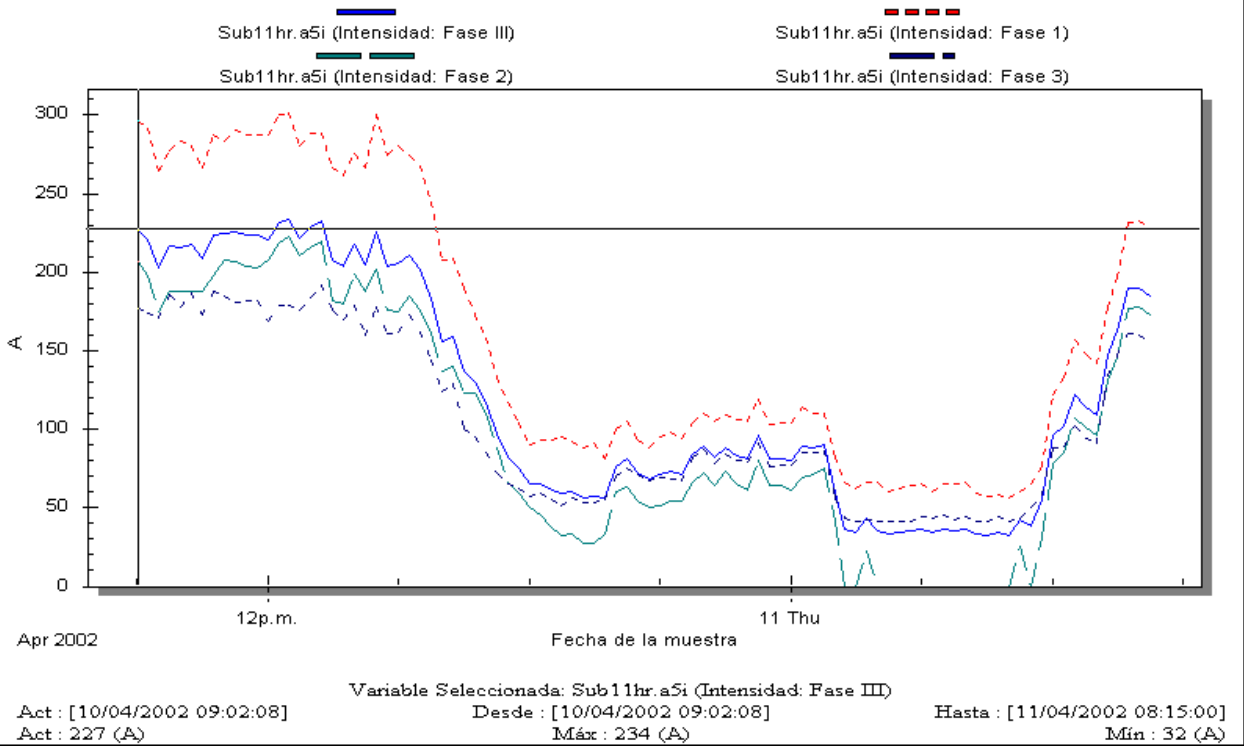
## MULTIGRÁFICA



Variable Seleccionada: Sub5hr.a5i (Intensidad: Fase III)  
 Act : [08/04/2002 08:43:55] Desde : [08/04/2002 08:43:55] Hasta : [09/04/2002 08:00:00]  
 Act : 218 (A) Máx : 243 (A) Mín : 38 (A)

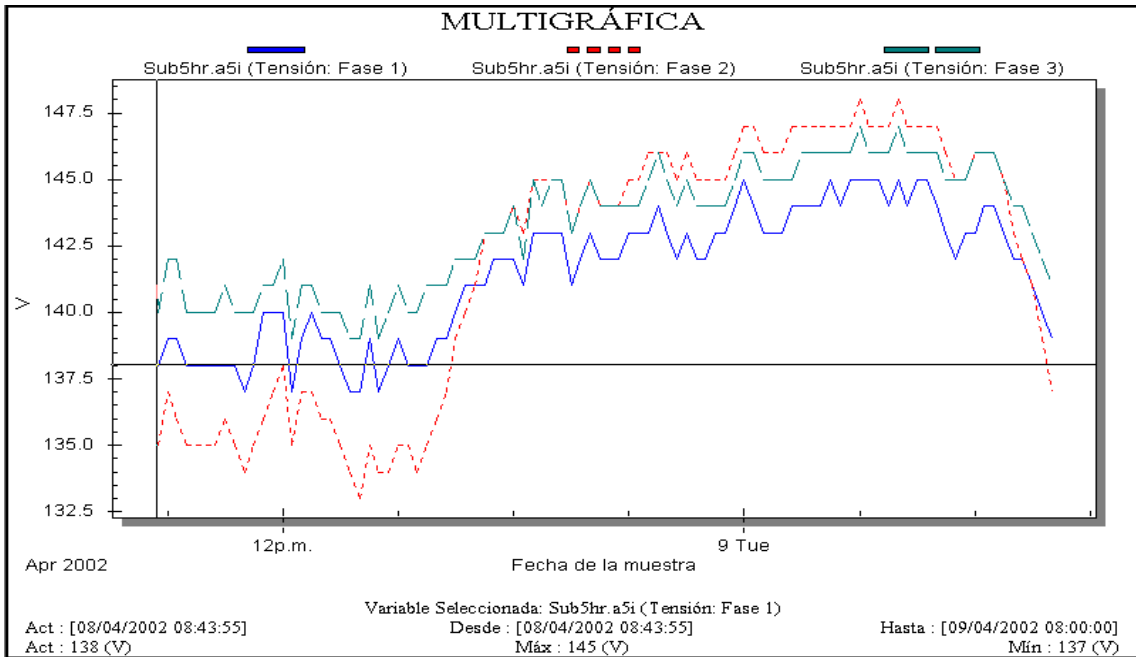
### SUBESTACION No. 5

# MULTIGRÁFICA

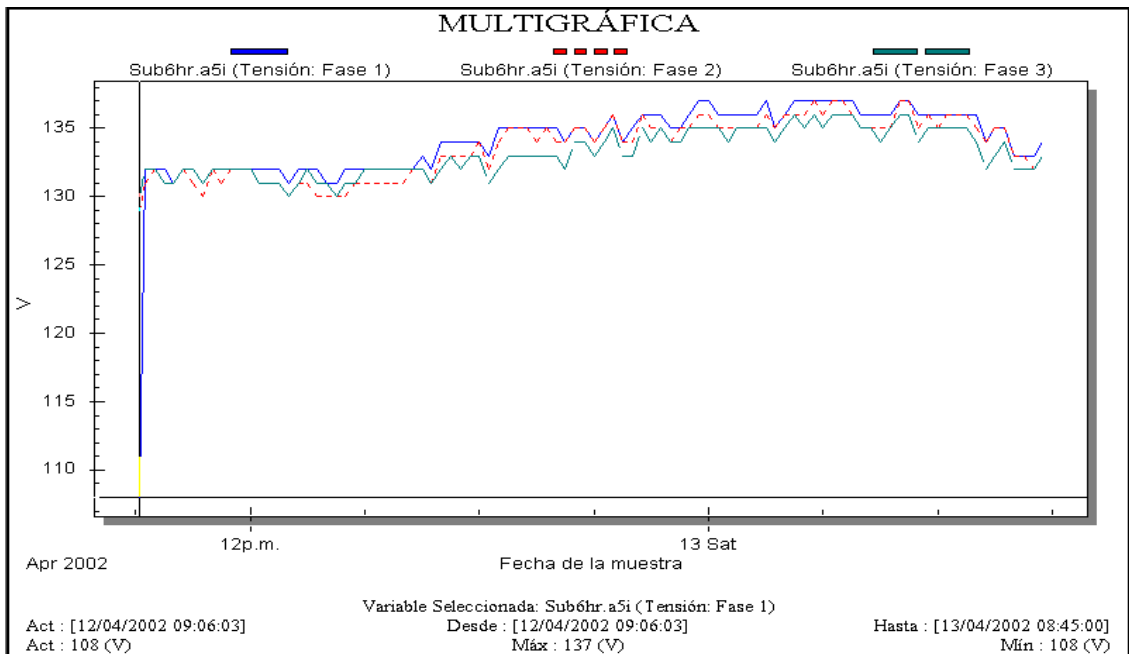


SUBESTACION No. 11

# GRAFICOS DE VOLTAJES

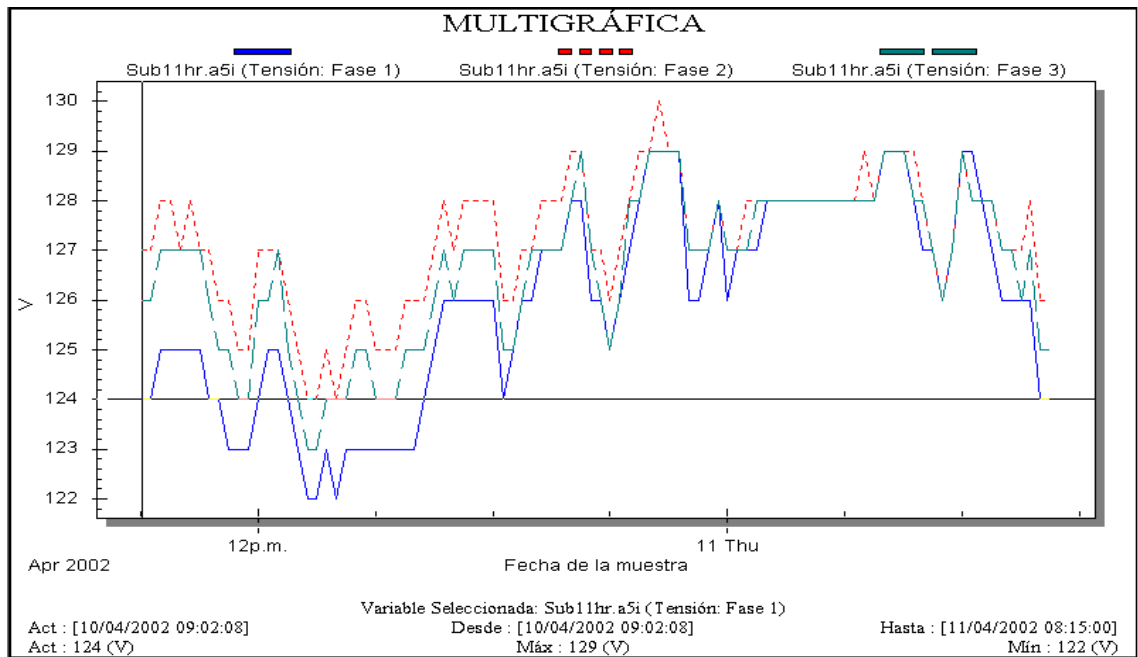


**SUBESTACIÓN 5.**



**SUBESTACIÓN 6.**





SUBESTACIÓN 11.

SUBESTACION	AREAS DEL HOSPITAL QUE ALIMENTA	CAPACIDAD	CONEXIÓN	VOLTAJE PRIMARIO (V)	VOLTAJE SECUNDARIO (V)	FASES
1	Consulta externa, antigua lavandería, calderas, fabrica de sueros, cooperativa de empleados, archivos de radiología, 6° servicio de cirugía mujeres, cirugía maxilofacial, 3° servicio de cirugía mujeres, ornitorrinología mujeres, oftalmología, 1° servicio de cirugía mujeres, 3° servicio medicina mujeres, 2° sala de medicina mujeres, oncología, jefatura de enfermería, farmacia, recursos humanos, UACI, Dirección y unidad telefonica.	4 x 50 Kva		4,160	120/240	3Φ
2	Sala de Rx N° 1, Equipo Marca Picker	3 x 50 Kva		4,160	120/240	3Φ
3	Sala de Rx N° 4, Equipo de Rx marca Shimatzu, 2 A/A de 18,000 BTU c/u	1 x 50 Kva	-	4,160	120/240	1Φ
4	Cardiología	1 x 25 Kva	-	4,160	120/240	1Φ
5	Ulceras y heridos, encamados SIDA, saneamiento ambiental, parqueo, almacen de bodegaje, edificio de medicos, mantenimiento, cafetines, banco Hipotecario, casa de medicos residentes, almacen de medicamentos, sección de equipo medico, unidad de enseñanza, biblioteca, auditoria interna, banco de sangre, 2° sala de cirugía hombres, 3° sala cirugía hombres, encologia, 1° servicio de cirugía hombres, capilla, oficina de mantenimiento y arquitectura, cuarto de esterilización y clinica de patogia.	1 x 100 Kva + 1 x 50 Kva		4,160	120/240	3Φ
6	Laboratorio Clinico	1 x 167 Kva + 1 x 50 Kva		4,160	120/240	3Φ
7	Edificio de Emergencias	3 x 50 Kva		4,160	120/240	3Φ
8	Edificio de Emergencias	1 x 75 Kva	-	4160	240	1Φ
9	Edificio de Emergencias	1 x 50 Kva	-	4160	240	1Φ
10	3° medicina de Hombres, 2° sala de medicina de hombres, 1° sala de medicina de hombres, ortopedia mujeres, medicina nuclear y cisterna.	1 x 75 Kva	-	4,160	120/240	3Φ
11	Edificio de Servicios Generales, quirofano ocular y antigua cocina.	3 x 167 Kva		23,000	120/208	3Φ
12	Sala de Rx N° 1-Equipo Marca Picker, Picker Panameño, equipo Rx-General Electric.	1 x 500 Kva	-	23,000	480	3Φ
13	Sala de Rx N° 3 y 1 A/A de 24,000 BTU	1 x 37.5 Kva	-	4,160	120/240	3Φ

## BIBLIOGRAFIA

- **"Care Health Facilities System Electrical"**  
White Book, IEEE, USA 1999
- **"Reglamento de Servicio Eléctrico, Normativas Técnicas y Comerciales para la obtención del suministro de Energía Eléctrica"**  
CAESS
- **NEC, "National Electrical Code"**  
U.S.A., 1996
- **"Electric Power Distribution for Industrial Plants", IEEE RED BOOK**  
IEEE Std 141-1986
- **"Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales"**  
Enríquez Harper
- **"El ABC de las Instalaciones Industriales"**  
Enríquez Harper
- **"Características Técnicas requeridas en Líneas de Distribución"**  
CAESS