

---

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área De La Energía, Las Industrias Y Los Recursos  
Naturales No Renovables

## INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

*“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL  
REGIONAL DOCENTE ISIDRO AYORA”*

*TESIS DE GRADO PREVIA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.*

**Autores:**

**MARÍA ALICIA HOYOS VÁSQUEZ.**

**LEONARDO PAÚL MALDONADO PINZÓN.**

**Director:**

**Mg. Sc. Ing. JORGE PATRICIO MUÑOZ VIZHÑAY.**

**LOJA – ECUADOR**

**2010**

---

## **CERTIFICACIÓN**

*Mg. Sc.*

*JORGE PATRICIO MUÑOZ VIZHÑAY*

*DIRECTOR DE TESIS*

### **CERTIFICO:**

*Que la Tesis titulada “EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL REGIONAL DOCENTE ISIDRO AYORA” de autoría de los señores egresados: María Alicia Hoyos Vásquez y Leonardo Paúl Maldonado Pinzón, ha sido revisada en su totalidad y autorizo su presentación.*

*Atentamente*

---

*Mg. Sc. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay*

**DIRECTOR DE TESIS**

## DECLARACION DE AUTORIA

Nosotros, María Alicia Hoyos Vásquez y Leonardo Paúl Maldonado Pinzón, autores de este trabajo de tesis, certificamos la propiedad intelectual a favor de la **Universidad Nacional de Loja**, que podrá hacer uso del mismo con la finalidad académica que estime conveniente.

---

**María Alicia Hoyos Vásquez**

---

**Leonardo Paúl Maldonado Pinzón**

**AUTORES**

## **PENSAMIENTO**

"No se vive celebrando victorias, sino superando derrotas."

**ERNESTO GUEVARA**

## **DEDICATORIA**

***A nuestros padres y hermanos por su apoyo y confianza, a nuestros hijos Daniel y María Emilia por ser nuestra continua inspiración, a familiares y amigos que de una u otra forma siempre nos apoyaron.***

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecemos a Dios, quien nos permitió culminar con éxito una de nuestras metas propuestas.

A nuestros hijos Danielito y María Emilia por ser nuestra constante inspiración.

A nuestros padres y familiares, por su apoyo incondicional en el transcurso de nuestra formación profesional.

*A la Universidad Nacional de Loja y al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.*

A nuestro director, *Msc., MBA, Ing. Eléctrico JORGE PATRICIO MUÑOZ V.* por toda la ayuda que nos brindó en el desarrollo del presente trabajo.

Y a todas aquellas personas, que nos han apoyado y han hecho posible la culminación de este trabajo, a los compañeros del hospital "Isidro Ayora" especialmente al equipo de mantenimiento dirigido acertadamente por ing. Thuesman Montaña

A todos.

**MUCHAS GRACIAS.**

## RESUMEN

Este trabajo esta orientado a la reducción de consumo por concepto de energía eléctrica y realiza un diagnóstico de las condiciones eléctricas en las que se encuentra el Hospital Regional “Isidro Ayora”

Para lograr estos objetivos se procedió a realizar el levantamiento del sistema eléctrico, así como del sistema de iluminación para poder elaborar los diagramas correspondientes.

El diagnóstico recopila información técnica, entre ellas se destacan: la actualización del sistema eléctrico, verificación de niveles de iluminación, un estudio de cargas, medición del factor de potencia, voltaje y armónicos.

La carga instalada se encuentra en **450,18 KW**, en las horas de la mañana se presenta su demanda máxima que bordea los **160 KVA**, por otro lado los resultados de voltaje, factor de potencia y de calidad de energía se encuentra dentro de los márgenes recomendados.

En cuanto al sistema de alumbrado de los resultados obtenidos se concluyó que existen algunas áreas donde los niveles de iluminación son deficientes, por lo que se recomienda la instalación o redistribución de luminarias.

Por otra parte, con la finalidad de reducir el consumo de energía, se sugiere el cambio de luminarias, por otras de mayor eficiencia y menor potencia, además se recomienda el cambio al sistema de vapor de equipos de gran consumo eléctrico como los esterilizadores.

## **ABSTRACT**

This work is aimed at reducing energy consumption by electric concept and makes a diagnosis of the electrical conditions under which the Hospital Regional "Isidro Ayora"

To achieve these objectives we proceeded to perform the lift electrical system and lighting system in order to produce the corresponding diagrams.

The diagnosis collects technical information, including highlights: updating the electrical system, check lighting levels, a study of loads, power factor measurement, voltage and harmonics.

The burden is on 450.18 kW installed, at the morning show maximum demand of 160 KVA which borders on the other hand the results of voltage, power factor and power quality is within the range recommended.

As for the lighting system of the results concluded that there are some areas where light levels are poor, so we recommend you install or redistribution of luminaries.

Moreover, in order to reduce energy consumption, suggests the change of lighting, by others of greater efficiency and lower power, also recommended the change to steam high power consumption equipment such as sterilizers.

## **INDICE GENERAL**

	<i>Pág.</i>
<i>PORTADA</i> .....	<i>I</i>
<i>CERTIFICACIÓN</i> .....	<i>II</i>
<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</i> .....	<i>III</i>
<i>PENSAMIENTO</i> .....	<i>IV</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>V</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	<i>VI</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>VII</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>VIII</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i> .....	<i>IX</i>
<i>ÍNDICE TABLAS</i> .....	<i>XVII</i>
<i>ÍNDICE FIGURAS</i> .....	<i>XVIII</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>1</i>
<b><i>CAPITULO 1 (MARCO TEORICO)</i></b>	
<b><i>1. FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y DE ILUMINACIÓN PARA HOSPITALES</i></b> .....	<b><i>5</i></b>
<b><i>1.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA HOSPITALES</i></b> .....	<b><i>5</i></b>
<b><i>1.2. GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i></b> ...	<b><i>6</i></b>
<b><i>1.2.1. OBJETIVO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</i></b> .....	<b><i>6</i></b>
<b><i>1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i></b> .....	<b><i>7</i></b>
<b><i>1.3.1 TOTALMENTE VISIBLES</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>1.3.2. VISIBLES ENTUBADAS</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>1.3.3. TEMPORALES</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>1.3.4. DE EMERGENCIA</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>1.3.5. PARCIALMENTE OCULTAS</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
<b><i>1.3.6. TOTALMENTE OCULTAS</i></b> .....	<b><i>9</i></b>
<b><i>1.4. COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DEL CONSUMO</i></b>	
<b><i>TARIFAS ELÉCTRICAS</i></b> .....	<b><i>9</i></b>
<b><i>1.4.1. CARGOS POR DEMANDA MÁXIMA</i></b> .....	<b><i>9</i></b>
<b><i>1.4.2. CARGOS POR ENERGÍA CONSUMIDA</i></b> .....	<b><i>10</i></b>
<b><i>1.4.3. CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA</i></b> .....	<b><i>10</i></b>

<b>1.5. PARÁMETROS QUE SE CONTROLAN EN LA ENERGÍA ELÉCTRICA</b> .....	10
1.5.1. FACTOR DE POTENCIA.....	10
1.5.2. DEMANDA (KW).....	11
1.5.3. ENERGÍA (KW-h).....	11
<b>1.6. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA Y DE ILUMINACIÓN.</b>	11
<b>1.7. CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS</b> .....	13
1.7.1. TIPO DE CONSTRUCCIÓN.....	13
1.7.2. EVALUACIÓN ELÉCTRICA GENERAL.....	14
1.7.3. SELECCIÓN DEL EQUIPO.....	14
1.7.4 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.....	14
<b>1.8 GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA HOSPITALES</b> .....	14
1.8.1. ILUMINACIÓN NORMAL.....	15
1.8.2.- ILUMINACIÓN LOCAL.....	15
1.8.3.- ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.....	15
<b>1.9. CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN</b> .....	13
1.9.1. ILUMINACIÓN DIRECTA.....	16
1.9.2. ILUMINACIÓN SEMI-DIRECTA.....	16
1.9.3. ILUMINACIÓN INDIRECTA.....	17
1.9.4. ILUMINACIÓN SEMI-INDIRECTA.....	17
<b>1.10 TIPOS DE LÁMPARAS</b> .....	17
1.10.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES.....	17
1.10.2 LÁMPARAS FLUORESCENTES.....	18
<b>CAPITULO 2 (MATERIALES Y METODOS)</b>	
<b>2. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO</b> .....	22
2.1. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN.....	22
2.2 CABINA DE TRANSFORMACIÓN.....	23
2.2.1 TRANSFORMADOR DE 200 KVA.....	23
2.2.2 TRANSFORMADORES DE 300 KVA.....	24
2.3 SISTEMA DE MEDICIÓN.....	25
2.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN.....	26

2.4.1 SISTEMA DE EMERGENCIA.....	26
2.4.1.1 GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA (EMERGENCIA).....	27
2.4.2 SISTEMA NORMAL.....	28
2.5 BANCO DE CONDENSADORES.....	29
2.6 ALIMENTADORES PRINCIPALES Y TABLEROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN.....	29
2.6.1 TABLEROS PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN.....	32
2.6.2 TABLEROS SECUNDARIOS DE DISTRIBUCIÓN.....	33
2.6.2.1 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN.....	35
2.6.2.2 CIRCUITOS DE FUERZA MONOFÁSICOS.....	36
2.6.2.3 CIRCUITOS DE FUERZA ESPECIALES.....	36
2.6.2.4 CONEXIONES Y NÚMERO DE CONDUCTORES.....	37
2.6.2.5 ALTURA DE MONTAJE.....	37
2.7 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA ESTABLECER LA DEMANDA MÁXIMA.....	38
2.7.1 REGISTRADOR TRIFÁSICO DE CALIDAD ELÉCTRICA.....	38
2.7.1.1.1 PROTOCOLO DE CONEXIÓN AL PC / FLUKE 1744 MEMOBOX.....	39
2.7.2 EQUIPO DE MEDICIONES ELECTRICAS.....	41
2.8 ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	42
2.8.1 DEMANDA ACTUAL DEL HOSPITAL.....	43
2.8.1.1 SUBSUELO.....	43
2.8.1.2 BAJA PLANTA.....	43
2.8.1.3 PRIMER PISO.....	44
2.8.1.3.1 EQUIPOS DE RAYOS X.....	45
2.8.1.3.2 TOMÓGRAFO.....	46
2.8.1.4 SEGUNDO PISO.....	46
2.8.1.5 TECER PISO.....	47
2.8.1.6 CUARTO PISO.....	47
2.8.1.6 QUINTO PISO.....	48
2.9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE ACOMETIDA GENERAL (TRANSFORMADOR T3).....	48
2.9.1. VARIACIÓN DE LA DEMANDA.....	48

2.9.2 FACTOR DE POTENCIA.....	50
2.9.3 VOLTAJE.....	51
2.10 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE RED DE RAYOS X (TRANSFORMADOR T1).....	53
2.10.1 VARIACION DE LA DEMANDA.....	53
2.10.2 FACTOR DE POTENCIA.....	57
2.10.3 VOLTAJE.....	57
2.11 CARACTERISTICAS DE LA CARGA.....	60
2.11.1 FACTOR DE CARGA.....	61
2.12 CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO.....	63
2.13 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION.....	63
2.13.1 PROCEDIMIENTO UTILIZADO.....	64
2.13.2 CARGAS DE ILUMINACION.....	64
2.13.2.1 FLUORESCENTES.....	64
2.13.2.2 INCANDESCENTES.....	65
2.13.2.3 DESCARGA.....	65
2.14 MEDICION DE LOS NIVELES DE ILUMINACION.....	65
2.14.1 PROTOCOLO DE MEDICION.....	66
2.15 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	67
2.15.1 BODEGAS.....	67
2.15.2 BAÑOS.....	68
2.15.3 CASA DE MÁQUINAS.....	68
2.15.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y TABLEROS GENERALES..	68
2.15.5 COCINA.....	69
2.15.6 CONSULTORIOS MÉDICOS, ENFERMERÍAS Y LABORATORIO	69
2.15.7 ESTERILIZACIÓN.....	70
2.15.8 HABITACIONES.....	70
2.15.9 LAVANDERÍA.....	70
2.15.10 OFICINAS.....	71
2.15.11 PASILLOS.....	71
2.15.12 QUIRÓFANOS.....	72
2.15.13 SALAS DE CONFERENCIAS.....	72

2.15.14 SALA DE RAYOS X.....	72
<b>CAPÍTULO 3. (RESULTADOS Y DISCUSIÓN)</b>	
3. PROPUESTAS PARA MEJORAR EL SISTEMA ELÉCTRICO.....	73
3.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	73
3.1.1 TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS A UTILIZAR.....	76
3.1.2 REPRESENTACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO.....	78
3.1.3 ALTERNATIVA PROPUESTA.....	82
3.1.4 OTRAS ALTERNATIVAS.....	83
3.1.4.1 SENSORES TECNOLOGÍA ULTRASONICA.....	83
3.1.4.2 SENSORES DE TECNOLOGÍA RAYOS INFRARROJOS PASIVOS (PIR).....	85
3.1.4.3 SENSORES TECNOLOGÍA DUAL.....	87
3.1.4.4 REGISTRADOR DE ILUMINACIÓN.....	88
3.2 SISTEMA DE FUERZA.....	89
3. 2.1 DIAGRAMA UNIFILAR PROPUESTO.....	90
3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS CIRCUITOS Y CAMBIO DE CENTROS DE CARGA AL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA..	90
3.2.3 REDISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LOS CENTROS DE CARGA.	91
3.2.4 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA .....	92
3.2.5 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	93
3.2.5.1 SELECCIÓN DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES POR CORRIENTE.....	93
3.2.5.2 COMPROBACION DE LA SECCION DE LOS CONDUCTORES POR CAIDA DE TENSION.....	94
3.2.6 CALCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	95
3.2.7 PUESTA A TIERRA.....	100
3.2.8 CÁLCULO Y REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TOMACORRIENTES.....	101
3.2.8.1 DISEÑO DE INSTALACIONES ESPECIALES.....	102
3.2.9 CALCULO DE LOS DISYUNTORES.....	104
3.2.9.1 CÁLCULO DEL DISYUNTOR DE LOS TABLEROS PRINCIPALES.....	104

3.2.9.2 CÁLCULO DEL DISYUNTOR PRINCIPAL DE LA CARGA.....	105
3.2.10 MEDIDAS AHORRATIVAS PARA EVITAR PICOS DE CONSUMO.....	106
3.2.10.1 AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE ESTERILIZACION.....	106
3.2.10.1.1 ALTERNATIVA PROPUESTA.....	106
3.2.10.2 AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL AGUA (TERMOS- ELECTRICOS).....	107
3.2.10.2.1 ALTERNATIVA PROPUESTA.....	107
3.3 PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES.....	107
3.3.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE SERVICIO GENERAL DEL HOSPITAL “ISIDRO AYORA”.....	109
3.3.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE RAYOS X DEL HOSPITAL “ISIDRO AYORA”...	109
3.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL SISTEMA DE ILUMINACION.....	110
3.4.1 MEDIDAS ORGANIZATIVAS Y DE MENOR INVERSIÓN.....	112
3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL SISTEMA DE FUERZA.....	114
3.5.1 CENTRAL DE ESTERILIZACION Y CALENTAMIENTO DEL AGUA (TERMOS- ELECTRICOS).....	114
<b>CAPÍTULO 4 (CONCLUSIONES).....</b>	<b>116</b>
<b>CAPÍTULO 5 (RECOMENDACIONES).....</b>	<b>120</b>
<b>CAPÍTULO 6 (BIBLIOGRAFIA).....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 1 PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES ACTUALES</b>	
1/9 Alimentación Red Eléctrica Media Tensión	
2/9 Diagrama Unifilar Del Sistema Eléctrico En Media Tensión	
3/9 Diagrama Unifilar Del Sistema Eléctrico En Baja Tensión	
4/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Planta Baja	
5/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Primer Piso	
6/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Segundo Piso	

*7/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Tercer Piso*

*8/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Cuarto Piso*

*9/9 Red Eléctrica Fuerza E Iluminación Quinto Piso Y Subsuelo*

**ANEXO 2 CARACTERISTICAS TRANSFORMADORES**

*Características Técnicas Del Transformador 200 KVA ECUATRANS*

*Características Técnicas Del Transformador 300 KVA AEG*

*Características Técnicas Del Transformador 300 KVA ECUATRANS*

**ANEXO 3 MANUAL DEL MEDIDOR ELECTRONICO MARCA ABB MODELO TM42–  
2182C**

**ANEXO 4 PROMEDIO DE MEDICIONES FLUKE 1744**

**ANEXO 5 MEDICIONES FINEST TRUE RMS POWER METER MODELO 170**

**ANEXO 6 CENSO DE CARGA INSTALADA**

**ANEXO 7 GRÁFICAS DE LA VARIACIÓN DE DEMANDA, FACTOR DE POTENCIA,  
VOLTAJE A NIVEL DE REDES GENERALES**

**ANEXO 8 NIVELES DE ILUMINACION EN EL HOSPITAL**

*Tabla 7.1. Niveles de iluminación Hospital*

*Tabla 7.2. Niveles de Iluminación Recomendados*

**ANEXO 9 NIVELES DE ILUMINACIÓN PROPUESTOS AL SISTEMA DE  
ALUMBRADO**

**ANEXO 10 CARACTERISTICAS TECNICAS DE CONTROLES DE ILUMINACION**

**ANEXO 11 PLAN PILOTO CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA EL ÁREA DE  
CLÍNICA**

**ANEXO 12 PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES PROPUESTOS**

*1/14 Diagrama Unifilar Del Sistema Eléctrico En Media Tensión*

*2/14 Diagrama Unifilar Del Sistema Eléctrico En Baja Tensión*

**SISTEMA DE ILUMINACION**

*3/14 Red Eléctrica Iluminación Planta Baja*

*4/14 Red Eléctrica Iluminación Primer Piso*

*5/14 Red Eléctrica Iluminación Segundo Piso*

*6/14 Red Eléctrica Iluminación Tercer Piso*

*7/14 Red Eléctrica Iluminación Cuarto Piso*

*8/14 Red Eléctrica Iluminación Quinto Piso Y Subsuelo*

**SISTEMA DE FUERZA**

*9/14 Red Eléctrica Fuerza Planta Baja*

*10/14 Red Eléctrica Fuerza Primer Piso*

*11/14 Red Eléctrica Fuerza Segundo Piso*

*12/14 Red Eléctrica Fuerza Tercer Piso*

*13/14 Red Eléctrica Fuerza Cuarto Piso*

*14/14 Red Eléctrica Fuerza Quinto Piso Y Subsuelo*

*ANEXO 13 CALCULOS DE CONDUCTORES, PROTECCION DE CIRCUITOS Y*

*BALANCE DE CARGAS*

*ANEXO 14 ANALISIS DE LA PLANTA DE VAPOR DEL HOSPITAL*

*ANEXO 15 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS*

<i>Tabla 2.1 Resumen De Protección Tableros Principales.....</i>	33
<i>Tabla 2.2, Valores Máximos y Mínimos registrados durante el análisis.....</i>	53
<i>Tabla 2.3 Valores Máximos y Mínimos obtenidos en las acometidas de los Generales y de Rayos X.....</i>	59
<i>Tabla 2.4 Factor de demanda en las acometidas general y Rayos X.....</i>	60
<i>Tabla 2.5 Factor de demanda establecidos para diseño.....</i>	61
<i>Tabla 2.6. Demanda Promedio y Factor de Carga en las redes del Hospital.....</i>	62
<i>Tabla 2.7 Resultados de las mediciones de armónicos de voltaje y de corriente en las redes generales y Rayos X.....</i>	63
<i>Tabla 3.1 Detalle de la luminaria seleccionada tipo TMS 140-232 E/BR 2xTL- D32W/850.....</i>	77
<i>Tabla 3.2 Detalle de la luminaria seleccionada tipo SPK300 P4 +GPK100 A-WB 1xSON150W.....</i>	78
<i>Tabla 3.3 Factores de demanda por circuitos.....</i>	92
<i>Tabla 3.4 Resumen del Balance de Cargas por fases.....</i>	92
<i>Tabla 3.5 Demanda Máxima Total Proyectada .....</i>	93
<i>Tabla 3.6 Picos de demanda (KVA) para aplicaciones de imagen médica...</i>	106
<i>Tabla 3.7 Disyuntores Principales calculados.....</i>	105
<i>Tabla 3.8 Disyuntor General calculado.....</i>	105
<i>Tabla 3.9 Pérdidas a la potencia nominal (Hierro) por Rangos.....</i>	108
<i>Tabla 3.10 Cálculos de pérdida de energía en el Transformador De 300 KVA.</i>	109
<i>Tabla 3.11 Cálculos de pérdida de energía en el Transformador De 200 KVA...</i>	110
<i>Tabla 3.12 Ahorro Anual con reemplazo de fluorescentes.....</i>	111
<i>Tabla 3.13 Cálculo económico reemplazo de fluorescentes.....</i>	112
<i>Tabla 3.14 Cálculo económico de la alternativa de funcionamiento de luces de vigilia.....</i>	112
<i>Tabla 3.15 Cálculo Económico de la propuesta salida de equipos de Esterilización y Termos-Eléctricos.....</i>	115

## **INDICE FIGURAS**

<i>Figura. 1.1 Tipo de Lámparas Incandescentes</i> .....	17
<i>Figura. 1.2. Tipos de Lámparas Fluorescentes</i> .....	18
<i>Figura 2.1. Medidor Electrónico marca ABB modelo TM42-2182C</i> .....	26
<i>Figura 2.2. Generador de Energía Eléctrica</i> .....	27
<i>Figura 2.3. Tablero de Transferencia ONAN</i> .....	28
<i>Figura 2.4 Banco de Condensadores</i> .....	29
<i>Figura 2.5. Tablero General de Distribución</i> .....	30
<i>Figura 2.6. Tablero General de Rayos X</i> .....	31
<i>Figura 2.7. Tableros Principales T.A, T.E.C y T.B de Distribución</i> .....	32
<i>Figura 2.8. Tableros Principales T.E.A y T.E.B de Distribución</i> .....	33
<i>Figura 2.9. Tableros Secundarios de Distribución tipo trifásicos</i> .....	34
<i>Figura 2.10. Tuberías EMT utilizada en redes secundarias (1¼ pulg. de Diámetro)</i> .....	35
<i>Figura.2.11 FLUKE 1744 MEMOBOX</i> .....	38
<i>Figura 2.12. Conexión Trifásica del equipo FLUKE 1744</i> .....	39
<i>Figura 2.13 Pantallas de inicio PQ-LOG</i> .....	40
<i>Figura 2.14. Finest True Rms Power Meter Modelo 170</i> .....	41
<i>Figura 2.15. Conexiones monofásica- bifásica- trifásica triángulo y trifásica estrella</i> .....	42
<i>Figura 2.16 Carga Instalada por pisos</i> .....	43
<i>Figura 2.17 Sistema Hidroneumático</i> .....	44
<i>Figura 2.18 Mesa de exploración equipo de rayos X SIEMENS</i> .....	45
<i>Figura 2.19 Tomógrafo TOSHIBA ASTEION</i> .....	46
<i>Figura 2.20 Motoreductor de los Ascensores</i> .....	48
<i>Figura 2.21. Gráfica de la variación de la demanda promedio a nivel de redes generales</i> .....	49
<i>Figura 2.22. Gráfica de la variación de la corriente promedio a nivel de redes generales</i> .....	50
<i>Figura 2.23 Variación del Factor de Potencia a nivel de redes generales...</i>	51
<i>Figura 2.24. Comportamiento del voltaje promedio Fase-Fase a nivel de redes generales</i> .....	52
<i>Figura 2.25. Variación del Voltaje promedio Fase-Neutro a nivel de redes</i>	52

generales.....	
Figura 2.26 Comportamiento de la demanda máxima aparente a nivel de acometida de Rayos X.....	54
Figura 2.27 Comportamiento de la demanda aparente Instantánea.....	54
Figura 2.28 Comportamiento de la corriente máxima a nivel de redes Rayos X.....	55
Figura 2.29 Comportamiento de la corriente temporal.....	55
Figura 2.30 Variación del Factor de Potencia máxima a nivel de redes Rayos X	56
Figura 2.31 Variación del Factor de Potencia instantáneo.....	57
Figura 2.32. Comportamiento del voltaje máximo Fase-Fase y temporal a nivel de redes Rayos X.....	58
Figura 2.33 Variación del voltaje máximo Fase-Neutro e instantáneo a nivel de redes Rayos X.....	59
Figura. 2.34 Luminarias con Balastro Electrónico existentes en el HIA (Lavandería).....	65
Figura 2.35 Luxómetro PROSKIT MODELO MT-4007.....	66
Figura. 2.36 Ausencia de luminarias en los baños (Segundo Piso).....	68
Figura. 2.37 Ausencia de luminarias en el Centro de Transformación y Tableros Generales.....	69
Figura. 2.38 Ausencia de luminarias (apliques de pared) en las Habitaciones.....	70
Figura. 2.39 Lavandería.....	71
Figura. 2.40 Pasillo y Sala de espera.....	72
Figura. 3.1 Entrada al software Calculux Área 7.2.....	74
Figura. 3.2 Cuadro de diálogo transferencia desde Autocad a Calculux Área...	75
Figura. 3.3 Esterilización (3° piso) Archivo tipo CLX.....	79
Figura. 3.4 Distribución de luxes.....	80
Figura. 3.5 Diagrama Isolux del tramo escogido.....	80
Figura. 3.6 Gráfico de los niveles de iluminación en luxes.....	81
Figura. 3.7 Gráfico tridimensional del montaje de las luminarias y su proyección.....	81
Figura 3.8 Espacio y proyección de nuevos circuitos (ubicados en los pasillos del edificio).....	83
Figura 3.9 Interruptor de pared estilo decorador Bticino WI 200.....	84

<i>Figura 3.10 Sensor ultrasónico de ocupación Marca Watt Stopper BTicino modelo W-500 A.....</i>	85
<i>Figura 3.11 Sensor de ocupación de tecnología PIR Marca Watt Stopper BTicino modelo CI-200-1.....</i>	86
<i>Figura 3.12: Sensor de ocupación de tecnología dual Marca Watt Stopper BTicino modelo DT 200.....</i>	87
<i>Figura 3.13 Registrador de iluminación y ocupación Intelitimer Modelo Pro IT- 200-PC.....</i>	88
<i>Figura 3.14 Cuadro de revisión y Gráfica de de periodos de iluminación y movimiento.....</i>	89
<i>Figura 3.15 Pantalla de dialogo para el ingreso de datos del Transformador Trifásico de 300KVA, a 13,2/0.22 KV, conexión Dyn5 impedancia 1.86%.....</i>	96
<i>Figura 3.16 Ingreso de Corrientes de Cortocircuito monofásica y trifásica en las barras de la Subestación Obrapía.....</i>	97
<i>Figura 3.17 Simulación de Corrientes de Cortocircuito monofásica y trifásica a nivel de 13.8 KV Desde la Subestación Obrapía.....</i>	98
<i>Figura 3.18 Consumo de energía año actual y propuesto por concepto de iluminación en áreas comunes.....</i>	111

## **INTRODUCCIÓN**

El mundo está interesado en desarrollar programas de Ahorro y Eficiencia Energética a largo plazo, con la finalidad de formar una cultura de uso racional de energía y recursos, ya a nivel de la población ecuatoriana se busca incrementar la competitividad del país, preservar sus recursos naturales y proteger el medio ambiente.

Realizando un diagnóstico sectorizado de eficiencia energética, en el sector público se sabe que la mayoría de las personas que trabajan en los edificios del estado hacen una utilización dispendiosa de los recursos, debido a que no son pagados por aquellos funcionarios, por falta de una cultura de uso racional y una concienciación adecuada. Asimismo, por la antigüedad de las edificaciones muchas de ellas tienen dispositivos ineficientes y poseen instalaciones defectuosas.

Ya en todos los sectores, debido a la falta de normativas de eficiencia energética, no se tiene las herramientas necesarias que permitan conocer el uso y la eficiencia de equipos, recursos y procesos, las cuales contribuyan al mejor aprovechamiento de los mismos. Se ve entonces la necesidad de buscar medios que permitan conocer el empleo que se le da a los distintos recursos, especialmente dentro de instituciones estatales que es en donde existe una mayor problemática.

En la actualidad, mediante la instrumentación adecuada se pueden desarrollar sistemas con los cuales se puede medir, adquirir y almacenar datos, analizar mediciones y crear reportes. Con todas estas características dichos sistemas permitirán apreciar la evolución continua del consumo energético en busca de su uso razonado y eficiente.

En la ciudad Loja se encuentra ubicado el Hospital Regional y Docente Isidro Ayora inaugurado un 2 de Agosto de 1979, éste pertenece al

Ministerio de Salud Pública, cuenta con cinco plantas y un subsuelo, además dispone de 243 camas, para el servicio de la colectividad lojana y regional.

Después de la Auditoria “Energética y Ambiental”, elaborada por los especialistas cubanos Secundino Marrero y Allan Pierra se evidenció que esta entidad atraviesa por algunos problemas energéticos ya que examinaron el comportamiento del sistema eléctrico a nivel de tableros generales.

Tras estos resultados obtenidos, se vio la necesidad de realizar este trabajo propone alternativas para mejorar las condiciones eléctricas, para que el hospital brinde con mayor eficiencia sus servicios, además de aportar al conocimiento del personal de mantenimiento que ahí laboran, con la finalidad de supervisar las instalaciones eléctricas y ejecutar acciones de planificación y corrección.

En la actualidad un hospital debe contar con un sistema eléctrico eficiente, que tenga planos de sus instalaciones, que sea claro en cuanto a la identificación de circuitos, que tenga un sistema de protección adecuada ya que son vidas con las que se están tratando.

Los Objetivos del siguiente trabajo son establecer alternativas técnicas de reducción de consumo eléctrico y ejecutar una evaluación técnica y económica, con el fin de obtener una reducción de costos por concepto de energía eléctrica.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **GENERAL.**

- Realizar el diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital Regional Isidro Ayora mediante mediciones de los principales parámetros, mismos que permitan plantear soluciones técnico económicas

### **ESPECÍFICOS**

- Realizar el diagnóstico del sistema eléctrico del Hospital.
- Efectuar mediciones de los principales parámetros como son: variación de voltaje, factor de potencia, flicker, armónicos, etc.
- Elaborar los planos eléctricos.
- Distribuir adecuadamente el sistema de iluminación.
- Establecer el porqué existen cortes de energía en las instalaciones.
- Determinar si el calibre del conductor utilizado en los diferentes sistemas es el conveniente.
- Plantear soluciones técnico económicas que sea acorde al sistema eléctrico

### **HIPÓTESIS**

- Al realizar el diagnóstico del sistema eléctrico se podrá establecer con mayor precisión la causa de los problemas existentes de los diferentes parámetros del sistema.
- Efectuando las mediciones de los principales parámetros se podrán elaborar los cálculos respectivos para reajustar de forma adecuada la calidad de servicio.
- Con la elaboración de los planos eléctricos se lograra identificar de forma inmediata los circuitos existentes en el sistema.
- Distribuyendo adecuadamente los niveles de iluminación en todas las áreas del hospital se logrará brindar un adecuado servicio.

- Al establecer las causas del porqué existen cortes de energía eléctrica en las diferentes instalaciones del hospital se conseguirá corregir el efecto.
- Si se determina el calibre del conductor utilizado se logrará establecer si el sistema se encuentra bien diseñado.
- Al plantear las soluciones técnico-económicas adecuadas se mejorará el sistema eléctrico del hospital.

# CAPÍTULO 1

---

## MARCO TEÓRICO

---

### 1. FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ELÉCTRICOS Y DE ILUMINACIÓN PARA HOSPITALES

#### 1.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA HOSPITALES

Un hospital es el lugar que cuenta con instalaciones permanentes donde trabajan médicos y enfermeros, además de personal administrativo, técnico y otros, ofrece gran variedad de servicios en lo que a salud se refiere, tomando en cuenta las necesidades de los pacientes que acuden a este. El edificio debe contar con todas las exigencias que se necesitan para ofrecer la seguridad adecuada, aplicando siempre lo que se pide en la ley. Es por ello que la elaboración de un correcto sistema eléctrico tiene varias reglas que se deben seguir, según el área que funcione en esta casa de salud. Existen varios espacios que merecen especial atención por el tipo de instalaciones eléctricas, a continuación se describirán algunas:

- Centro de acogida; en donde se reciben a los pacientes y público en general y funcionan las 24 horas.
- Centro de cuidado ambulatorio; son los servicios médicos cuya duración es por poco tiempo, ejemplo la unidad de hemodiálisis, fisioterapias, etc.
- Centro de cuidados limitados; donde se encuentran los pacientes incapacitados de atenderse por sí mismos es decir necesitan la ayuda permanente de otra persona, este lugar funciona 24 horas
- Estación de enfermería; donde cada enfermera recibe las instrucciones del cuidado que debe dispensar a cada paciente, se

encuentran ubicadas estratégicamente en cada una de las áreas estando en servicio las 24 horas.

- Atención general al paciente; es el área de hospitalización general.
- Cuidados críticos; comprende el área de terapia intensiva.

Para todas estas áreas se tienen instalaciones eléctricas y circuitos especiales para proteger tanto a las personas, que se encuentran, como a los equipos que funcionan.

## **1.2.- GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

### **1.2.1- OBJETIVO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

Puede decirse que el objetivo fundamental de una instalación eléctrica es el cumplir con los requerimientos planteados durante el proyecto de la misma, tendientes a proporcionar el servicio eficiente que satisfaga la demanda de los aparatos que deberán ser alimentados con energía eléctrica.

Para dar apoyo a lo anteriormente citado tendrán que considerarse los factores siguientes:

#### **a).- Seguridad contra accidentes e incendios**

Ya que la presencia de la energía eléctrica significa un riesgo para el humano, se requiere suministrar la máxima seguridad posible para salvaguardar su integridad así como la de los bienes materiales.

#### **b).- Accesibilidad y distribución**

Es necesario ubicar adecuadamente cada parte integrante de la instalación eléctrica, sin perder de vista la funcionabilidad y la estética.

### c).- Mantenimiento

Con el fin de que una instalación eléctrica aproveche al máximo su vida útil, resulta indispensable considerar una labor de mantenimiento preventivo adecuada.

### **1.3.- CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Las instalaciones eléctricas pueden clasificarse tomando como base varios criterios. Si se consideran las etapas de generación, transformación, transmisión y distribución tendríamos que hablar de las centrales eléctricas, de los transformadores elevadores, de las líneas de transmisión, de las subestaciones reductoras y de las redes de distribución.

Si clasificamos a las instalaciones eléctricas en función de sus voltajes de operación, necesariamente habría que mencionarse: alta tensión, extra alta tensión, mediana tensión y baja tensión.

También se clasifica a las instalaciones eléctricas como residenciales, comerciales e industriales, las cuales se explican por sí mismas.

Para una casa de salud como ya se ha mencionado se recomienda que las instalaciones vayan de acuerdo con las áreas de trabajo que se encuentren especificadas de manera correcta y que sean de fácil acceso para su chequeo periódico y para cualquier tipo de arreglo o modificación que se requiera.

Tomando en cuenta la anterior clasificación y considerando las características de los locales o de las áreas donde se desarrollarán las instalaciones, estas pueden denominarse como a continuación se cita:

### **1.3.1.- TOTALMENTE VISIBLES**

En este caso, todas las partes componentes de la instalación eléctrica se encuentran a la vista y sin ningún elemento que le sirva como protección contra esfuerzos mecánicos, ni como protección en contra del medio ambiente.

### **1.3.2.-VISIBLES ENTUBADAS**

Las instalaciones eléctricas son así realizadas, ya que las estructuras de la construcción y el material de los muros impiden el ahogar las canalizaciones, en este caso si existe protección mecánica y contra los factores ambientales.

### **1.3.3.-TEMPORALES**

Este tipo de instalaciones se construyen para abastecer de energía eléctrica por períodos de tiempo cortos, como es en el caso de ferias, carnavales, exposiciones, juegos mecánicos, servicios en obras en proceso, etcétera.

### **1.3.4.- DE EMERGENCIA**

Cuando se requiere contar con suministro continuo de energía eléctrica, se coloca una planta de emergencia que generalmente se pone en operación automáticamente al faltar la energía que proporciona la compañía suministradora. Es muy usual encontrar este tipo de instalaciones en grandes centros comerciales, hospitales, teatros, cines y en industrias que cuentan con un proceso de fabricación continuo.

### **1.3.5.- PARCIALMENTE OCULTAS**

Se localiza este tipo de instalación en naves industriales donde parte de la canalización va por pisos y muros y la restante por armaduras; en

edificios de bancos, oficinas y centros comerciales que cuentan con cielo falso.

### **1.3.6.- TOTALMENTE OCULTAS**

En este caso la instalación eléctrica presenta un muy buen acabado, ya que quedan visibles solamente las tapas de los tomacorrientes, de los interruptores y de los centros de carga o tableros. Poseen el grado más alto de estética cuando los accesorios son de buena calidad y presentación.

### **1.4.- COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DEL CONSUMO.**

Generalmente son tres los conceptos que se consideran para formular las facturas de consumo de energía eléctrica: la demanda máxima, la energía consumida y el factor de potencia.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación de la energía eléctrica, de la transmisión y de la distribución de la misma, tomando en cuenta los medios disponibles para tal efecto. Se incluyen aquí los cargos redituables de la inversión, incluyendo intereses, impuestos, amortizaciones, etc.

En el caso de los cargos por concepto de energía, se comprenden los gastos de combustible, mantenimiento y otros gastos relacionados con la operación.

#### **1.4.1.- CARGOS POR DEMANDA MÁXIMA**

Entre mayor sea la demanda de energía en un momento dado por un período de 10 minutos, más alto será también el cargo por demanda. Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de energía eléctrica en una planta. Más bajo será el cargo por demanda.

#### **1.4.2.- CARGOS POR ENERGÍA CONSUMIDA**

Los costos de operación de la parte de la factura de consumo de energía eléctrica se basan en el número de kW-h registrados en el término de cierto período. Para establecer comparaciones, tómesese en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrán diferencias.

#### **1.4.3.- CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA**

Debido a que la compañía suministradora tendrá que transmitir una corriente mayor a un sistema con bajo factor de potencia, que si hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto, se ha introducido una cláusula al respecto para llevar a cabo la facturación. Esta cláusula ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto, o impone una multa si el factor de potencia es bajo.

### **1.5.- PARÁMETROS QUE SE CONTROLAN EN LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **1.5.1.- FACTOR DE POTENCIA**

En un sistema eléctrico, uno de los factores que se controla es el factor de potencia. Este factor resulta de la comparación de la potencia aparente (KVA) con la potencia real (KW).

El censado se lleva a cabo por medio de un medidor de desfaseamiento entre voltaje y corriente. El actuador consiste en un sistema de conmutación que conecta y desconecta bancos de capacitores. El sistema de control que puede ser analógico o digital interpreta los datos del sensor, calcula la manera como deben conectarse estos bancos de capacitores y también cuenta con un sistema de temporizadores que evita la oscilación y el mal funcionamiento.

### **1.5.2.-DEMANDA (KW)**

Otro parámetro importante que se toma en cuenta es el pico de demanda máxima de potencia. Esta medición se hace periódicamente por parte de la compañía suministradora y se registra el valor más alto de la demanda de todo el mes. En base a este valor máximo se calcula la facturación.

El censado se lleva a cabo con un transductor de potencia que calcula la potencia instantáneamente, o en instalaciones con tarifa horaria por medio de conteo de pulsos del medidor instalado por la compañía suministradora.

### **1.5.3.-ENERGÍA (KW-h)**

La energía eléctrica se mide por integración de la demanda a lo largo del tiempo. Los medidores mecánicos llevan a cabo esta integración por medio de un sistema de relojería que va desplazando unos engranes con indicadores durante el periodo de consumo.

Los medidores electrónicos hacen el equivalente por medio de manejo de información. En este caso también es posible medir el consumo en diferentes periodos del día.

## **1.6.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE FUERZA Y DE ILUMINACIÓN**

En el suministro de energía eléctrica de las llamadas fuentes de alimentación a las cargas o centros de consumo se requiere de la intervención de un conjunto de elementos para cumplir con tal fin, que deben ser calculados de acuerdo a los requisitos que tienen que satisfacer.

La determinación de las características de este conjunto de efectos, el arreglo o disposición que lleven dentro de una instalación, y los aspectos funcionales y de estética es lo que se conoce como el Diseño de la

Instalación Eléctrica, que dependiendo de que sea residencial comercial o Industrial se podrá tener distintos criterios que deben ser considerados desde la planeación y que desde luego estarán de acuerdo con las normas y reglamentos para instalaciones eléctricas.

En el proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado o de fuerza es conveniente tomar en consideración que debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) Capacidad

En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronóstico de carga para Instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos debida a que el uso de la electricidad se incrementa en industrias, edificios, comercios, etc. y deben tenerse Instalaciones calculadas para la demandas prevista en un lapso de tiempo determinado.

b) Flexibilidad

Dependiendo del tipo de Instalación eléctrica que se trate, industrial, comercial, residencial, se debe proyectar para una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para el entubado y el alambrado, por lo que dependiendo de la localización física de los elementos de la instalación por alimentar, se debe procurar que las bandas de la tubería, ductos y alimentaciones en general tengan una localización tal que permita hacer cambios o modificaciones en la Instalación sin que esto represente problemas técnicos complejos o gastos

### c) Accesibilidad

Cualquier instalación eléctrica, en forma independiente de la localización de las máquinas y aparatos por alimentar, se debe proyectar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y servicio en general.

### d) Confiabilidad

Dependiendo de la naturaleza de la instalación ya sea un edificio, una industria, un almacén o centro comercial, un hospital o una casa habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de energía eléctrica, entendiéndose esto desde el punto de vista de planeación como la probabilidad de que esté un determinado tiempo (estimado anualmente) fuera de servicio, esto en forma independiente de la garantía o confiabilidad que se tenga en el suministro de la energía eléctrica por parte de las compañías suministradoras.

Esto plantea la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas y desde luego la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

## **1.7.- CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS**

En la sección 517 del código eléctrico nacional regula y define requisitos para las instalaciones eléctricas de Instituciones De Asistencia Medica, las cuales se resumen a continuación:

### **1.7.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN**

En la primera aproximación de un proyecto es necesario analizar el sistema eléctrico desde el punto de vista que considere características del tipo de construcción como son dimensiones generales si es de uno o

varios niveles, altura de oficinas, salas, naves etc.; pasillos áreas descubiertas, accesibilidad, flexibilidad, áreas peligrosas además de tomar en cuenta el empleo de cada una de las áreas

### **1.7.2. EVALUACIÓN ELÉCTRICA GENERAL**

En una planeación general para el diseño de un sistema eléctrico, se empieza con la determinación y estudio del tamaño y naturaleza de la carga por alimentar, esto significa una aproximación de la carga en Watts /Metro cuadrado, número y tamaño de los motores, determinación de la capacidad de otras cargas y su localización por áreas dentro de la construcción y analizar el mejor sistema de distribución posible.

### **1.7.3.- SELECCIÓN DEL EQUIPO**

En cualquier tipo de instalación eléctrica debe procurarse tener un máximo de normalización en el equipo, tanto en el tipo como en las capacidades de los mismos, con el objeto de solicitar el suministro de la energía con voltajes de suministro normal en el nivel que corresponda, considerar la economía que representa la selección del equipo de fabricación estándar como transformadores, motores, interruptores y otro equipo que resultaría de costo elevado si fuera fabricación especial.

### **1.7.4.- SUMINISTRO DE LA ENERGÍA**

Otro aspecto preliminar que afecta el diseño y el procedimiento a seguir, es el aspecto del suministro de la energía eléctrica en cuanto a las características que tenga.

## **1.8 GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA HOSPITALES**

El propósito de la mayor parte de las instalaciones de alumbrado es procurar la visibilidad y obtener una iluminación que permita leer, trabajar,

pasear o conseguir efectos decorativos; siendo el ojo humano el instrumento que evalúa las sensaciones de luz.

Para los hospitales específicamente el sistema de iluminación tiene que estar basado en las necesidades de cada una de las áreas que funcionan dentro del edificio, para ello se clasifica el tipo de iluminación, según la tarea a cumplirse, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

#### **1.8.1.- ILUMINACIÓN NORMAL.**

Tiene como propósito otorgar la iluminación requerida para la realización de las actividades normales específicas de un área determinada por ejemplo sector administrativo igualmente de incluir el paso seguro a los suministros y equipos que se encuentren en el edificio además de un rápido acceso a las salidas.

#### **1.8.2.- ILUMINACIÓN LOCAL.**

Es la iluminación diseñada para obtener un cierto valor de iluminancia en un área o espacio confinado relativamente pequeño, sin proveer ningún aporte significativo de iluminación para el área circundante.

Como por ejemplo en las habitaciones donde su iluminación general en el techo sea aproximadamente 100 W, luz nocturna que permita descansar al paciente, y luz de gran intensidad para la realización de procedimientos específicos sobre el paciente (brazo movable o similar).

#### **1.8.3.- ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.**

Tiene por propósito dar la iluminación mínima indispensable para la seguridad de la vida y la propiedad, cuando los medios normales de producción de iluminación, dejan de hacerlo a causa de una falla del suministro de energía.

Es necesario que la institución posea grupo electrógeno propio y/o fuentes de alimentación de energía eléctrica alternativa que aseguren el suministro de energía ininterrumpida con intensidad suficiente para el eficiente funcionamiento de los equipos que posea la unidad.

### **1.9.- CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Se debe tomar en cuenta que la selección del sistema de iluminación depende de:

- a.- Las características del local
- b.- Tarea visual a desarrollar
- c.- Condiciones de mantenimiento

#### **1.9.1.- ILUMINACIÓN DIRECTA**

Es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.

Además es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación

#### **1.9.2.- ILUMINACIÓN SEMI-DIRECTA**

Es la que la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminoso que se refleja en las paredes techos y mobiliario. Es decir Es apropiada para áreas en donde los techos no son muy altos

### 1.9.3.- ILUMINACIÓN INDIRECTA

Es en la que la fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.

### 1.9.4.- ILUMINACIÓN SEMI-INDIRECTA

Es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo Se recomienda donde sea necesaria alta difusión de luz

## 1.10 TIPOS DE LÁMPARAS

En la luminotecnica se han implementado diferentes tipos de lámparas de acuerdo al principio con que éstas trabajen, existen dos tipos fundamentales, las lámparas incandescentes y las lámparas de descarga. Cada una de ellas presenta ventajas y desventajas que determinan el uso que se les va a dar.

A continuación se presentará una explicación de los tipos de lámparas de interés para el estudio a realizar.

### 1.10.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES. (Ver Figura 1.1).

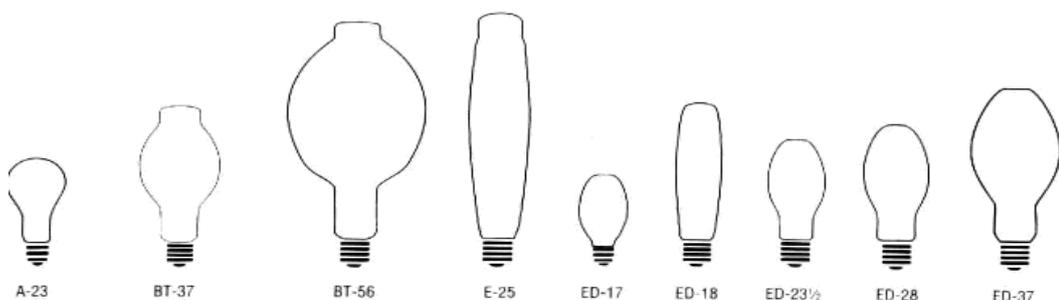


Fig. 1.1 Tipo de Lámparas Incandescentes

Las lámparas incandescentes se usan principalmente para alumbrado interior (casas, oficinas, negocios) debido a su bajo costo, la facilidad de su instalación y a que funcionan en cualquier posición. No obstante su rendimiento es bajo debido a que parte de la energía consumida se transforma en calor.

#### VENTAJAS:

- Tamaño compacto.
- Bajo costo inicial
- Flujo luminoso inalterable con la temperatura circundante.
- No utiliza accesorios de arranque o reactores.
- Flujo luminoso controlable en una gran variedad de distribución luminosa.

#### DESVENTAJAS:

- Corta vida útil (de 750 a 1000 horas).
- Baja eficiencia (20 lm/W)
- Gran disipación de calor.

#### 1.10.2 LÁMPARAS FLUORESCENTES. (Ver Figura 1.2)

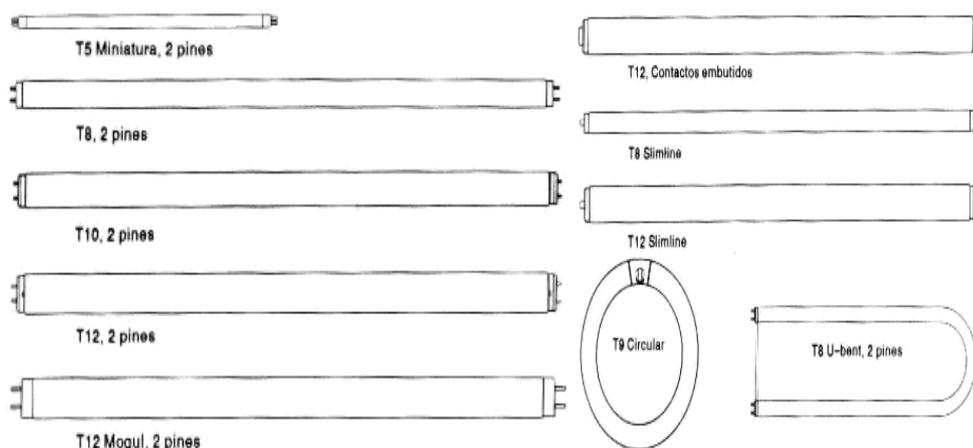


Figura 1.2. Tipos de Lámparas Fluorescentes

Se componen de un tubo de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas argón.

Su funcionamiento consiste en producir una descarga eléctrica entre dos electrodos situados en extremos opuestos, al pasar a través del vapor de mercurio se produce radiación ultravioleta. Esta radiación ejerce una fuerte acción luminosa sobre una sustancia con la que se recubre internamente el tubo.

Requieren un equipo complementario ya que el proceso de conducción eléctrica que se produce le confiere una característica de resistencia eléctrica negativa que llevaría a la inmediata destrucción de la lámpara por absorción de corriente ilimitada si se le aplicara una tensión distinta a la propia del arco.

Por lo tanto se debe colocar en serie un dispositivo que limite la corriente pico, para ello se usa una impedancia inductiva denominado balastro. Este reactor producirá una corriente en atraso con bajo f.p, por lo que se requerirá un capacitor en paralelo con la línea para mejorar el factor de potencia.

Para la radiación del mercurio alcanza la tensión normal de 220 V, pero cuando la lámpara está fría se recurre a un dispositivo para iniciar la descarga denominado "arrancador", el cual consiste en una cápsula dentro de la cual hay dos electrodos y que permite, junto con el balastro, generar la alta tensión necesaria para el encendido de la lámpara.

El promedio de vida de una lámpara fluorescente en horas de trabajo está basado en una gran cantidad de medidas de laboratorio, efectuadas con grupos de lámparas representativos en condiciones específicas de ensayo. En general se obtiene el de una lámpara normal en servicio con equipos auxiliares adecuados, tensión y frecuencia

La vida de una lámpara es afectada por el número de encendidos. El promedio normal de vida de las lámparas fluorescentes se halla basándose en un ciclo de trabajo de 3 horas por cada encendido.

El diseño de una instalación de iluminación con lámparas fluorescentes requiere de conocer ciertas características de los distintos tipos disponibles, como el denominado "efecto estroboscopia". El mismo consiste en un parpadeo que hace molesta la observación de piezas móviles iluminadas con luz fluorescente y es debido a la sinusoidalidad de la corriente alterna. En las lámparas incandescentes este efecto no se nota debido a la inercia térmica de los filamentos pero en las fluorescentes no existe esa inercia.

Para objetos fijos el ojo humano no alcanza a percibir el parpadeo, pero si iluminan un objeto en movimiento se produce una descomposición de la visión aparente. En el extremo, si la velocidad del objeto estuviera sincronizada con la variación lumínica el objeto parecería detenido.

#### VENTAJAS:

- Alta eficiencia, más de 67 lúmenes por vatio.
- Gran duración, más de 5000 horas en comparación con las incandescentes.

#### DESVENTAJAS:

- Su gran tamaño en relación con su potencia.
- Necesitan un reactor o balastro que le permita regular su potencia.
- El balastro produce armónico de 3º y 5º orden

La longitud del filamento de una lámpara incandescente limita la cantidad de corriente eléctrica que pasa a través de la lámpara, regulando la emisión de luz. Sin embargo, la lámpara fluorescente, con el arco

reemplazando el filamento, necesita un dispositivo eléctrico adicional para regular el consumo de potencia. Este dispositivo, necesario para la operación de la lámpara fluorescente, es llamado balastro. A continuación se definirán algunos conceptos relacionados con este dispositivo.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

---

#### **2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

##### **2.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN**

El Hospital Regional Isidro Ayora cuenta con una acometida aérea (3X2 ACSR), en media tensión, hasta un poste ubicado en la parte posterior del edificio, para su protección presenta tres pararrayos tipo distribución de 10 KV/5KA, los mismos que están debidamente puestos a tierra por medio de conductor de Cu desnudo # 4-AWG y tres seccionadores monopolares tipo abierto de 15 KV/ 100 A con tirafusibles de 30 A tipo K, de ahí se deriva una acometida subterránea mediante un circuito ( 3 X #1/0 de 15 KV con aislamiento tipo XLPE + 1X4 Cu desnudo). Esta acometida se canaliza por el poste en tubería EMT de 4" de diámetro con un reversible en la parte superior, hasta llegar a la estación de transformación donde se localiza un seccionador fusible tripolar para operar bajo carga de 15 KV.

Luego de este seccionador fusible tripolar principal, se deriva una acometida trifásica en media tensión construida con 3 barras de Cu, para la protección de los dos transformadores de 300 KVA y uno 200KVA existentes en la cabina de transformación de donde además existe tres juegos de seccionadores fusibles tipo abiertos de 15 KV/ 100 A con tirafusibles de 25 A tipo K para los de 300 KVA y de 15 A tipo K para el de 200 KVA. (Ver *anexo 1* planos 1/9 – 2/9)

Para la conexión de los conductores en el interior de la cabina de transformación se utilizan puntas terminales tipo interior, tanto para la conexión de los seccionadores como para los “chicotes” desde los seccionadores a los “bushings” de media tensión del transformador.

## 2.2 CABINA DE TRANSFORMACIÓN

El cuarto de la estación o cabina de transformación tiene un área de 62 m<sup>2</sup> y está ubicado en la planta baja del edificio, por seguridad dispone de una malla de protección que impide el paso de las personas no autorizadas con su respectivo letrero de “*peligro alta tensión*”; la malla de protección está conectada con la malla de puesta a tierra.

En la estación de transformación se encuentran instaladas 6 varillas de puesta a tierra de cooperweld de 5/8"x 8' y malladas entre sí con conductor de Cu #2- AWG desnudo, debidamente conectados con terminales tipo perno hendido Cu-Cu

La carcasa de los transformadores también están conectados a la malla de puesta a tierra mediante conductor # 2-AWG de Cu desnudo, además se observa un tablero con 2 amperímetros, 2 voltímetros y dos medidores de energía uno análogo y otro electrónico.

La estación de transformación, en la actualidad, consta de tres transformadores de potencial de las siguientes características:

### 2.2.1 TRANSFORMADOR DE 200 KVA

Es un transformador tipo convencional, marca ECUATRAN S.A., trifásico a 13800/220V (identificado como **T1** en *anexo 1* planos unifilares), Conexión D Y-n5, dispone de un cambiador de taps en media tensión mediante conmutador manual con derivaciones de +/-2x2.5% del voltaje nominal, y sus demás características se las pueden observar en la figura 1 del *anexo 2*. Tiene una protección en media tensión a fallas de tipo interno mediante seccionadores -fusibles monopolares para 15 KV, 100 A con tirafusibles tipo K de 15 A y una protección en baja tensión mediante un disyuntor termomagnético de 500 A de capacidad de interrupción.

Este transformador sirve exclusivamente a los equipos de rayos X y tomografía, cuenta con su propio tablero de distribución principal y tiene capacidad suficiente para soportar toda la carga de la mencionada área. La acometida a este tablero principal de rayos "X", es un circuito de (3X2+1X250MCM con aislamiento tipo THHN).

## 2.2.2 TRANSFORMADORES DE 300 KVA

Dispone de dos transformadores de 300 KVA, un transformador tipo convencional, marca AEG Ibérica de electricidad, trifásico a 13800/220V (detallado como **T2** en *anexo 1* planos unifilares), tiene una protección en media tensión mediante tres seccionadores fusibles tipo abierto de 15 KV/ 100 A con tirafusibles de 25 A tipo K y una protección en baja tensión mediante un disyuntor termomagnético de 630 A de capacidad de interrupción.

El otro transformador es tipo convencional, marca Ecuatran S.A., trifásico a 13800/220V (representado como **T3** en *anexo 1* planos unifilares), tiene una protección a fallas de tipo interno mediante seccionadores-fusibles monopolares para 15 KV, 100 A con tirafusibles tipo K de 25 A en media tensión. y una protección en baja tensión mediante un disyuntor termomagnético de 800 A de capacidad de interrupción.

Los dos transformadores tienen una conexión DY-n5, y disponen de cambiadores de taps en media tensión mediante conmutador manual con derivaciones de +/-2x2.5% del voltaje nominal, y sus demás características se las pueden observar en el *anexo 2* figuras 2 y 3 respectivamente.

El transformador **T3** está habilitado para servir a la carga general del hospital, pero el transformador **T2** se encuentra desconectado para trabajar en paralelo, sin embargo sirve directamente a un equipo de tomografía. (*Anexo 1*, diagrama unifilar 2/9)

El Hospital a partir del tablero general cuenta con dos tipos de sistemas, el llamado *normal* que trabaja solamente con la energía proveniente de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (E.E.R.S.S.A) y el sistema *de emergencia* que está respaldado en caso de falta de energía por un generador de emergencia que trabaja independientemente.

### **2.3 SISTEMA DE MEDICIÓN.**

La medición utilizada para el registro del consumo de energía eléctrica para cabinas de transformación superior o igual a los 300 KVA según reglamentación de la E.E.R.S.S.A es la *medición indirecta en media tensión*.

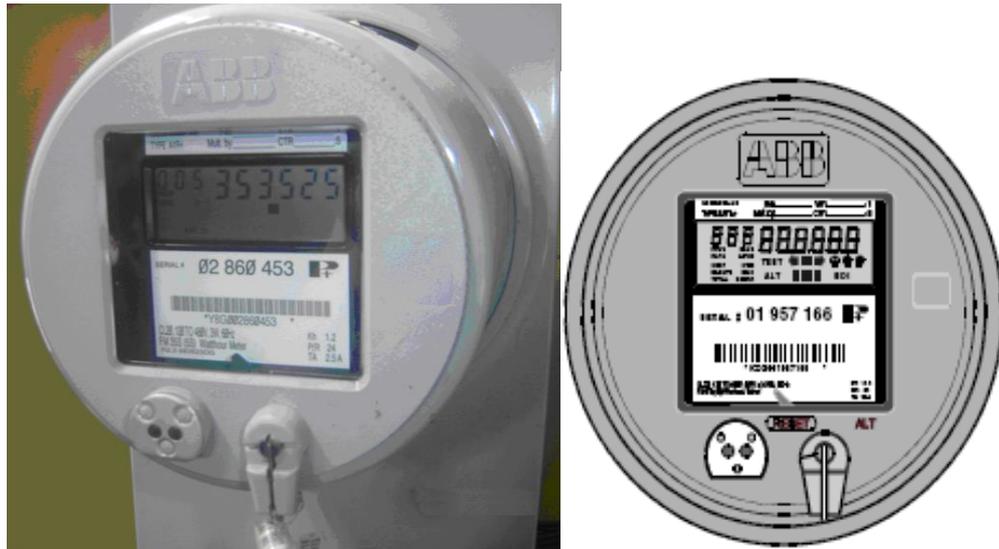
El medidor utilizado para la medición es trifásico, tipo electrónico marca *ABB* (ver Figura 2.1) modelo *TM42-2182C*, clase 1, capaz de soportar una intensidad nominal de 5 A, y sobrecargas de hasta 400% y una tensión de 120-480 V, a 60 Hz, registrado en la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. con números de servicio 155853 y medidor 31516.

El medidor utiliza 2 transformadores de potencial con relación 14400/115V y 2 transformadores de corriente 100/5 A, su esquema de conexión es de la forma denominada 35S. (Ver conexionado en anexo 3)

El equipo proporciona valores "*on line*" de voltaje, amperaje, factor de potencia y además registra la demanda máxima de cada mes, para más información ver *anexo 3*.

Su tarifa aplicada se denomina Asistencia Social con Demanda (*AS\_D*), que considera el consumo de energía eléctrica y la demanda máxima registrada en el mes.

El costo promedio del KW-h es de USD 0,10, mediante la revisión de las panillas desde enero del 2008 hasta julio 2009, se determinó que el consumo mensual promedio del hospital esta alrededor de **55 250 KW-h/mes.**



*Figura 2.1. Medidor Electrónico marca ABB modelo TM42-2182C.*

## **2.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN**

Las instalaciones eléctricas de baja tensión son las que se proyectan a partir de los bornes de baja tensión de los transformadores hasta llegar a todas y cada una de las salidas y cargas puntuales.

### **2.4.1 SISTEMA DE EMERGENCIA**

Se ha denominado sistema de emergencia a aquel que abarca las cargas cuya instalación a más de tener alimentación desde las redes de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. a través de su respectivo transformador de reducción, tiene otra fuente de alimentación de energía como un grupo electrógeno de generación.

Las cargas conectadas a este sistema de emergencia son de iluminación y tomacorrientes en áreas de alta prioridad tales como Quirófanos, Salas

de parto, Neonatología, Estaciones de Enfermerías, Cocina, Cuarto de Bombeo, Unidad de Cuidados Intensivos, entre otros.

#### **2.4.1.1 GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA (EMERGENCIA)**

Para la dotación de electricidad a elementos que deben operar aún cuando exista una falla eléctrica, o denominada cargas preferenciales, se encuentra instalada una unidad de generación de emergencia.

El generador es convencional de diesel turbocargado, marca CUMMINGS, con generador ONAN de 300 KVA, a 2100 msnm, para servicio de 220/127V y 60 Hz (ver Figura 2.2), tiene entrada automática a servicio del sistema principal del Hospital cada vez que existe fallo o corte en el suministro eléctrico del sistema normal, se encuentra conmutado a los tableros principales denominados **T.E.A**, **T.E.B** y **T.E.C** a través de un tablero de transferencia de dimensiones 170x120x50 cm Marca ONAN TELEMAND (ver Figura 2.3), cuya capacidad es de 1000 A.



*Figura 2.2. Generador de Energía Eléctrica*



*Figura 2.3. Tablero de Transferencia ONAN*

Tanto en el generador como en el tablero de transferencia se cuenta con instrumentos de medición analógicos como: amperímetros, voltímetros, frecuencímetros, Kilowatímetros y de un contador de horas de funcionamiento.

Para sus conexiones utiliza conectores tipo talón, y en el *anexo 1* planos 2/9 -3/9 se detallan el número y calibre de conductores.

#### **2.4.2 SISTEMA NORMAL**

Se han denominado sistema normal al que comprende las instalaciones que son alimentadas directamente desde las redes de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A a través de transformadores de reducción.

Para las cargas que están conectadas a este sistema se ha considerado que si bien son importantes, la falta eventual de energía eléctrica en ellas no afectara significativamente al funcionamiento normal del hospital.

## 2.5 BANCO DE CONDENSADORES

El banco de condensadores está ubicado junto al Tablero general de Distribución (**T.G** transformador de 300 KVA), de marca COMAR CONDENSATORI QR3 de 50 KVA, 10 fijos, 30 variables y 10 desconectados, alojado dentro un tablero de dimensiones 100x60x25 cm, para la compensación de reactivos, inyecta potencia y energía reactiva a las tres fases mediante 3 conductores tipo TTU calibre 8 AWG, tiene como protección un breaker tripolar de 225 A marca Siemens tipo caja moldeada ubicado dentro del segundo compartimento del T.G recibe la señal del cosenofímetro (ver Figura 2.4), ubicado dentro del primer compartimento del tablero general.



Figura 2.4 Banco de Condensadores.

## 2.6 ALIMENTADORES PRINCIPALES Y TABLEROS GENERALES DE DISTRIBUCIÓN

Los alimentadores principales desde los transformadores hasta los tableros generales son conductores Tipo THHN Calibre # 250 mcm en el número que se indica en los diagramas unifilares del *anexo 1*.

Los Tableros Generales se encuentran instalados en el cuarto contiguo a la estación de transformación con un área de 66 m<sup>2</sup>

Existen 2 tableros Generales:

1.- Tablero General (**T.G** ver figura 2.5) de dimensiones 220x170x60 cm., tipo trifásico con barras colectoras de cobre y una barra para el neutro, cuenta con 2 compartimentos, en el primero se encuentra, un disyuntor tripolar tipo caja moldeada de 800 A, marca Culter-Hammer que protege en baja tensión al transformador de 300 KVA marca ECUATRANS SA (**T3**) , adicionalmente se observa un interruptor 3P/ 600 A. que es el encargado de proteger a los tableros principales de distribución, se observa también tres transformadores de corriente, colocados en las barras colectoras, y cuenta con un cosenofímetro ubicado en la fase R.



*Figura 2.5. Tablero General de Distribución*

En el segundo compartimento, dispone de un disyuntor tripolar de 630 A. marca Culter-Hammer, que se encuentra en la posición apagado, además

se ubica un interruptor 3P/500 A. Este tablero es el encargado de distribuir energía a todo el hospital a excepción del área de Rayos X, además se observan equipos de medición eléctricos, como voltímetros y amperímetros analógicos

Todas las partes metálicas como la puerta del tablero están conectadas a la malla de puesta de tierra mediante conductor #4-AWG de Cu desnudo.

2.- Tablero General de Rayos X (**T.G.R.X** ver figura 2.6) de tipo trifásico, de barras colectoras y una sola barra para el neutro, de dimensiones 60x70x30cm, se encuentra sobre un base metálica, presenta 2 compartimentos, en el primero se aloja un disyuntor tripolar de 500 A para la protección del transformador de 200 KVA (**T1**), en el segundo aloja las barras y un medidor analógico de voltaje entre fases.



Figura 2.6. Tablero General de Rayos X

El tablero energiza los equipos de Rayos X y un tomógrafo ubicados en el primer piso en el área de imagenología, asimismo no existe red de puesta a tierra.

Los cables ingresan por la parte inferior de los tableros generales, para conectarse a las barras dispone de conectores tipo talón.

### 2.6.1 TABLEROS PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN

Para alimentar de energía eléctrica, el edificio cuenta con 5 tableros principales: **T.A, TB., T.E.A, T.E.B Y T.E.C**, son del tipo trifásico 220/127 V, 4 hilos, con barras colectoras de Cu, los cables ingresan por la parte inferior y tienen conectores tipo talón, son los encargados de alimentar a diferentes centros de carga y puntos de distribución, (ver planos del *anexo 1*). Los tres tableros **TA, TEC y TB** están ubicados en la planta baja del hospital junto a los ascensores, de dimensiones 200x60x60 cm., (ver Figura 2.7) los diagramas unifilares del *anexo 1*, presentan más detalles del número de conductores y circuitos que ahí se alojan.



*Figura 2.7. Tableros Principales T.A, T.E.C y T.B de Distribución*

Los otros dos tableros están ubicados en el cuarto de tableros de distribución general de dimensiones 200x60x60 cm. (ver Figura 2.8.)



Figura 2.8. Tableros Principales **T.E.A** y **T.E.B** de Distribución

Estos tableros presentan interruptores de protección tripolares tipo caja moldeada (ver tabla 2.1), adicionalmente no existe redes de puesta a tierra.

<b>TABLEROS</b>	<b>DISYUNTOR (A)</b>
<b>T.A</b>	500
<b>T.B</b>	500
<b>T.E.A</b>	500
<b>T.E.B</b>	No Existe
<b>T.E.C</b>	500

Tabla 2.1 Resumen de Protección Tableros Principales

## 2.6.2 TABLEROS SECUNDARIOS DE DISTRIBUCIÓN

Para la alimentación de las diferentes cargas del edificio se han instalado tableros de distribución denominados secundarios, los mismos están ubicados en sitios estratégicos, los que tienen una tensión de servicio de 220/127 V; tienen el objeto de controlar y proteger los diferentes circuitos de distribución interna, tanto de iluminación como de tomacorrientes.

Los tableros existentes son: unos del tipo trifásico empotrable, a cinco hilos, y otros del tipo bifásico a cuatro hilos, tienen el conector en la parte inferior para puesta a tierra, están empotrados en pared, estos se alojan interruptores termomagnéticos del tipo enchufables. (Ver figura 2.9).

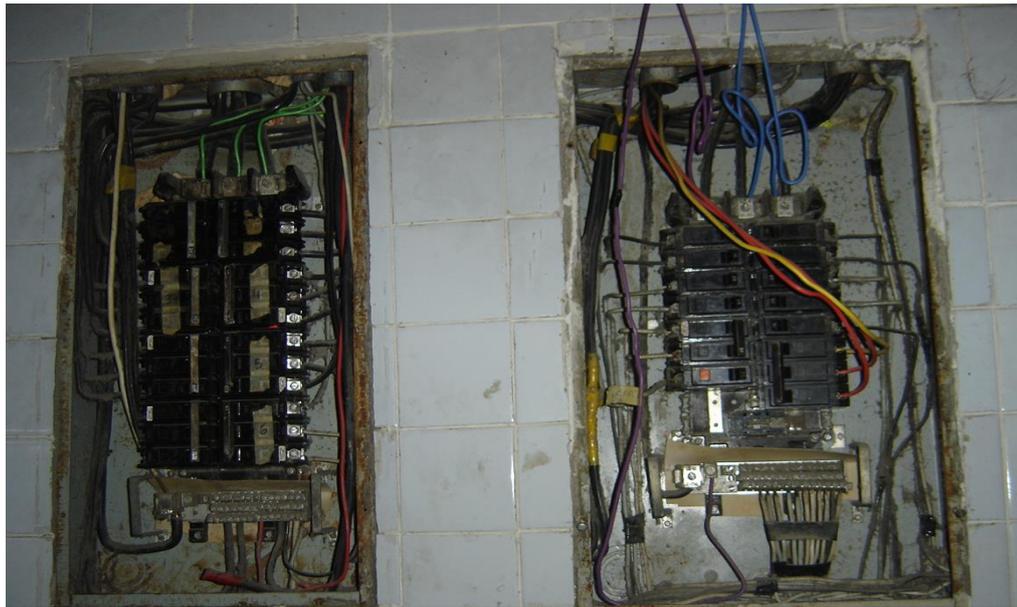


Figura 2.9. Tableros Secundarios de Distribución tipo trifásicos.

Los alimentadores secundarios que energizan a estos tableros van por medio de: canaletas y tubería EMT (ver Figura 2.10), sus respectivas protecciones, número, tipo y calibre de conductores se encuentran especificados en los diagramas unifilares del *anexo 1*.



Figura 2.10. Tuberías EMT utilizada en alimentadores secundarios (1¼ pulg de diámetro)

### 2.6.2.1 CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN.

Los circuitos de iluminación van por cielo raso y empotrado en pared, según sea la conexión entre luminarias o luminaria-interruptor correspondientemente. Se conectan unas mediante tuberías EMT y otras con manguera de ½ y ¾ pulg. y cajetines rectangulares, octogonales y hexagonales en los puntos de luminaria y en derivaciones; y cajetín rectangular profundo para interruptores.

Para la conexión entre tuberías y cajetines existen conectores EMT de ½ y ¾ pulg.

Para la iluminación se utiliza diversos tipos de luminarias, cuya ubicación y tipos se puede apreciar en el *anexo 1* y sus detalles en la parte de Simbología.

Durante la revisión de las áreas del hospital, se detectó que se han realizado circuitos de fuerza de la línea de alumbrado, lo que atenta

contra la independencia de la red de iluminación y puede cargar a la misma.

En los circuitos de Iluminación, casi en todo su recorrido, existen conductores de cobre tipo TW, sólido, calibre # 14 aislado para 600V para fases, neutro y retornos.

### **2.6.2.2 CIRCUITOS DE FUERZA MONOFÁSICOS**

En este sistema de tomacorrientes, de igual forma que el de iluminación se utilizan tubería EMT y manguera de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  pulg., son de tipo doble, y en algunos casos doble y polarizada, y sin línea de tierra.

Los diferentes circuitos de tomacorrientes, parten de los respectivos tableros secundarios empleando conductores tipo TW sólido y flexible aislado para 600 V., con calibre # 12 AWG para las fases y neutro.

### **2.6.2.3 CIRCUITOS DE FUERZA ESPECIALES:**

Los sistemas de fuerza bifásicos y trifásicos están contruidos mediante tubería EMT de diferentes diámetros. En redes bifásicas sin razón técnica se localizó tomacorrientes tipo doble y polarizada Marca EAGLE, para 110 Voltios lo cual atenta contra las normas de diseño ya los mismos están proyectados para otra tensión y se ubicó otros tomacorrientes de marca LEVITON para 220V.

Para las redes trifásicas existen tomacorrientes marca LEVITON, para 220 V los diferentes circuitos de tomacorrientes, parten de los respectivos tableros secundarios empleando conductores de cobre en su mayoría tipo TW sólido, THNN aislado para 600 V., con diferentes calibres para las fases y neutro, algunos circuitos no se ubico conductores de puesta a tierra

Para mayores detalles sobre el número, tipo y calibre de conductores revisar los diagramas unifilares de los planos del *anexo 1*, siendo los más utilizados para la energización de tableros los conductores de cobre, 7 hilos, calibre del N° 8 AWG al N° 2 AWG, con aislamiento termoplástico de PVC, para 2000 V, temperatura máxima de operación 75 °C, tipo TTU

Otros cables que se destacan para circuitos de fuerza son conductores de cobre sólido, calibre del No 12 AWG al No 10 AWG, con aislamiento termoplástico de PVC, para 600 V, temperatura máxima de operación 60 °C, tipo TW.

Para la instalación de tomacorrientes en las áreas de quirófanos y cuidados intensivos se ubico conductor de cobre, 19 hilos, calibre del No 12 AWG al No 10 AWG, con aislamiento tipo polímero sintético de elementos cruzados, para 600 V, temperatura máxima de operación 90 °C, tipo XHHW..

#### **2.6.2.4 CONEXIONES Y NÚMERO DE CONDUCTORES.**

Para las conexiones de cables en borneras de tableros, se emplean terminales tipo compresión, plastificado para los de calibre igual o menor al N° 8 AWG, y del tipo talón para los conductores de mayor calibre.

El calibre y número de conductores alojados en la tubería, están señalados en las láminas del *anexo 1*

#### **2.6.2.5 ALTURA DE MONTAJE**

La altura de montaje a la cual están colocados los tableros, interruptores, etc. en relación con el nivel del piso terminado, son las siguientes:

Interruptores	1.40m
Tomacorrientes de uso general	0.50m
Tableros Secundarios de distribución (borde inferior)	1.40m

## 2.7 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA ESTABLECER LA DEMANDA MÁXIMA.

Para poder establecer la demanda máxima del edificio, se realizó el estudio a nivel de las acometidas generales, principales y secundarias se utilizaron los equipos que a continuación se detallan.

### 2.7.1 REGISTRADOR TRIFASICO DE CALIDAD ELECTRICA

El Equipo usado es **FLUKE SERIE 17744 MEMOBOX** facilitado por la Empresa Eléctrica Regional del Sur, EERSSA ver figura 2.11



Figura 2.11 FLUKE 1744 MEMOBOX

Al equipo se lo utilizó para realizar mediciones a nivel de baja tensión, es decir, a la salida de 220-120 V de los transformadores **T1** y **T3** del sistema, tiene la opción de aplicar un factor de corrección, cuando se presente el caso de que las magnitudes eléctricas como voltaje, amperaje, etc. comparadas con una pinza amperimétrica sean distintas.

Posee algunas formas de conexión, dependiendo si se desea tomar una medición monofásica, bifásica o trifásica; la conexión utilizada para el estudio fue la conexión trifásica cuyo esquema se encuentra en la figura 2.12.

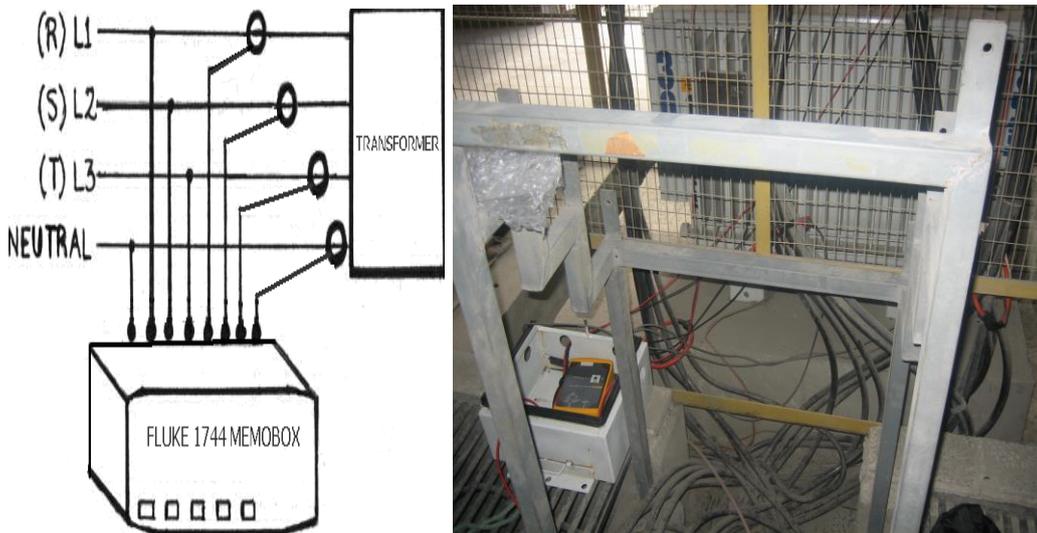


Figura 2.12. Conexión Trifásica del equipo FLUKE 1744

Para esta conexión el equipo cuenta con cuatro pinzas amperimétricas de medición, una por cada fase más el neutro, ubicando la flecha de flujo hacia la carga.

También posee cuatro pinzas tipo lagarto para la medición de voltaje, estas fueron ubicadas en los terminales, en cada fase y neutro.

El equipo permite la visualización de los parámetros a través de registros escritos, los cuales se los puede descargar al computador mediante Usb o por cable serial 232

### 2.7.1.1 PROTOCOLO DE CONEXIÓN AL PC / FLUKE 1744 MEMOBOX

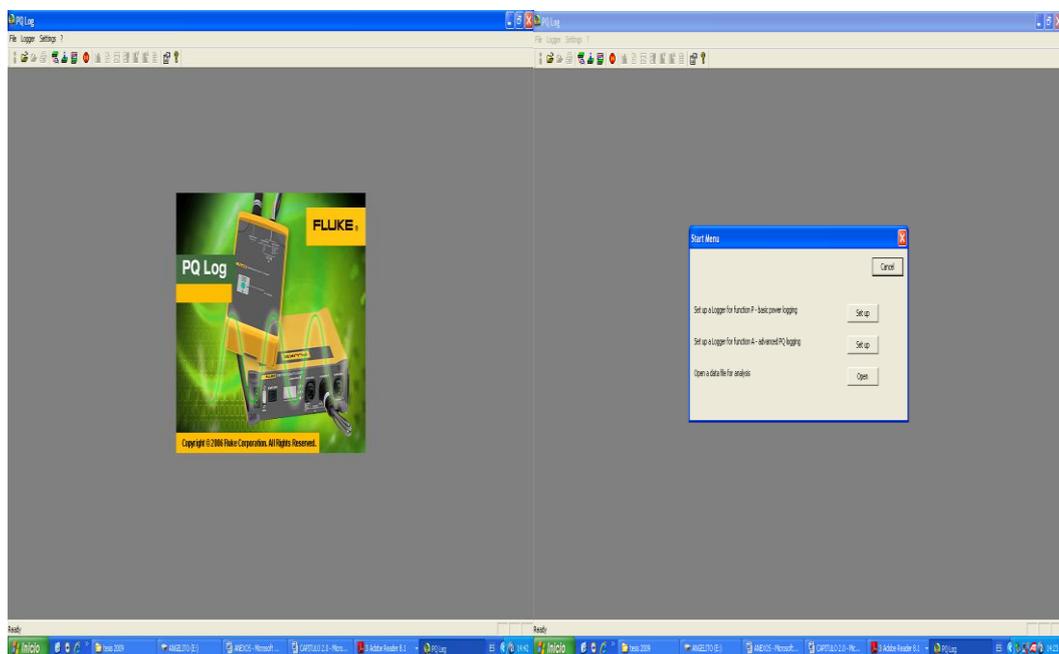
Los requisitos para la conexión son:

- 1.- Cable serial RS-232, o adaptador RS-232/USB
- 2.- Computador con software Instalado PQ-LOG, necesario que tenga un puerto serial o USB trabajar con COM1.

### 3. Conexión al **FLUKE 1744 MEMOBOX**

3.1 Conectar el Terminal RS-232/USB al computador y el otro extremo al Memobox.

Una vez cumplidos los requisitos se inicia la operación con el manejo Software PQ-LOG, estableciendo el tipo de conexión en menú inicio y programando todos los parámetros eléctricos a sensor, finalizando con un clic en **Aceptar** (ver figura 2.13)



**Figura 2.13** Pantallas de inicio PQ-LOG  
**Fuente:** Tomado del Software PQ-LOG.

La adquisición de los datos (ver *anexo 4*) fueron efectuadas en un período de 8 y 15 días, el equipo tiene la opción de guardar datos cada 10 minutos de un promedio de máximos y mínimos de cada minuto, iniciándose para el transformador **T1** (200 KVA) a partir del día 23 de septiembre a las 12:10 hasta las 9:00 del 30 de septiembre del 2009, y para el transformador **T3** (300 KVA) a partir del 30 de septiembre a las 11:00 hasta 10:40 del 14 de octubre del 2009

La muestra de una semana se consideró suficiente para el estudio, debido a que se verificó que las variables necesarias para el análisis (corriente, potencia activa, etc.).

### 2.7.2 EQUIPO DE MEDICIONES ELECTRICAS

El segundo dispositivo utilizado es equipo de mediciones eléctricas clase 3, marca **FINEST TRUE RMS POWER METER MODELO 170** facilitado por el Hospital Regional “Isidro Ayora” ver figura 2.14.



*Figura 2.14. Finest True Rms Power Meter Modelo 170*

Utilizado para el estudio de redes principales y secundarias, este equipo posee una pinza amperimétrica, con opción a tomar datos en redes bifásicas o trifásicas mediante la adaptación de un módulo, cuyos esquemas de conexión se encuentran en las figuras 2.15

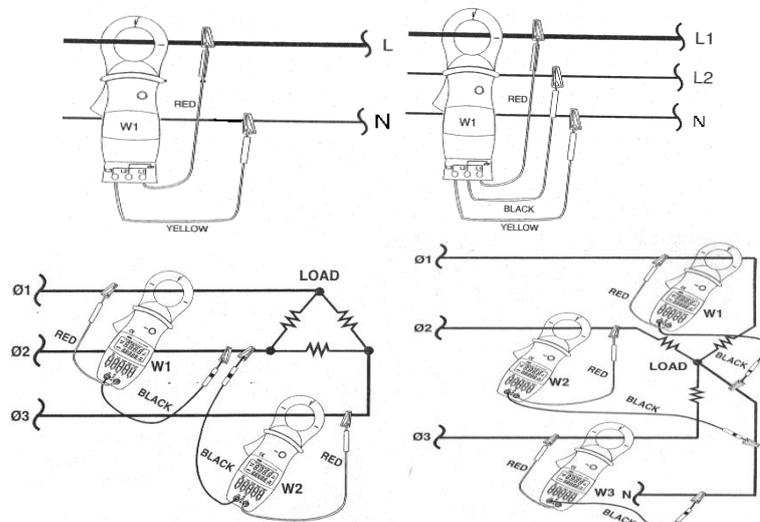


Figura 2.15. Conexiones monofásica- bifásica- trifásica triángulo y trifásica estrella

El equipo permite la visualización en su display de los parámetros a través de registros máximos y mínimos guardados en su memoria de un período de hasta 80 horas.

La finalidad de obtener estas mediciones, es necesario conocer los diferentes parámetros eléctricos para nuestro estudio como Intensidad (A), Voltajes (V), potencia activa (Kw.), potencia aparente (KVA), factor de potencia ( $\cos \Phi$ ), etc.

Las mediciones se tomaron desde el 7 septiembre hasta el 15 de octubre del año 2009, durante de 20 minutos, en diferentes horarios dependiendo de la mayor incidencia en consumo de las diferentes áreas del edificio, en cada uno de los circuitos, detalles en el *anexo 5*

## 2.8 ESTUDIO DE LA DEMANDA

Para obtener información del consumo y demanda de las cargas presentes en el sistema eléctrico, fue necesario primero determinar las cargas instaladas existentes, para lo cual se realizó un censo de potencia de los equipos que ahí se encuentran ver *anexo 6*, se determina que la carga instalada es **450,18 KW** para la acometida general (**T3**),

encontrándose en la planta baja la mayor carga instalada 30,16 %. (Ver la Figura 2.16).

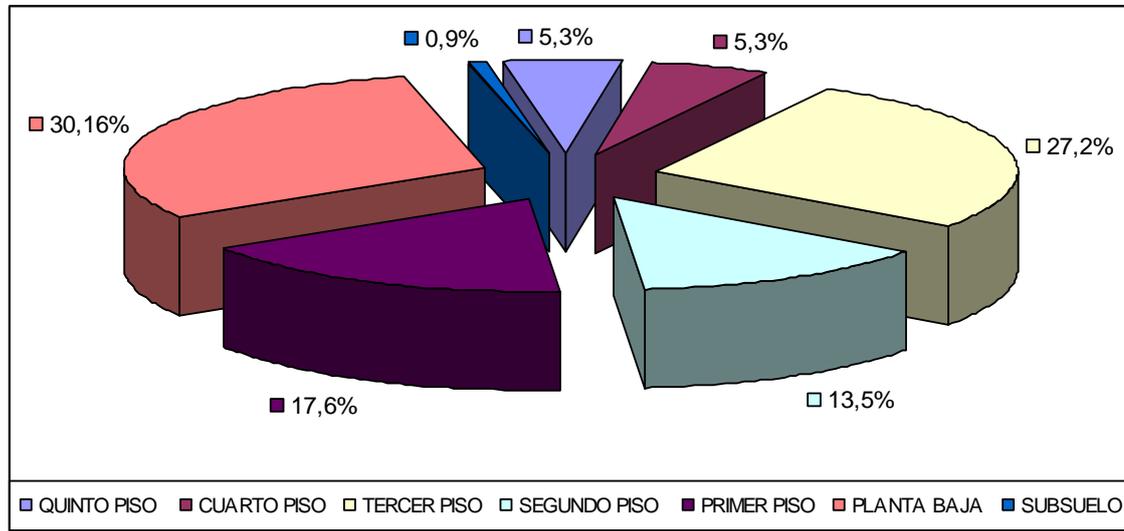


Figura 2.16 Carga Instalada por pisos

## 2.8.1 DEMANDA ACTUAL DEL HOSPITAL

Del *anexo 5* se obtienen las demandas máximas de las cargas conectadas en todos los alimentadores, para ello se considera todas las demandas individuales de cada una de las cargas (en cada acometida), por lo que el alimentador general puede llegar a una demanda máxima de 292 KVA, y a continuación se desglosa por pisos y áreas del hospital.

### 2.8.1.1 SUBSUELO

Con un área de construcción de 470 m<sup>2</sup>, utilizado para actividades docentes su demanda máxima registrada esta alrededor de 2.4 KVA cuenta con una carga instalada de 4.14 KW (ver *anexo 5*).

### 2.8.1.2 PLANTA BAJA

Con 3214 m<sup>2</sup> de área construida, su carga instalada es de 135,78 KW y se registra una demanda máxima es de 121,3 KVA, se divide en diferentes departamentos:

- Bodegas
- Casa de Máquinas
- Cocina y Comedor
- Lavandería
- Mantenimiento
- Sistema de bombeo de agua (ver figura 2.17)



Figura 2.17 Sistema hidroneumático

La mayor carga se concentra en las áreas de Cocina, lavandería y sistema de bombeo que registra en la actualidad una demanda de 15 KVA, (ver *anexo 5*).

### 2.8.1.3 PRIMER PISO

Esta planta se energiza de dos acometidas tanto del transformador **T3** (300 KVA) como la del transformador **T1** (200 KVA)

Su área de construcción es de 3214 m<sup>2</sup>, con una carga instalada de 79.73 KW para **T3** y 48.31 KW para **T1**, su demanda máxima registrada esta alrededor del 61,3 KVA a nivel de la acometida del **T3** y de 12.33 KVA en **T1**, se distribuye en los departamentos de:

- Administración
- Consulta externa
- Contabilidad
- Emergencia
- Fisiatría
- Laboratorio clínico
- Rayos X

En este piso se destaca las demandas de las áreas de Laboratorio Clínico y Equipos de Rayos X y el tomógrafo

### **2.8.1.3.1 EQUIPOS DE RAYOS X**

Alimentado por la acometida del transformador **T1** (200 KVA), el hospital cuenta con 5 equipos de rayos "X" ver Figura 2.18 su demanda máxima registrada es de 4 KVA, porque se encuentra funcionando un equipo el de la sala 1, que consiste en un equipo de revisión general.

En la actualidad ya no se hace necesario ocupar el equipo de la sala 3, ya que hoy en día los pedidos de Traumatología se los hace mediante resonancias magnéticas y tomografías; el equipo de esta sala solo realiza estudios de angiográficas, arteriografías y carótidas.



*Figura 2.18 Mesa de exploración equipo de rayos X SIEMENS*

### 2.8.1.3.2 TOMÓGRAFO (Toshiba Asteon) Figura 2.19

Energizado por el transformador **T2** (300 KVA), este equipo estuvo fuera de servicio durante la realización del estudio cuyas características se detallan a continuación:

#### **TOSHIBA ASTEON MODEL G6T-0138**

<i>Max Input Power</i>	<i>40 KVA</i>
<i>CTS Scanner Gantrv</i>	<i>10 KVA</i>
<i>Ray Model Cxx6-010<sup>a</sup></i>	<i>20 KVA</i>
<i>Amperaje</i>	<i>200 A</i>
<i>Voltage Input</i>	<i>220~400 V</i>



*Figura 2.19 Tomógrafo TOSHIBA ASTEION*

### 2.8.1.4 SEGUNDO PISO

Con 3972 m<sup>2</sup> de edificación, con 60.87 KW instalados su demanda máxima registrada es de 23,1 KVA, en este piso funciona:

- Centro obstétrico y neonatología
- Gineco-obstetricia
- Patología
- Residencia medica
- Salud mental.

Cabe indicar que en esta planta funcionan los quirófanos de neonatología, los que comprenden: partos 1, partos 2 y legrado, son los equipos de esta área que constituyen la mayor carga.

#### **2.8.1.5 TERCER PISO**

Su área de construcción es de 2870 m<sup>2</sup>, con una carga instalada de 122,27 KW su demanda máxima bordea 64,3 KVA, en esta planta funciona:

- Cirugía
- Esterilización
- Hemodiálisis
- Traumatología
- Unidad de cuidados intensivos
- Unidad de Quemados

Cabe indicar que en área de esterilización funcionan las autoclaves eléctricas, que constituyen la mayor carga de dicho piso.

#### **2.8.1.6 CUARTO PISO**

Con 2162 m<sup>2</sup> de edificación, cuenta con 23.93 KW instalados teniendo como demanda máxima es 7,7 KVA en este piso trabajan áreas de:

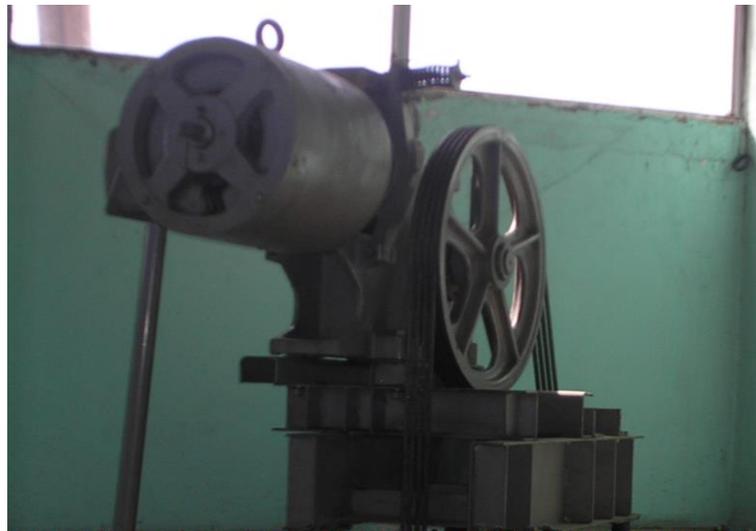
- Clínica
- Pediatría

### 2.8.1.7 QUINTO PISO

Su superficie de construcción es de 255 m<sup>2</sup>, ahí funcionan:

- Asociación de Enfermeras
- Casa de máquinas de los ascensores

El hospital cuenta con 4 ascensores (ver figura 2.20), de los cuales dos se encuentran funcionando en este momento y su carga instalada es de 23.86 KW su demanda máxima es aproximadamente de 11,7 KVA.



*Figura 2.20. Motoreductor de los Ascensores*

## 2.9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE ACOMETIDA GENERAL (TRANSFORMADOR T3)

### 2.9.1. VARIACION DE LA DEMANDA

Las figuras a continuación mostradas, son resultado de los promedios obtenidos a la misma hora todos los días que estuvo instalado el equipo. En la figura 2.21 se detalla la variación de la demanda aparente de la carga total, cuyos registros se encuentran en el *anexo 4* mediciones Fluke 1744, se observa que el consumo de cargas en horas no laborables en áreas

administrativas y servicios generales como: cocina, lavandería, esterilización mantenimiento, etc.(a partir de las 22h00 hasta las 7h00) es menor, de hecho su demanda baja hasta un 62% con respecto a la demanda máxima del hospital; esto se debe principalmente a la salida de algunas cargas de las áreas anteriormente mencionadas.

La demanda aparente máxima registrada es de **157.95 KVA** el día jueves 8 de octubre del 2009 a las **9:00**, y su mínima de **38.10 KVA** el día sábado 10 de octubre del 2009 a las **04:40** además el comportamiento varía de un día laborable con respecto a día de fin de semana o feriado. (Ver grafica 1 del *anexo 7*)

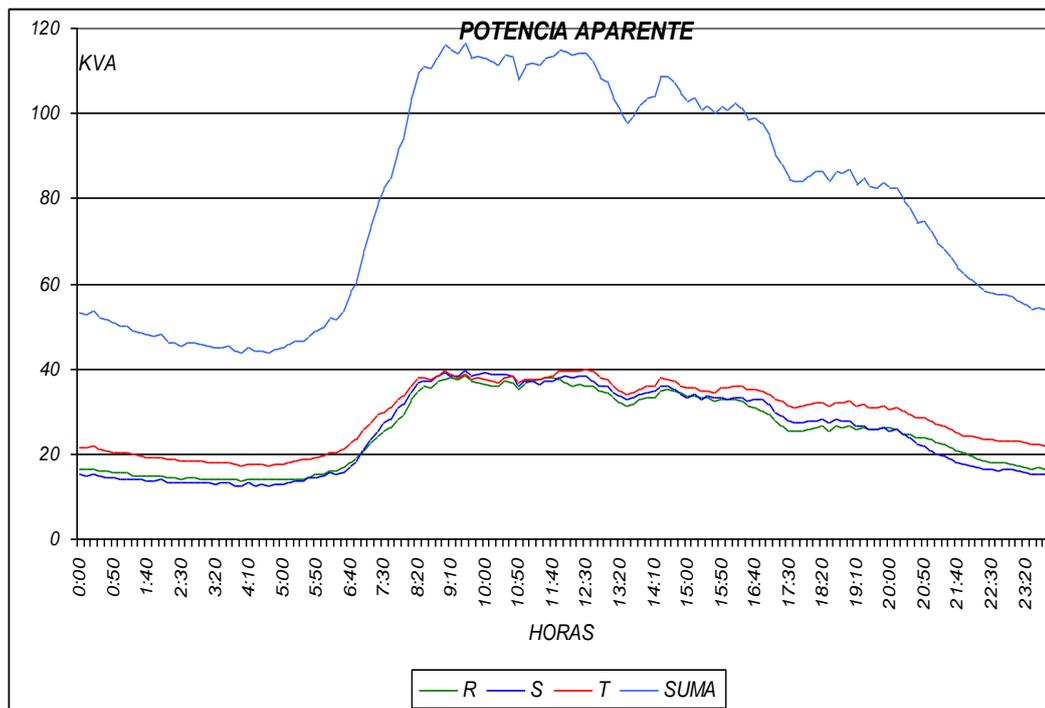


Figura 2.21. Gráfica de la variación de la demanda promedio a nivel de redes generales

Adicionalmente en la figura 2.22 se observa la intensidad de corriente promedio que en la fase T esta desbalanceada en un 20% aproximadamente en comparación con las fases R y S, cabe señalar que

existen intensidades por el neutro, lo que ratifica que se trata de un sistema desequilibrado.

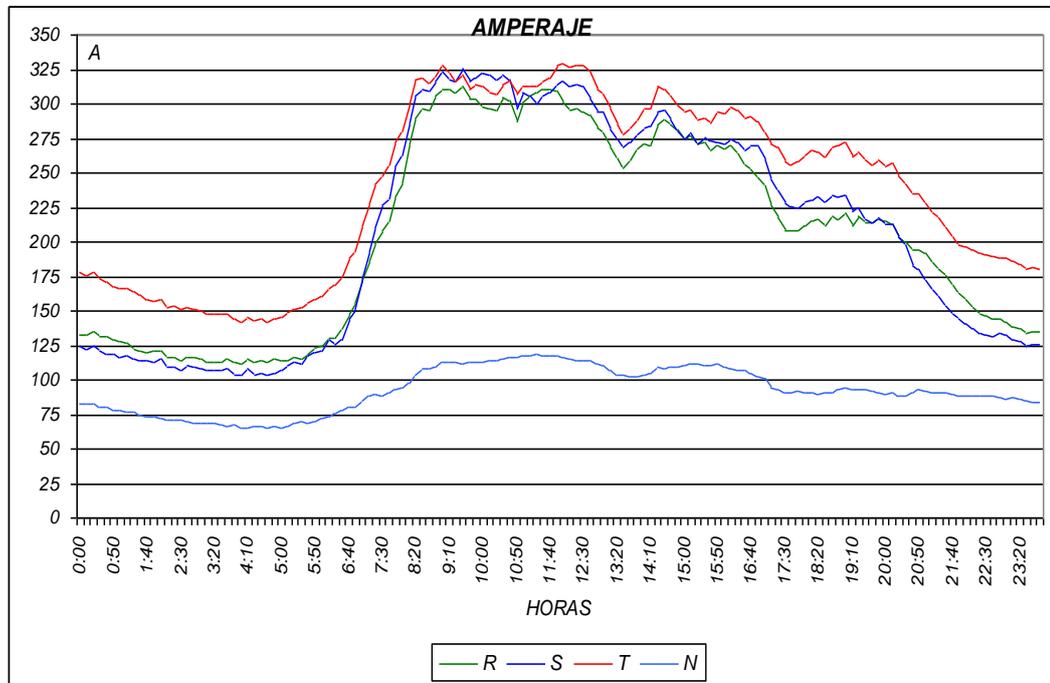


Figura 2.22. Gráfica de la variación de la corriente promedio a nivel de redes generales

### 2.9.2 FACTOR DE POTENCIA.

El comportamiento del  $\cos \varphi$  que permanece la mayor parte del tiempo en 0.97, se verifica en la figura 2.23, que la variación del factor de potencia total oscila entre 0.95 y un valor máximo de 0.98 además en la grafica 2 del *anexo 7* se observa las mediciones del factor de potencia de dos días diferentes.

Estos resultados son aceptables si se considera que la mayoría de los valores promedios se encuentran cercanos a la unidad.

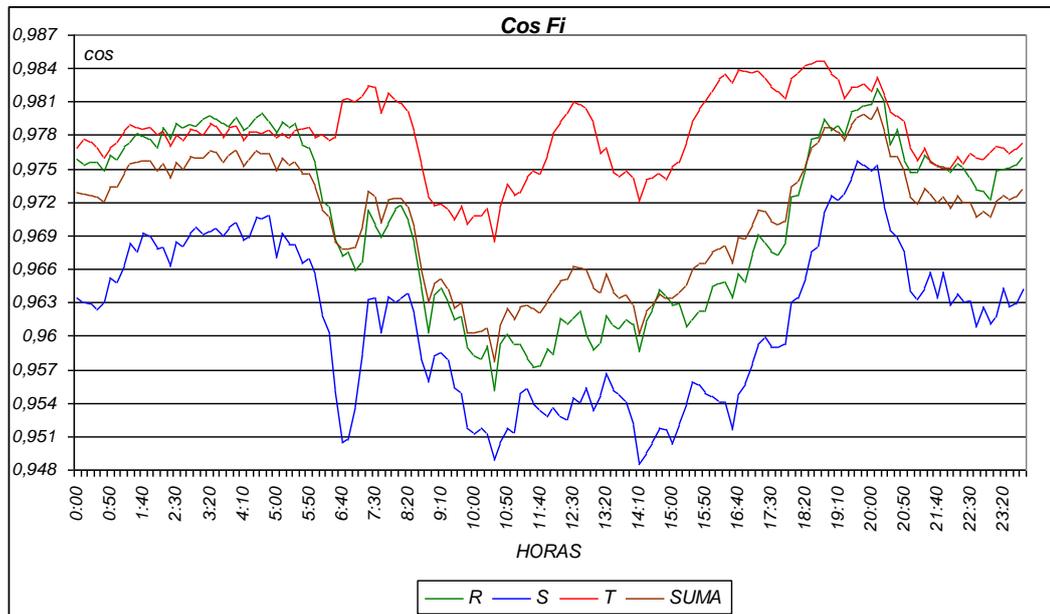


Figura 2.23 Variación del Factor de Potencia a nivel de redes generales

Por lo que el factor de potencia de la red eléctrica general del hospital se encuentra dentro de los límites recomendados, en consideración que existe un banco de condensadores.

### 2.9.3 VOLTAJE

Un aspecto muy importante ha tener en cuenta es el nivel de tensiones entre fases y fase-neutro, que el resultado de su comportamiento se grafica en las figuras 2.24 y 2.25.

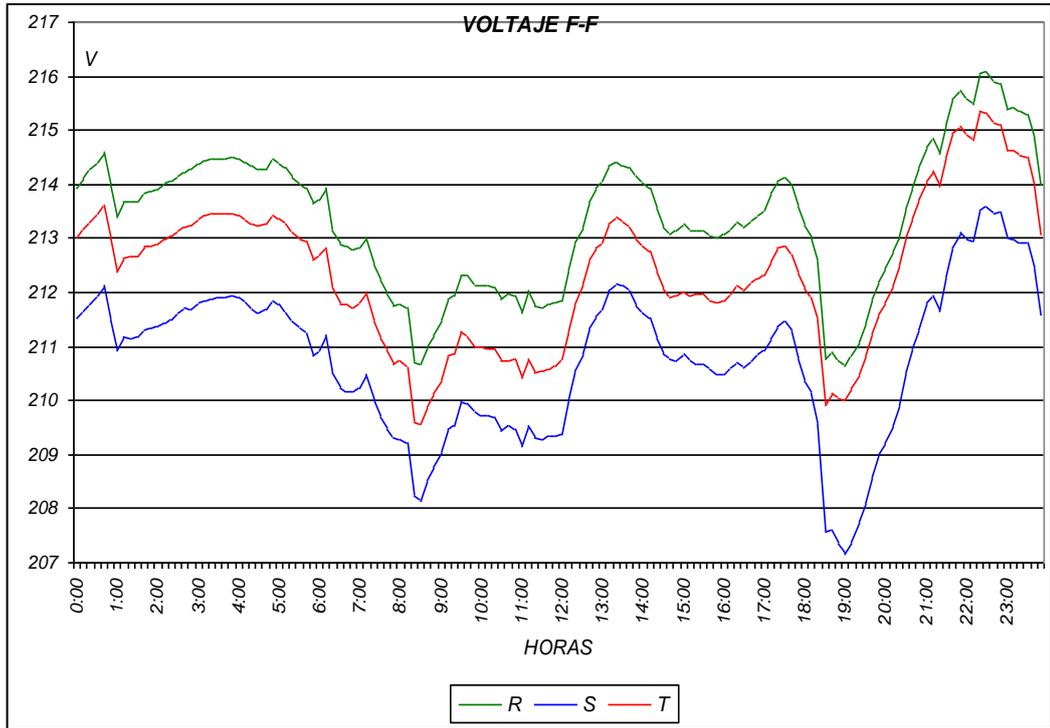


Figura 2.24. Comportamiento del voltaje promedio Fase-Fase a nivel de redes generales

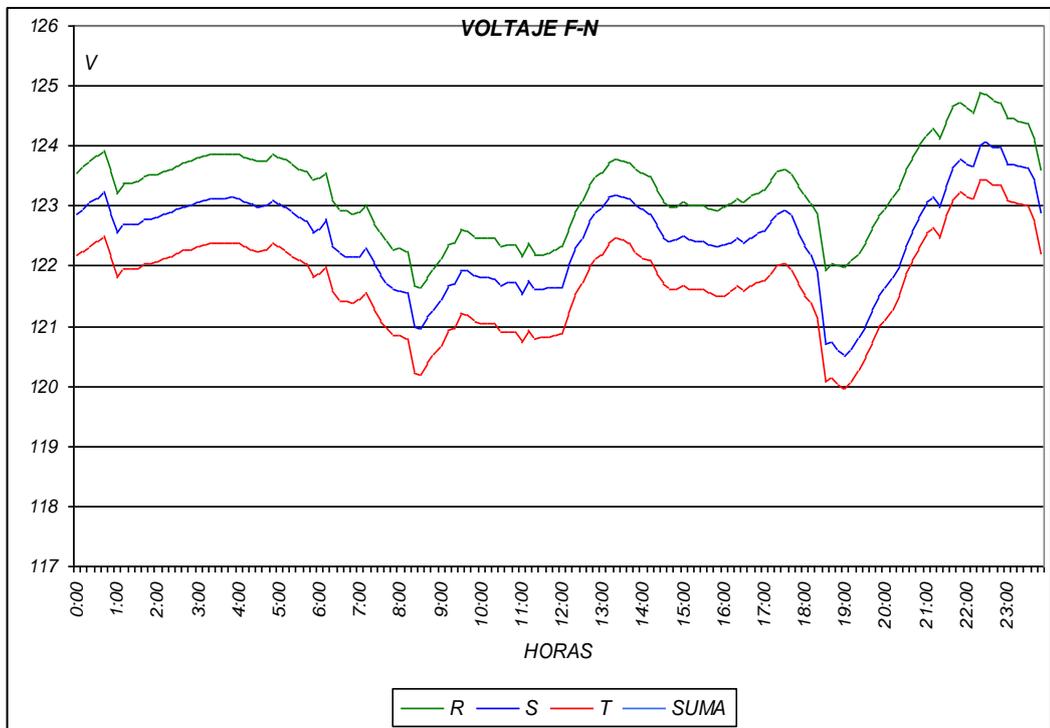


Figura 2.25. Variación del Voltaje promedio Fase-Neutro a nivel de redes generales

Con los resultados obtenidos se determina que los niveles de tensión hacen referencia que los transformadores de potencia son 220/120 V y por lo tanto estos valores se encuentran dentro de los parámetros de uso y de servicio.

Los valores registrados se encuentran detallados en la tabla 2.2, además en la grafica 3 del *anexo 7*, se observa el comportamiento de los voltajes Fase-Neutro y Fase-Fase de dos días distintos.

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
<i>Domingo 4 de Oct. 2009</i>	6:10	127,70	<i>Voltaje Máximo F-N</i>
		221,30	<i>Voltaje Máximo F-F</i>
<i>Martes 13 de Oct. 2009</i>	8:30	117,06	<i>Voltaje Mínimo F-N</i>
		202,72	<i>Voltaje Mínimo F-F</i>

*Tabla 2.2, Valores Máximos y Mínimos registrados durante el análisis*

## **2.10 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A NIVEL DE RED DE RAYOS X (TRANSFORMADOR T1).**

### **2.10.1 VARIACION DE LA DEMANDA**

Las figuras 2.26 y 2.27 detalla la variación de la demanda aparente máxima y la instantánea de la carga, cuyas mediciones se encuentran en el *anexo 4*, se distingue que existen picos elevados de poco tiempo de duración, es decir su funcionamiento es intermitente, además se observa que existe una gran demanda aparente en pocas centésimas de segundos (funcionamiento).

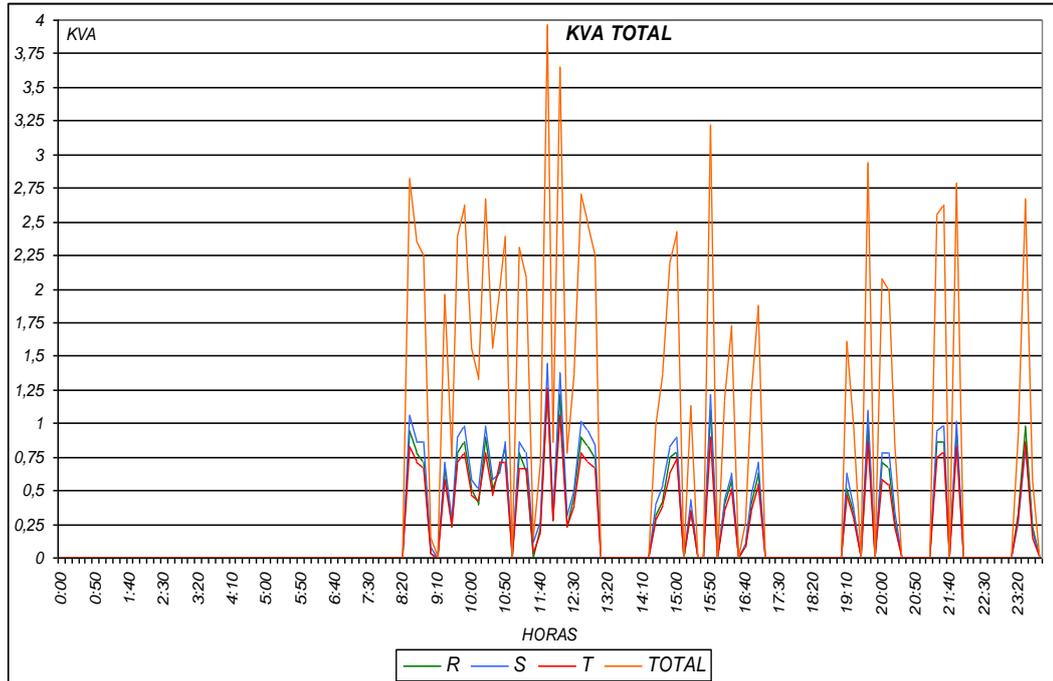


Figura 2.26 Comportamiento de la demanda máxima aparente a nivel de acometida de Rayos X

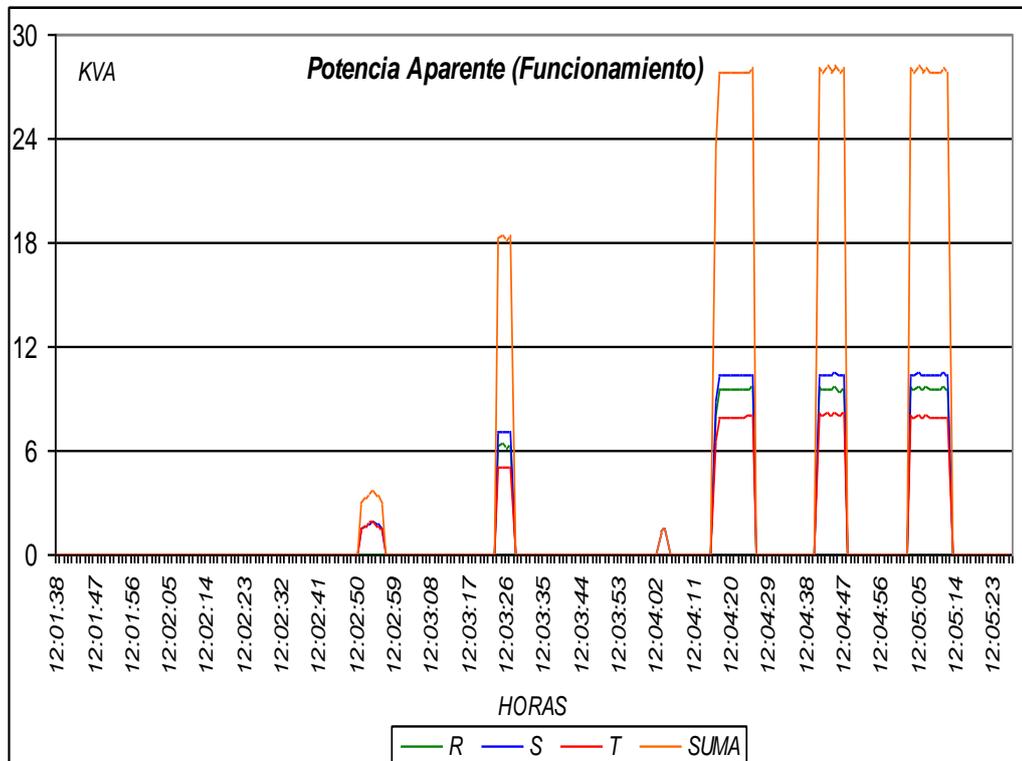


Figura 2.27 Comportamiento de la demanda aparente Instantánea

Además en las figuras 2.28 y 2.29 se observa que las intensidades son iguales en las tres fases, lo que nos indica que se trata de un sistema equilibrado o balanceado, también se visualiza altas intensidades en centésimas de segundos.

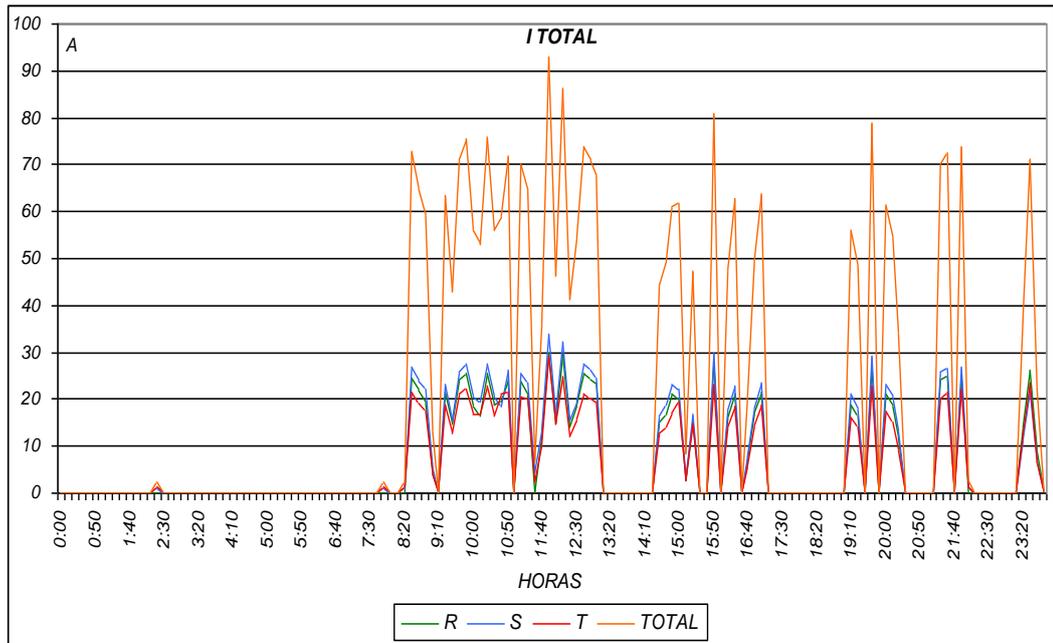


Figura 2.28 Comportamiento de la corriente máxima a nivel de redes Rayos X

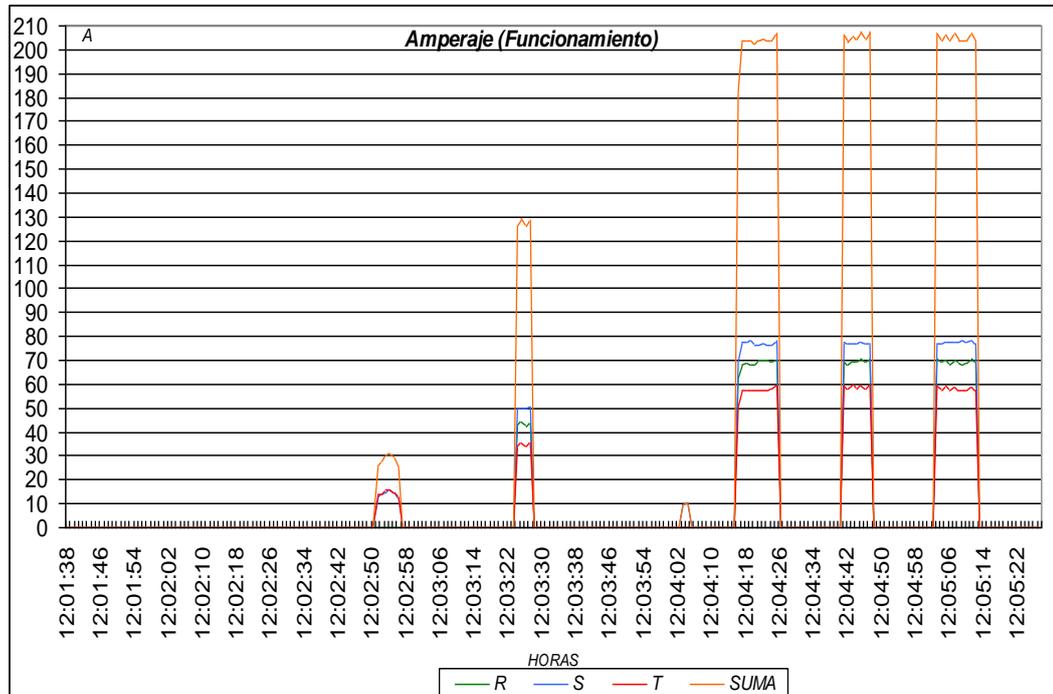


Figura 2.29 Comportamiento de la corriente temporal

### 2.10.2 FACTOR DE POTENCIA.

El comportamiento del  $\cos \phi$  depende del funcionamiento de los equipos, es decir permanece en 1 cuando se encuentran apagados, y varía su valor hasta 0,865 cuando están encendidos, como se puede verificar en la figura 2.30 y 2.31; los resultados son muy variables, debido a que los equipos de Rayos X funcionan esporádicamente.

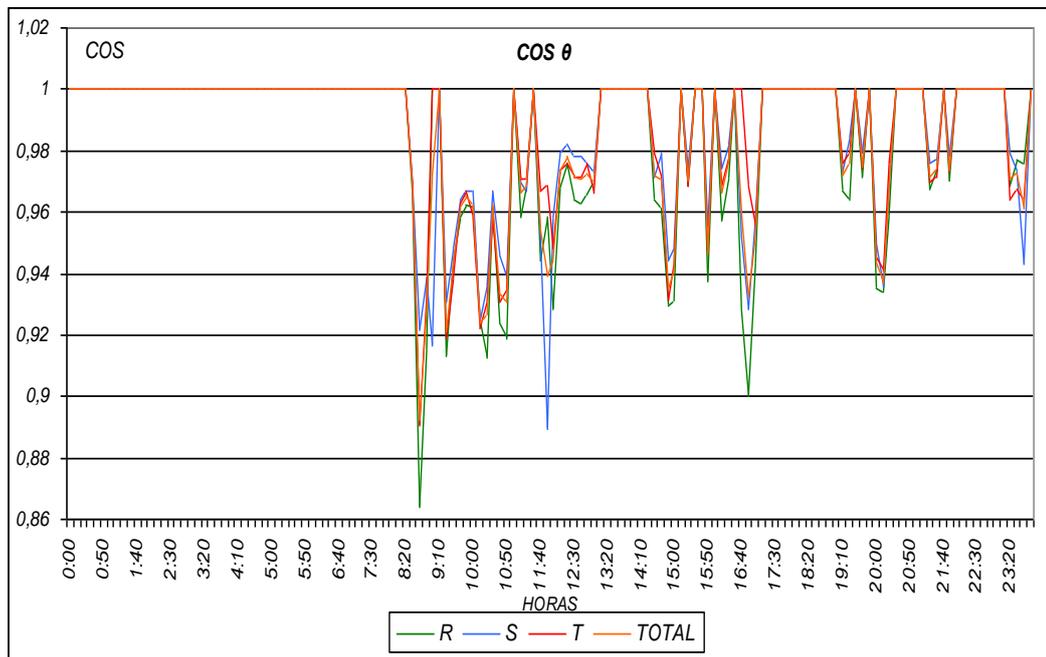


Figura 2.30 Variación del Factor de Potencia máxima a nivel de redes Rayos X

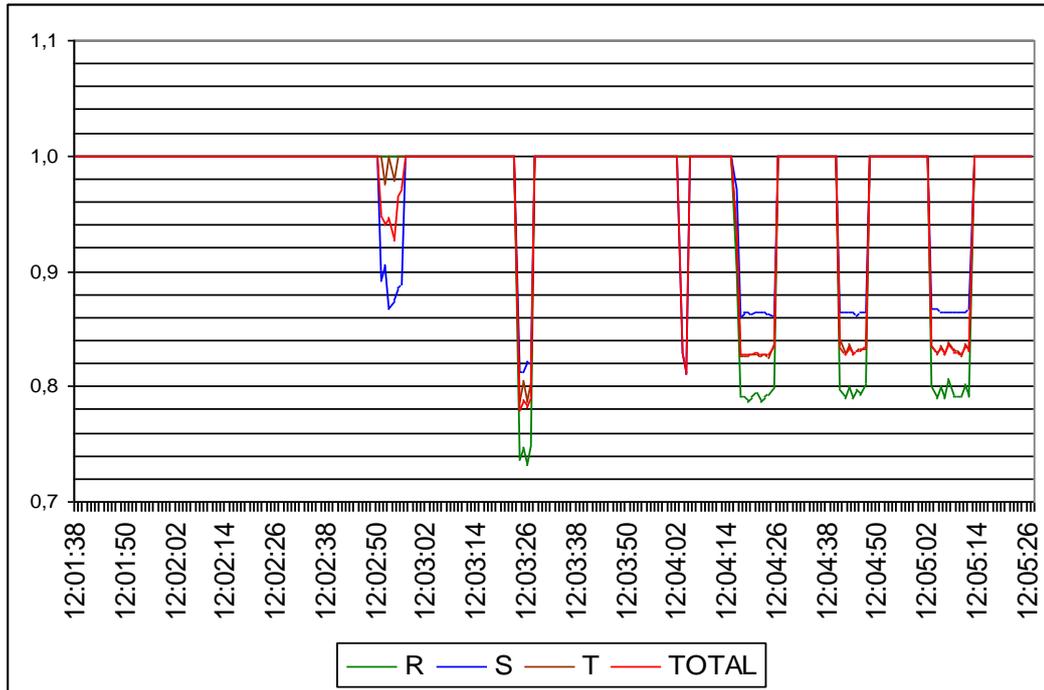


Figura 2.31 Variación del Factor de Potencia instantáneo

### 2.10.3 VOLTAJE

Los nivel de tensiones entre fases y fase-neutro, el resultado de su comportamiento se gráfica en las figuras 2.32 y 2.33



Continúa siguiente Página...

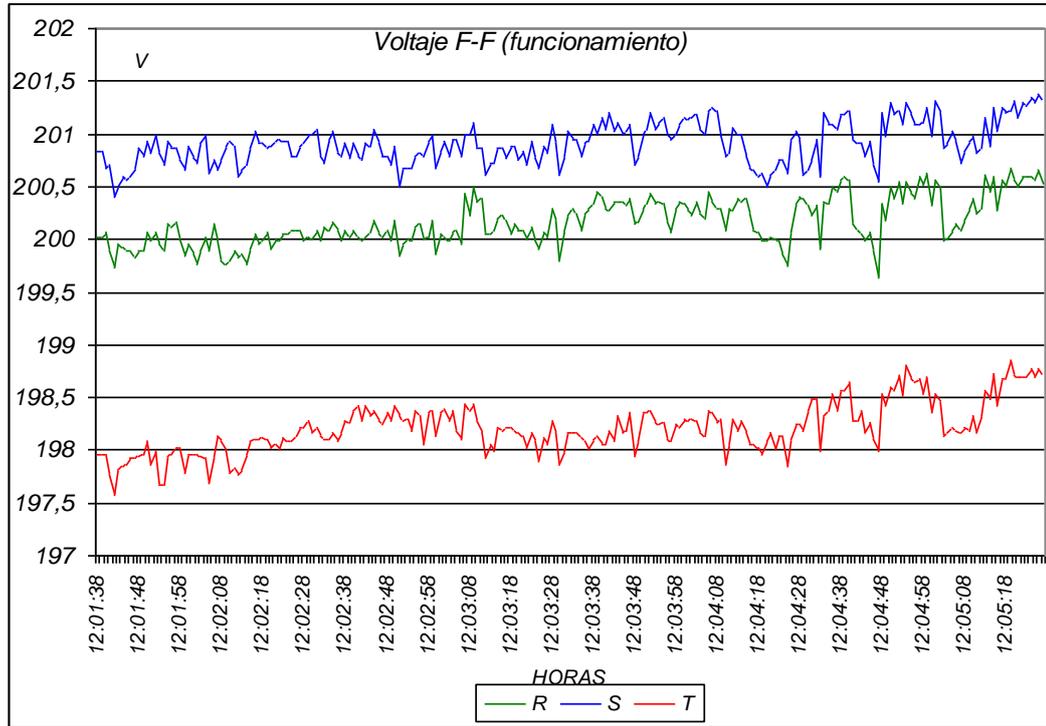
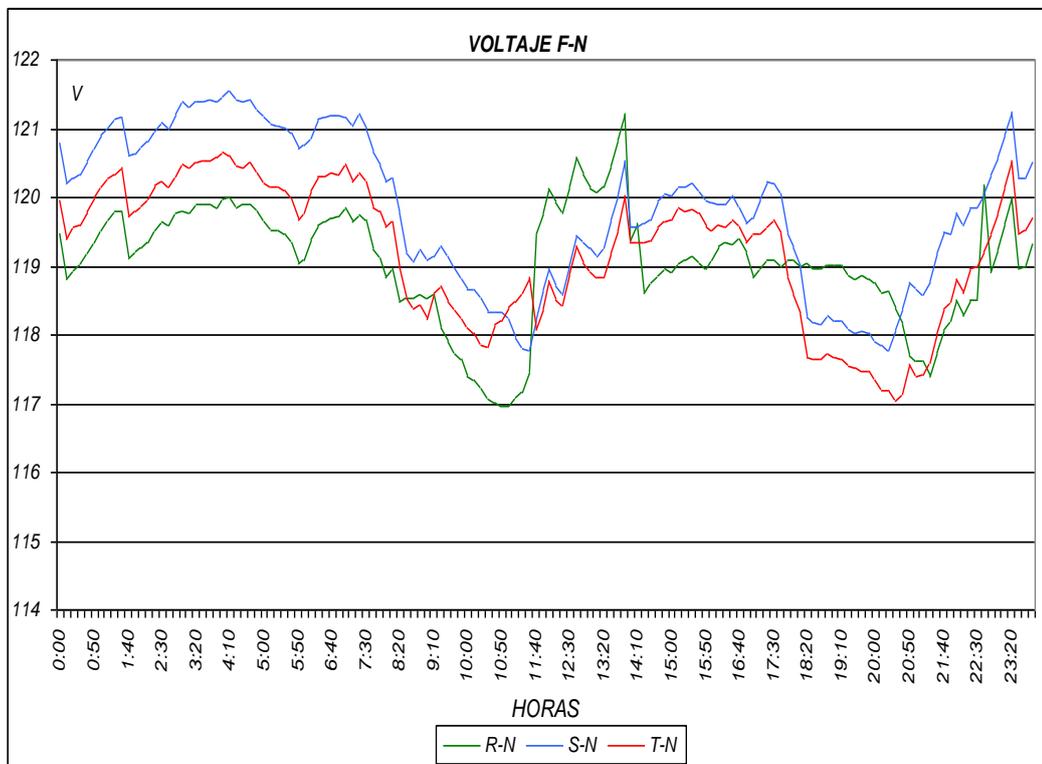


Figura 2.32. Comportamiento del voltaje máximo Fase-Fase y temporal a nivel de redes Rayos X



Continúa siguiente Página...

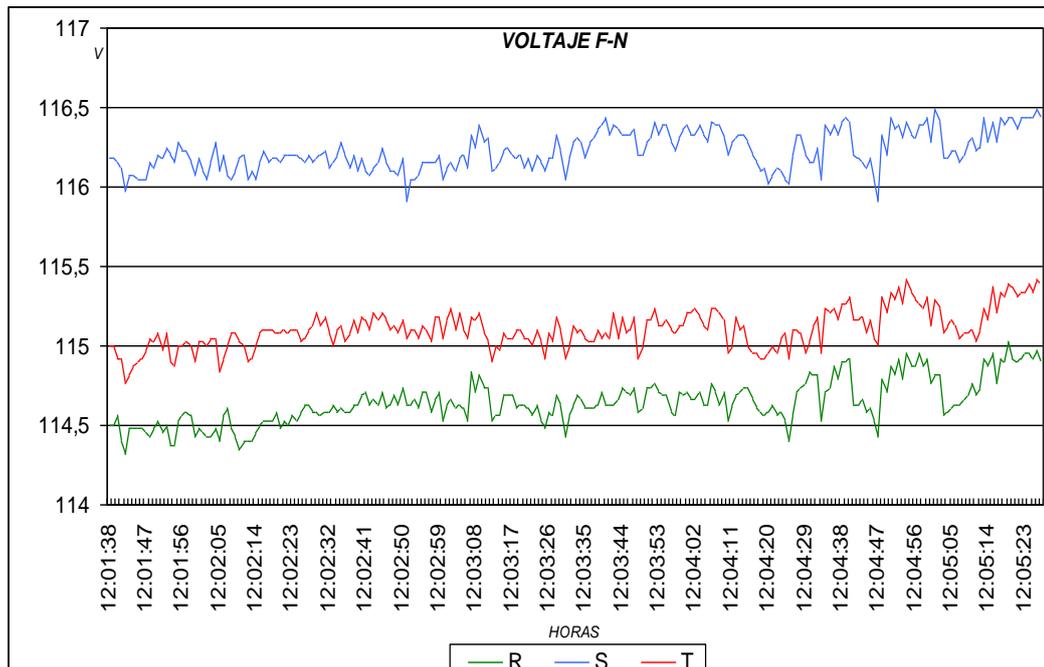


Figura 2.33 Variación del voltaje máximo Fase-Neutro e instantáneo a nivel de redes Rayos X

Analizando los resultados, se establece que existe una caída de tensión de **3,7 %** en la red cuando los equipos se encuentran trabajando.

En la tabla 2.3 se indica los valores máximos y mínimos de los diferentes parámetros eléctricos del sistema del hospital, en condiciones normales de operación de cada acometida.

CENTRO DE CARGA	VAL.	S (Kva.)	P (Kw.)	Q (Kvar.)	COS $\Phi$	U (V)	U (V-N)	I (A)
Hospital	Máx.	157,95	152,93	39,714	0,991	221,9	128,12	444,4
	Mín.	38,10	37,20	12,545	0,932	202,75	117,06	80,1
	Prom.	79,26	76,86	14,32	0,970	212,16	122,49	217,38
Rayos X	Máx.	3,95	3,17	0,431	1,000	209,89	121,55	33,9
	Mín.	0,00	0,00	0,00	0,667	192,3	110,47	0,0
	Prom.	0,118	0,094	0,0098	0,99	202,2	116,76	1,29

Tabla 2.3 Valores Máximos, Mínimos y Promedio obtenidos en las acometidas Generales y de Rayos X

## 2. 11 CARACTERISTICAS DE LA CARGA.

Para determinar las características de la carga se considera analizar el factor de demanda (FD) es la razón entre la demanda máxima (DM) y la carga conectada en un lapso de tiempo (t). El factor de demanda generalmente es menor que uno, y sólo es igual a la unidad cuando todos los aparatos conectados a la carga están a su potencia nominal (ver fórmula 2.1):

$$FD = \frac{DM}{CC} \leq 1 \quad (f 2.1)$$

Del *anexo 5* se obtiene la demanda máxima total en cada alimentador, para ello se debe considerar todas las demandas individuales de cada una de las cargas (en cada acometida).

El resultado obtenido de la carga conectada fue de **450,18 KW** para la acometida general del hospital y **12.33 KW** para los equipos de Rayos X por lo que utilizando la fórmula 2.1, es posible elaborar la tabla 2.4 con los FD calculado:

<b>Acometida</b>	<b>FD</b>
<b>Hospital.</b>	0,339
<b>Rayos X</b>	0,257

*Tabla 2.4: Factor de demanda en las acometidas general y Rayos X.*

El factor de demanda, refleja que al momento de realizar las mediciones no todas las cargas conectadas se encontraban en funcionamiento, razón por la cual resultó menor que 1.

En la tabla 2.5 muestra los diferentes tipos factores de demanda mas comúnmente usados, según el tipo de carga

TIPO DE CARGA	FACTOR DE DEMANDA	
	MIN	MAX
Bombes (regadío)	0,66	0,91
Cafeterías	0,50	0,70
Fabrica de calzado	0,41	0,53
Fabrica de cemento	0,32	0,68
Fabrica de hielo	0,60	0,77
Fabrica fertilizantes	0,61	0,70
Farmacias	0,54	0,79
Frigoríficos	0,41	0,47
<b>Hospitales</b>	<b>0,41</b>	<b>0,57</b>
Hoteles	0,47	0,59
Iglesias	0,56	***
Minas	0,53	0,73
Papeleras	0,41	0,76
Pasteurizadoras de leche	0,46	0,51
Plantas de asfalto	0,53	0,81
Refinerías de petróleo	0,34	0,72
Restaurantes	0,52	0,55
Salinas	0,76	0,63
Talleres mecánicos	0,28	0,39
Textilerías	0,38	0,56
Tienda de víveres	0,63	0,73
Tintorerías	0,50	***
Viviendas (1kw de cortocircuito)	0,50	0,50

Tabla 2.5 Factor de demanda establecidos para diseño  
**Fuente:** Proyecto Y Montaje Eléctrico De Hospitales, R Rodríguez

De la tabla 2,5 se concluye que el Factor de Demanda en la acometida general y rayos X del hospital, es bajo y no se encuentra dentro de los parámetros de diseño.

### 2.11.1 FACTOR DE CARGA.

Con la finalidad de obtener más información del sistema eléctrico del Hospital se calculó el Factor de Carga.

Se define el Factor de Carga (**FC**) como la razón entre la demanda promedio y la demanda máxima del sistema en un lapso de tiempo (t) fórmula 2.2

$$FC = \frac{DP}{DM} \leq 1 \quad (f2.2)$$

Donde:

**DP** es la demanda promedio y

**DM** es la demanda máxima.

La Demanda Promedio se define como el área bajo la curva de demanda (señalada como A en la fórmula 2.3), entre el período de la curva indicado como T

$$DP = \frac{A}{T} = \frac{1}{T} \int_1^n p(t) dt \quad (f2.3)$$

Como las mediciones se realizaron en un tiempo de 23060 minutos para la red general del hospital y de 10070 minutos para la red de rayos X, el período se tomó en minutos debido a que los intervalos de tiempo de medición fueron de cada 10 minutos.

Los resultados de la demanda promedio y el factor de carga se muestran en la tabla 2.6.

<b>ACOMETIDA</b>	<b>DP (KW)</b>	<b>FC</b>
<b>HOSPITAL.</b>	76,86	0,502
<b>RAYOS X</b>	0,094	0,029

*Tabla 2.6. Demanda Promedio y Factor de Carga en las redes del Hospital.*

Los resultados obtenidos de la tabla 2.6 para el caso de la acometida general del hospital, refleja un comportamiento similar al de instalaciones que trabajan el día en 3 jornadas laborables de 8 horas, claramente las 2 primeras jornadas (16 horas) son las que demandan mas energía, es decir, que no se tratan de instalaciones con producción industrial que requieren de un trabajo continuo (24 horas diarias); sin embargo no

sucede lo mismo para el caso de Rayos X cuyo factor refleja un bajo nivel de demanda durante periodos muy cortos de tiempo (en el disparo), debido a que los equipos ahí conectados funcionan durante el día en muy pocas ocasiones pero su demanda durante su funcionamiento es elevado.

## 2.12 CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO.

En la tabla 2.7 se indican los resultados obtenidos de las mediciones de armónicos en el lado de baja tensión de los transformadores.

Los datos arrojados por el equipo Fluke 1744, contienen los siguientes resultados:

ACOMETIDA	THD (%) V	THI (%) I	FLICKER PST	CONELEC	
				THD (%) V	PST
Hospital	2,50	19,4	0,956	5,00	1,00
Rayos X	0,29	16,5	0,938		

Tabla 2.7 Resultados de las mediciones de armónicos de voltaje y de corriente en las redes generales y Rayos X.

Se tiene que los armónicos de voltaje y de corriente se encuentran dentro de los límites recomendados por las normas internacionales y las regulaciones del CONELEC (Consejo Nacional de Electrificación; regulación no. 003/08 y 004/01) de calidad de energía, estipulados para las características del sistema menores  $\leq 69$  kV.

## 2.13 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION

Para desarrollar el diagnóstico del sistema de iluminación se realizó el levantamiento y descripción de luminarias existentes en el hospital, contabilizando y ubicando en cada uno de los pisos a las mismas, además se hizo un reconocimiento de circuitos, ya que ningún tablero del hospital se encontraba identificado previamente; para ello fue necesario el

apagado y encendido de las luminarias para registrarlos, esta situación se encontró en todos los tableros del edificio.

### **2.13.1 PROCEDIMIENTO UTILIZADO.**

Para realizar el levantamiento de luminarias, se elaboraron los planos, para ello se utilizó como recurso el programa denominado **Autodesk AutoCad**, el mismo que permite ejecutar de una manera precisa y esquemática tanto en los formatos **DWG** o **DFX**.

### **2.13.2 CARGAS DE ILUMINACION**

Con la finalidad de conocer el funcionamiento y consumo se elaboro un censo de los tipos de luminarias existentes en el hospital los que se detallan a continuación:

#### **2.13.2.1 FLUORESCENTES**

Utilizados para apliques de pared, (ver Simbología de los planos del anexo 1 como Luminaria Fluorescente tubular; 1x20W; 120V. Tubo Luz Del Día con el Interruptor colgado), con balasto magnético de alto factor de potencia a 120 V, 60 Hz. Incluye un tubo fluorescente PL TC-D de 18 W.

Además existe otro tipo de luminarias fluorescentes con balasto electrónico (señaladas en los planos del anexo 1 como Lumin. Fluorescente Tubular 1200x10 mm; 2x40 W., 120 V. con pantalla reflectora de acrílico y balastro electrónico). Incluye dos tubos fluorescentes de 120V/40W c/u. (ver figura 2.34) Cabe enfatizar que estas lámparas se encuentran en todas las áreas del edificio.



*Figura. 2.34 Luminarias con Balastro Electrónico existentes en el HIA (Lavandería)*

### **2.13.2.2 INCADESCENTES**

Utilizados en su mayoría en los baños del hospital, indicados en el anexo 1, en simbología como incandescentes de 60 w, 120 V

### **2.13.2.3 DESCARGA**

Lámparas auxiliares identificadas en simbología del anexo 1 como lámpara auxiliar 1x150w; 120v. ,

Lámparas cielíticas ver simbología de los planos del anexo 1 como lámpara cielítica 1x180w; 120v.y como lámpara cielítica 1X850w; 250V, estas luminarias las encontramos presentes en quirófanos, y posibilitan buena iluminación para éxito de las cirugías.

## **2.14 MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.**

Para realizar las mediciones de los niveles de iluminación se utilizó un luxómetro, marca **PROSKIT** modelo **MT-4007** ver figura 2.35, el equipo registra el flujo incidente de luminosidad de una superficie.



Figura 2.35 Luxómetro PROSKIT MODELO MT-4007

### CARACTERISTICAS DEL EQUIPO:

Marca: *PROSKIT*.

Modelo: *MT-4007*

Escalas: 30-30000 lux/ 30-30000 fc

Condición de humedad: Menor que el 70% R.H.

Dimensiones: 155mmx 48mmx 24mm

Peso: 300 gr.

Unidad de energía: 3 baterías DC 1,5 voltios.

### 2.14.1 PROTOCOLO DE MEDICIÓN.

En el caso de las oficinas y habitaciones se tomó la superficie de ensayo lo más cerca del plano de trabajo y descanso respectivamente y se tomaron las lecturas sobre un plano horizontal aproximadamente en 90~120 cm. sobre el suelo.

Para el caso de los pasillos y áreas grandes como: sala de conferencias, laboratorio, casa de máquinas, cocina, lavandería, etc. se tomó cierto número de lecturas con la finalidad de obtener valores medios y se obtuvo los datos en un plano horizontal de 1 a 1.3 m. sobre el suelo.

Con el fin de que las medidas sean lo más precisas con respecto a la luminosidad proveniente de la luz artificial se bajaron las persianas y cerraron las cortinas de todos los cuartos y habitaciones en los cuáles incide la luz natural.

## **2.15 PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE ILUMINACION.**

Después de efectuar todas las mediciones de los niveles de iluminación, se elaboraron las tablas con los resultados obtenidos, las mismas se encuentran en la tabla 8.1 *del anexo 8*

A continuación se analizarán los resultados de los niveles de iluminación, comparándolos con los niveles recomendados por las normas IES Code for interior lighting, Norma UNE 72151- 72162, resumidos en la Tabla 8.2. Niveles de Iluminación Recomendados del *anexo 8*

### **2.15.1 BÓDEGAS**

Para bodegas y almacenes de poca actividad se recomienda 50 a 100 lux, midiéndose en estos locales en promedio 200 luxes.

Para el caso del almacenamiento de activos de información se midió 150 a 200 luxes, se recomienda 100 a 200 lux, ubicándose estos sitios en los niveles sugeridos

### 2.15.2 BAÑOS

Para los cuartos de baños se recomienda un nivel iluminación de 100 lux. Las mediciones fueron hechas en las zonas donde las personas requieren una iluminación localizada, es decir, entre los espejos y los lavamanos.

Tras la inspección realizada, casi en la totalidad de los cuartos de baño no se encuentra luminarias. (Ver figura 2.36)



*Figura. 2.36 Ausencia de luminarias en los baños (Segundo Piso)*

### 2.15.3 CASA DE MÁQUINAS

En este tipo de Lugares se recomiendan 200 lux, pero en este sitio de trabajo solamente se ubica en los 100 lux denotándose deficiencia.

### 2.15.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y TABLEROS GENERALES.

En el centro de transformación y tableros generales, no se pudo obtener medidas porque no existen luminarias (ver figura 2.37), recomiendan 200 lux, para este tipo de áreas.



*Figura. 2.37 Ausencia de luminarias en el Centro de Transformación y Tableros Generales*

### **2.15.5 COCINA**

- La zona de comedor cuenta con un nivel alto de iluminación (350 lux), sus límites están entre los 200-250 luxes
- El área de los trabajadores encargados de cocinar cuenta con 150 lux, encontrándose fuera de los límites recomendados 300 lux.

### **2.15.6 CONSULTORIOS MÉDICOS, ENFERMERÍAS Y LABORATORIO.**

En el caso de estas zonas se consultaron en las tablas, los niveles de iluminación obtenidos son los recomendados, por ejemplo en el área de consulta externa debe tener por lo menos 200 lux de iluminación.

El laboratorio es un sitio donde se realizan trabajos de alta precisión; y el nivel de iluminación obtenido (300 lux) se lo considera aceptable ya que se encuentra entre los 250 y 350 lux que son los recomendables

### 2.15.7 ESTERILIZACIÓN

En esta área los niveles de iluminación se encuentra en los 250 lux cuando lo adecuado es de 300 luxes, debido a la mala ubicación de las luminarias (Arriba de las Autoclaves)

### 2.15.8 HABITACIONES

Las habitaciones se encuentran dentro del promedio de 200 luxes; no se pudo realizar mediciones a nivel de iluminación localizada de los pacientes porque no existen las luminarias de cabecera (apliques de pared ver figura 2.38).



*Figura. 2.38 Ausencia de luminarias (apliques de pared) en las Habitaciones*

### 2.15.9 LAVANDERÍA (Ver figura 2.39)

Para esta área los niveles recomendados son de 300 lux, los niveles obtenidos fueron de 150 lux.



*Figura. 2.39 Lavandería*

#### **2.15.10 OFICINAS**

En el caso de las oficinas el nivel de iluminación recomendado por las tablas es de 400- 600 lux, las oficinas cuentan con un nivel de iluminación mínimo promedio de 300 lux. Se recuerda que cada oficina es un caso aparte, ya que cada una de ellas cuenta con un número diferente de lámparas en iguales áreas. Una observación importante es que estas mediciones se tomaron lo más cerca del plano de trabajo a nivel de computadoras, escritorios, etc.

#### **2.15.11 PASILLOS**

Los pasillos cuentan con un nivel de iluminación que oscila entre 200 y 300 lux. El nivel de iluminación recomendado para los pasillos es de 100 a 200 lux

Cabe destacar que los pasillos que tienen menos niveles de iluminación son las llamadas áreas de espera, para las cuales se recomienda un nivel de 250 lux, ya que estas, son zonas donde las personas ejecutan actividades que requieran esfuerzo visual. Los resultados obtenidos en estas áreas fueron alrededor de los 150 y 350 lux. (Ver figura 2.40)



*Figura 2.40 Pasillo y Sala de espera*

#### **2.15.12 QUIRÓFANOS**

La iluminación general se ubicó en 200 lux, en estos sitios se recomienda 500 lux. Además se realizaron mediciones en iluminación localizada (Lámparas Cielíticas) estos valores se encuentran en los 20 000 lux, los cuales están dentro de los parámetros sugeridos.

#### **2.15.13 SALAS DE CONFERENCIAS**

Se tomó como referencia los niveles de iluminación de salones de conferencias y exposiciones, ubicados en la sección oficinas y planta baja del Edificio, el nivel recomendado son 300 lux, todas ellas cuentan con la iluminación requerida

#### **2.15.14 SALA DE RAYOS X.**

Los niveles obtenidos están dentro de lo requerido 275 lux cuando lo recomendados se ubica de 250 a 300 Lux

## CAPÍTULO 3

---

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

#### 3. PROPUESTAS PARA MEJORAR EL SISTEMA ELÉCTRICO

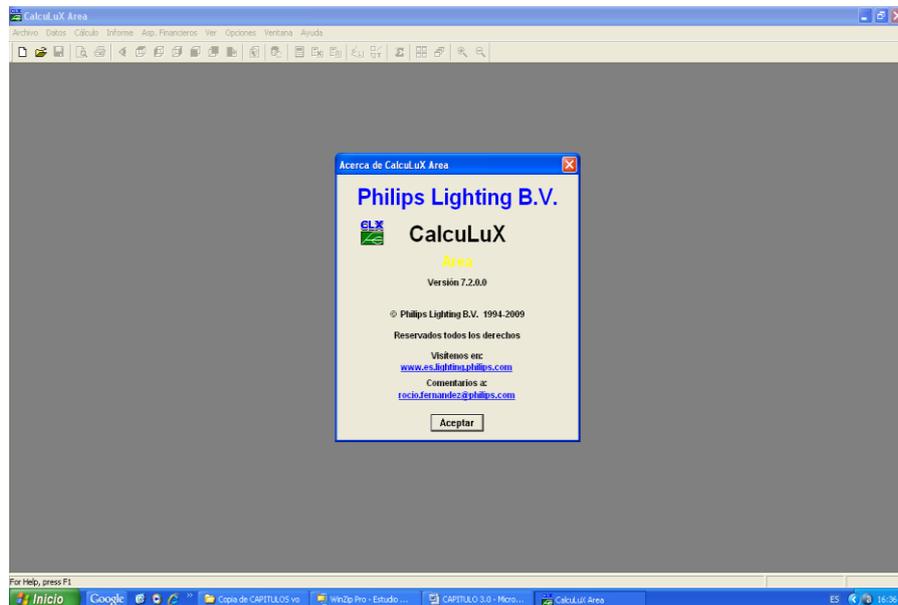
##### 3.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Cuando se proyecta instalar un sistema de iluminación, se debe tener la certeza de que los equipos seleccionados están en condiciones de proporcionar el máximo confort visual y los niveles de iluminación adecuados, ya una vez determinadas las zonas en que los niveles de iluminación son altos y bajos (ver tabla 8.1 del *anexo 8*), es posible realizar una reorganización del número de luminarias ya que las instalaciones cuentan con cielos falsos, es decir un diseño que comprenda una nueva distribución, hasta alcanzar los niveles recomendados.

Para el nuevo diseño de iluminación se tiene en consideración el tipo de servicio, dimensiones del lugar, color de paredes, techo y pisos; además de la altura de montaje de las luminarias, para realizar este trabajo con mayor eficacia se utilizó el programa de proyectos de iluminación de la empresa **Philips Lightning B.V** llamado **Calculux Area versión 7.2**.

El programa *Calculux Area versión 7.2*, es un Software que ofrece una amplia gama de opciones para el diseño, se lo puede utilizar para simular ambientes de iluminación real y analizar las instalaciones de iluminación con diferentes tipos de luminarias, hasta encontrar las mejores soluciones técnicas, financieras y estéticas.

Durante el arranque del programa figura 3.1 *Calculux Area*, se observará la siguiente ventana de presentación:



**Figura. 3.1** Entrada al software Calculux Area 7.2  
**Fuente:** Calculux Área 7.2.

Para la elaboración de un nuevo diseño de iluminación, haga clic en el menú Archivo y seleccione Nuevo Proyecto, y aparecerá en la pantalla los límites en metros tanto en el eje Y (-1200 hasta 1200) como en el X (-2000 a 2000).

Una ventaja que ofrece el programa es su compatibilidad del con el software *Autodesk AutoCad* específicamente con los formato *DWG* o *DFX*, desde la barra de menú Archivo permite tanto importar como exportar archivos de este tipo, por lo que fue de gran ayuda al transferir los planos del hospital directamente al Calculux Area, para desarrollar la tarea de reorganizar las luminarias.

Esta opción permite escoger que capas del dibujo *DWG* o *DFX* que se desea transferir, para poder trabajar específicamente en las áreas a cambiar, en la figura 3.2 se muestra la pantalla de diálogo de transferencia de los archivos de *Autodesk AutoCad* a *Calculux Área*.

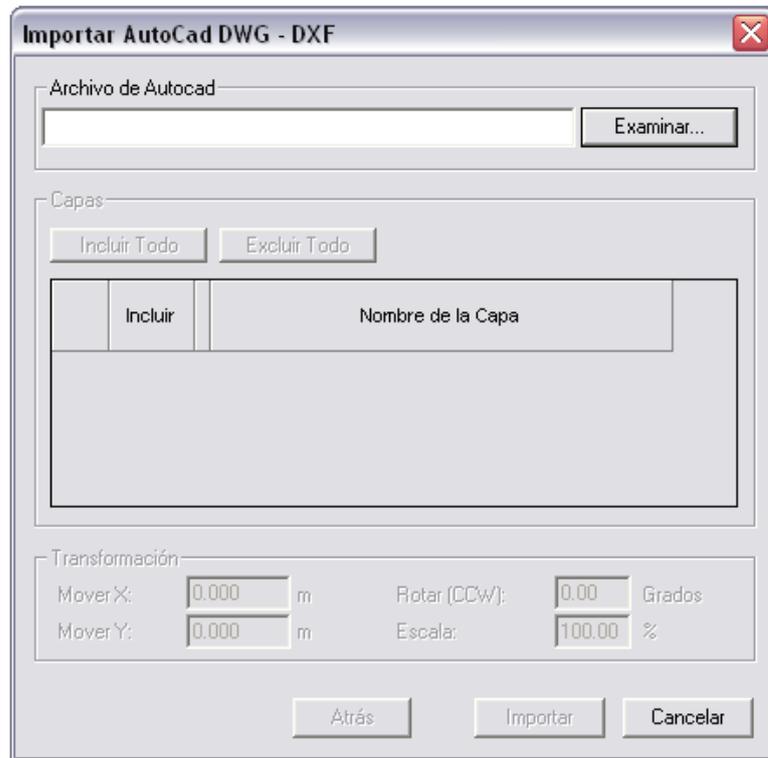


Figura. 3.2 Cuadro de diálogo transferencia desde Autocad a Calculux Área.  
**Fuente:** Calculux Área 7.2

Una vez trasladados los archivos, se procede a ingresar el tipo de iluminación requerida desde la barra menú Datos en el icono Campos de Aplicación, en ella se presenta algunos tipos de aplicación que van desde un campo de fútbol hasta el campo general que es el que se aplica en la mayoría de las áreas a tratar en el proyecto; además en el mismo menú, se ingresa los tipos de luminaria seleccionado Luminarias del Proyecto

Calculux usa luminarias de una base de datos de Philips, los formatos utilizados son **CIBSE/TM14, IES, EULUMDAT y LTLI**, adicionalmente presentan sus detalles fotométricos de cada luminaria, para escoger que lámpara más conveniente, el programa permite ingresar hasta 7 diferentes tipos de luminarias; un punto a tener en cuenta es ingresar el factor de mantenimiento tanto para la luminaria como para la lámpara.

Además se tiene la posibilidad de ubicar en los tres ejes (X, Y y Z), a las luminarias, su disponibilidad tanto individual o en grupo, observadores, y obstáculos desde el menú Datos, eligiendo los iconos correspondientes.

Para que se de inicio a la simulación, se debe dirigir en la barra menú *Cálculo*, en el icono *Mostrar Resultados*, y el programa arrojará los resultados desde diferentes perspectivas.

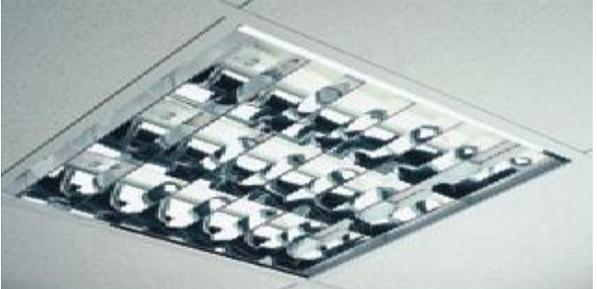
### 3.1.1 TIPOS DE LÁMPARAS Y LUMINARIAS A UTILIZAR.

Para la determinación de los tipos de lámparas y luminarias a utilizar se tuvieron en cuenta varios aspectos que tienen estrecha relación con el tipo de lugar y trabajo que ahí se realiza, Se analizaron las características de las lámparas a sugerir y se definió la altura de montaje establecida por la del cielo falso existente en el hospital.

Dentro de las características a tener en cuenta tenemos:

- Vida útil del equipo.
- Costo del equipo.
- Altura de montaje
- Área a iluminar

Valorando todos estos aspectos se eligieron para las habitaciones, pasillos, estaciones de enfermería, etc., la luminaria tipo **TMS 140-232 E/BR 2xTL-D32W/850**, con lámparas fluorescentes de **32 W**, sus detalles se describen en la tabla 3.1, el factor de mantenimiento escogido para la luminaria y la lámpara es de 0.8 y su voltaje de trabajo es de 120 V.

<b>DATOS LUMINARIA</b>			
<i>Carcasa</i>	<i>TMS 140-232</i>	<i>Datos Lámpara</i>	
<i>Difusor</i>	<i>E/BR</i>	<i>Nombre</i>	<i>TL-D32W</i>
<i>Código</i>	<i>LVW1359543</i>	<i>Nº De Lámparas</i>	<i>2x32 Watts</i>
<i>Marca</i>	<i>Philips</i>	<i>Color</i>	<i>850</i>
<i>Familia</i>	<i>TMS 140</i>	<i>Flujo (lumen)</i>	<i>3000</i>
<i>Aplicación</i>	<i>Alumbrado interior</i>	<i>Balastro</i>	<i>Electrónico &gt;0.87 F.P</i>
<b>Geometría</b>			
<i>Forma</i>	<i>rectangular</i>		
<i>Longitud</i>	<i>1,199 m</i>		
<i>Ancho</i>	<i>0,599 m</i>		
<i>Altura</i>	<i>0,1 m</i>		

*Tabla 3.1 Detalle de la luminaria seleccionada tipo TMS 140-232 E/BR 2xTL-D32W/850*

**Fuente:** Calculux Área 7.2

Para las zonas de trabajo como Casa de máquinas en el área de mantenimiento se eligió la luminaria tipo **SPK300 P4 +GPK100 A-WB 1xSON150W**, (tabla 3.2) el factor de mantenimiento seleccionado para la luminaria y la lámpara es de 0.7 y su voltaje de trabajo es de 220 V.

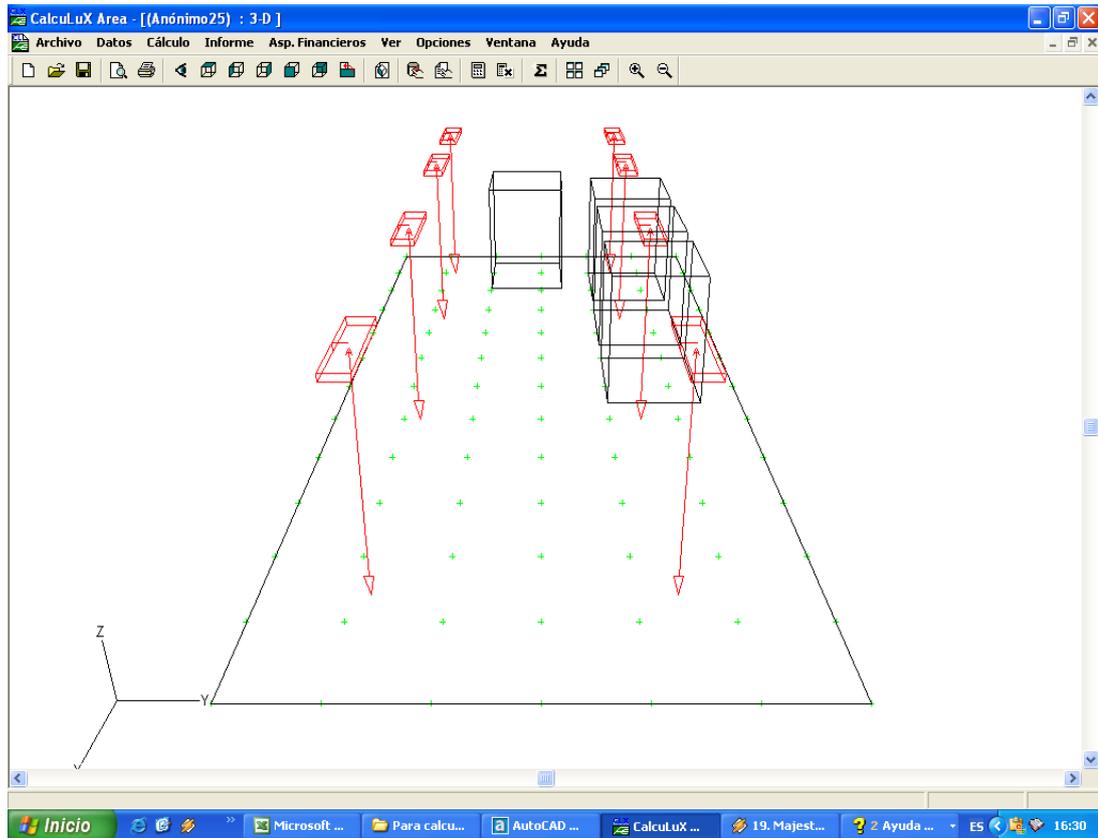
<b>DATOS LUMINARIA</b>			
<i>Carcasa</i>	<i>SPK300</i>	<b>Datos Lámpara</b>	
<i>Difusor</i>	<i>P4 +GPK100 A-WB</i>	<i>Nombre</i>	<i>SON150W</i>
<i>Código</i>	<i>LVM9719100</i>	<i>Nº De Lámparas</i>	<i>1x150Watts</i>
<i>Marca</i>	<i>Philips</i>	<i>Color</i>	<i>---</i>
<i>Familia</i>	<i>Hermes 3</i>	<i>Flujo (lumen)</i>	<i>14500</i>
<i>Aplicación</i>	<i>Alumbrado Industrial</i>	<i>Balastro</i>	<i>Standard</i>
<b>Geometría</b>			
<i>Forma</i>	<i>cilindro</i>		
<i>Diámetro</i>	<i>0,170 m</i>		
<i>Altura</i>	<i>0,157 m</i>		

Tabla 3.2 Detalle de la luminaria seleccionada tipo SPK300 P4 +GPK100 A-WB 1xSON150W.

**Fuente:** Calculux Área 7.2

### 3.1.2 REPRESENTACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO.

Desde las figuras 3.3 al 3.7, se observa las pantallas de la secuencia del análisis que se le realizó a las diferentes áreas del hospital en este ejemplo esterilización (Tercer Piso Área Central)



**Figura. 3.3 Esterilización (3º piso) Archivo tipo CLX**  
**Fuente: Calculux Area 7.2**

### **Disposición de las luminarias**

- Interdistancia promedio: 1.8 m
- Altura del punto de luz: 2.2 m
- Luminaria: carcasa TMS 140-232 difusor E/BR
- Lámpara: TL 32W

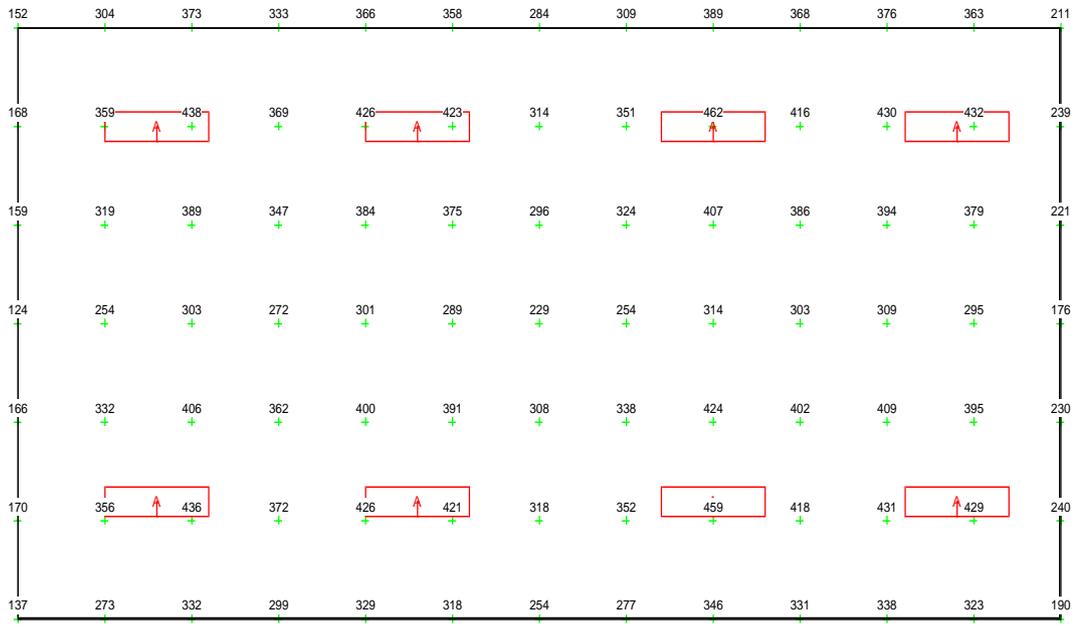


Figura. 3.4 Distribución de luxes

Fuente: Calculux Area 7.2

Emín.=124 lux

Epro= 329 lux  
lux

Emáx= 462

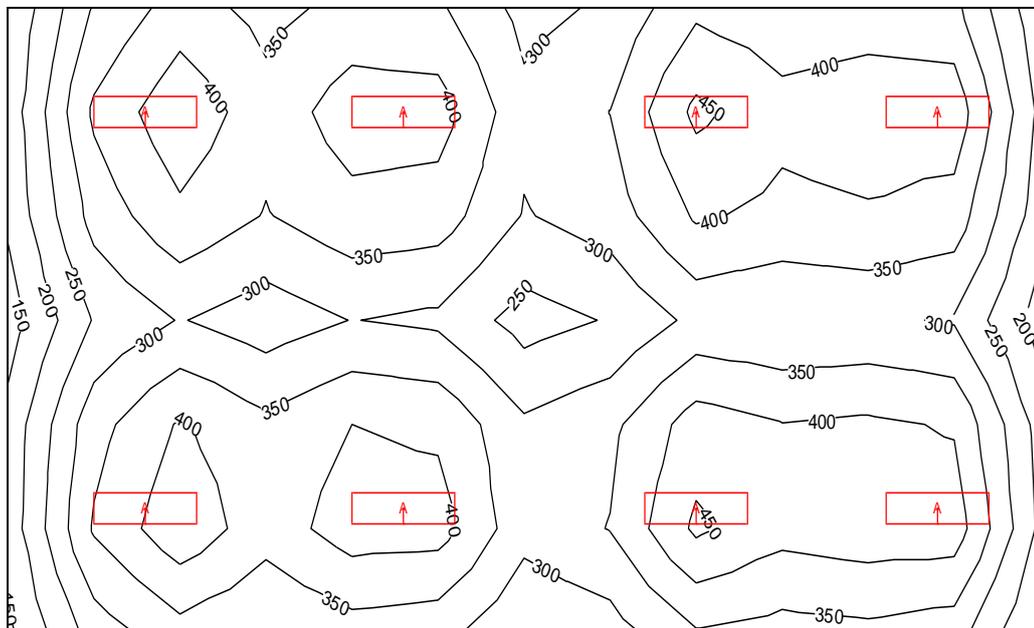


Figura. 3.5 Diagrama isolux del tramo escogido

Fuente: Calculux Área 7.2

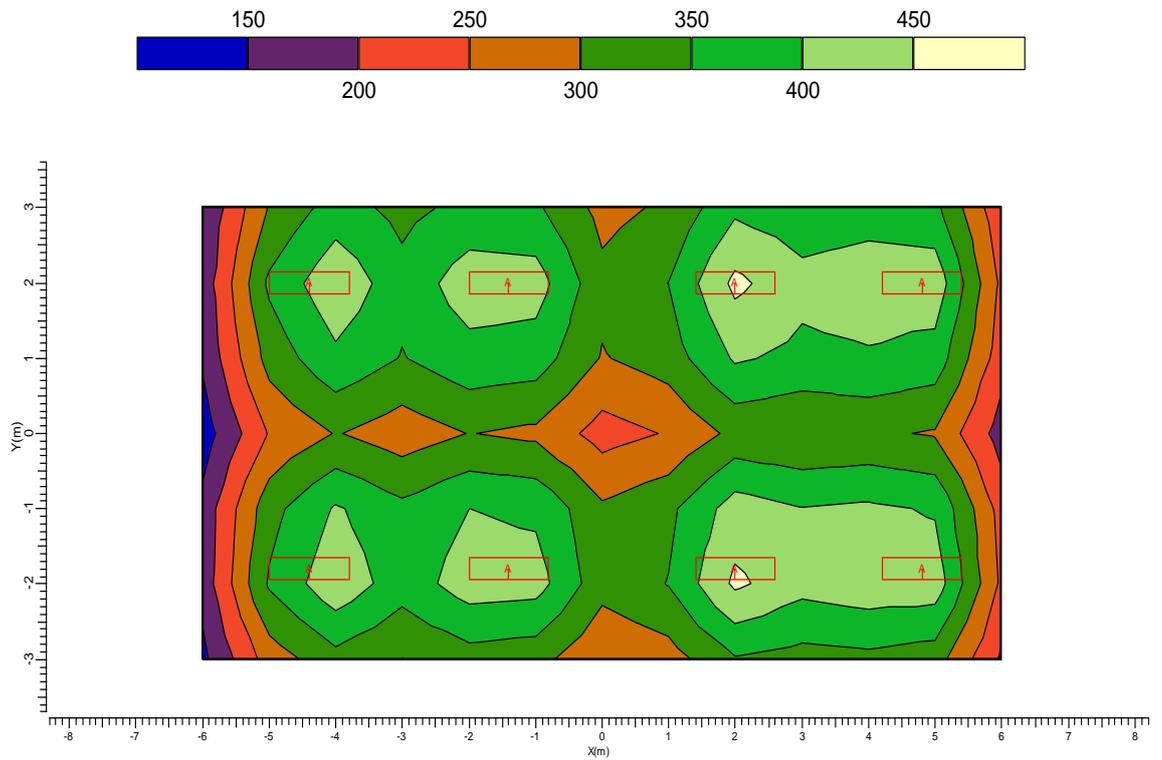


Figura. 3.6 Grafico de los niveles de iluminación en lux  
Fuente: Calculux Área 7.2

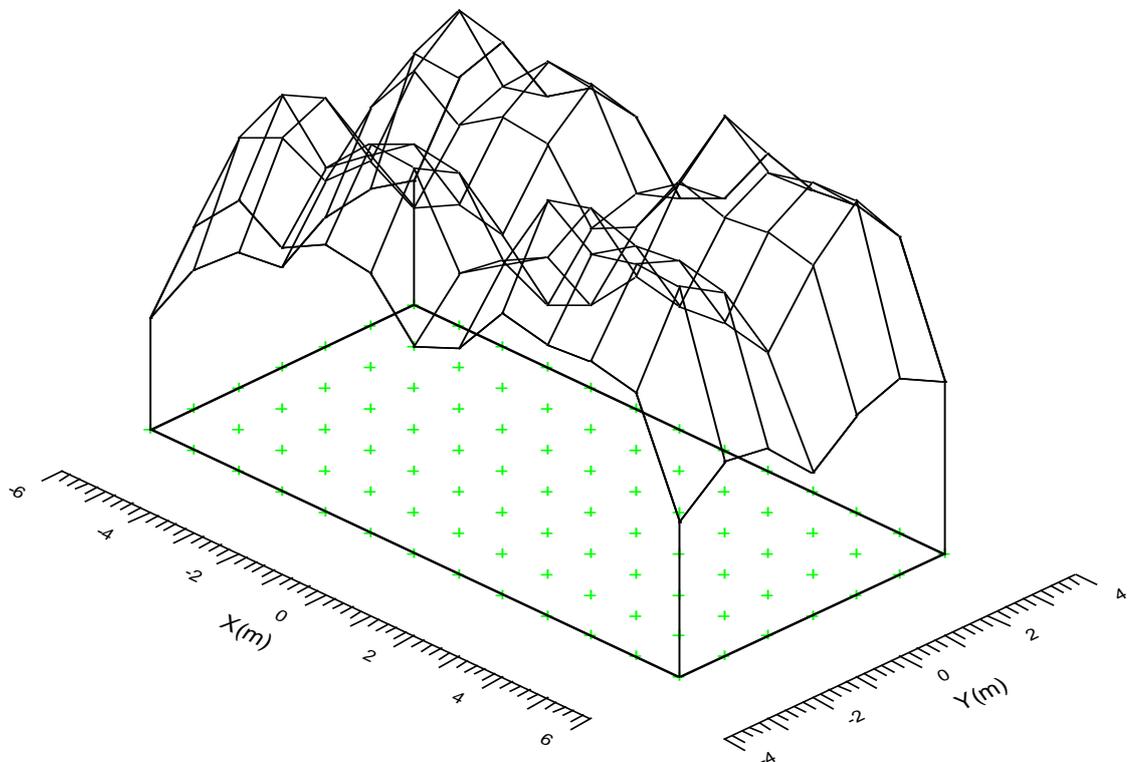


Figura. 3.7 Grafico tridimensional del montaje de las luminarias y su proyección  
Fuente: Calculux Área 7.2

Los resultados de las diferentes áreas del edificio se detallan en el *anexo 9*.

### **3.1.3 ALTERNATIVA PROPUESTA**

Para proporcionar confort y seguridad tanto a los usuarios como al personal de esta casa de salud, es necesario alcanzar los valores establecidos por las normas internacionales, si bien la carga de iluminación va a aumentar en zonas de poca iluminación, en otras va a reducirse (gran luminosidad o incluso normales), se presenta la siguiente alternativa que consiste en el cambio de luminarias de 40 W por las de **32 W** del tipo **TMS 140-232 E/BR 2xTL-D32W/850**.

Los fluorescentes pueden ser reemplazados sin ningún problema y pese a consumir 8 vatios menos, iluminan y duran igual, es decir son más eficientes, además tienen la misma longitud y se pueden instalar en el mismo socket sin la necesidad de ningún aditamento o modificación adicional, haciendo notar que se mantendrán los balastos existentes.

Adicionalmente se sugiere construir nuevos circuitos de iluminación (luces de vigilia) en los pasillos de las plantas 2, 3 y 4 del edificio; aprovechando los espacios existentes para la construcción de los mismos (figura 3.8), ya que los niveles establecidos para circulación nocturna es de 5 lux dentro de hospitales, (ver tabla 8.2 del anexo 8)

Las luces de vigilia propuestas son fluorescentes compactos de 20W que entrarían a funcionar en un tiempo estimado de 8 horas (22:00 hasta 6:00), un controlador programable será el encargado del apagado de luminarias de los pasillos, durante las horas nocturnas, y del encendido de las mismas durante en las horas laborables.

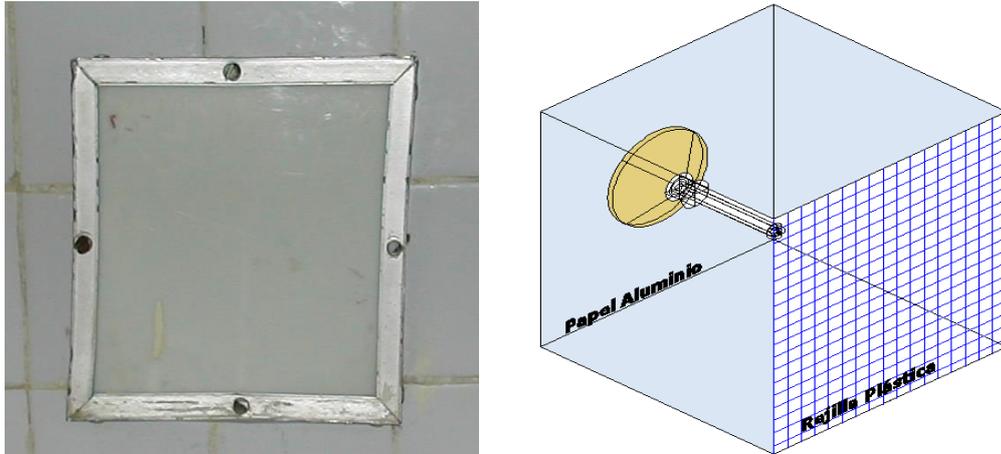


Figura 3.8 Espacio y proyección de nuevos circuitos (ubicados en los pasillos del edificio)

En el diseño, se ha fijado como una carga máxima por circuito en 2000 W, empleándose como mínimo conductor # 14 AWG a efectos de conseguir un voltaje de servicio no menor al 97% del voltaje nominal en la salida más lejana.

Los controles se efectuarán mediante el empleo de interruptores ubicados estratégicamente en los diferentes locales.

### 3.1.4 OTRAS ALTERNATIVAS.

Además se propone otras opciones, las cuales fueron investigadas, a través de catálogos que ofrecen diferentes equipos para el control de iluminación entre los cuales tenemos:

#### 3.1.4.1 sensores tecnología ultrasonica

Con el fin de reducir costos de energía, se recomienda instalar sensores ultrasónicos de movimiento, marca **BTicino modelo WI200** (ver figura 3.9), los cuales reemplazan a los interruptores normales.

Este equipo es recomendado únicamente para utilizarlo en el interior de oficinas. El sensor controlará el alumbrado basado en niveles de ocupación (sensibilidad al movimiento) y de luz ambiental, al momento de

la ocupación, las luminarias encenderán si la cantidad de luz natural es menor que el monto pre-fijado (seleccionado por el usuario). Una vez encendidas, las luces se apagarán luego de que el espacio haya sido desocupado. La cobertura o alcance que tiene este aparato, así como también otras características técnicas, son mostradas en el *anexo 10*, donde se presenta el patrón de cobertura del equipo para detectar ocupación.



*Figura 3.9: Interruptor de pared estilo decorador BTicino WI 200.*

Otros sensores ultrasónicos de ocupación recomendados para ubicarlos en cuartos de baños, salas de conferencias, corredores u oficinas divididas, son los detectores Watt Stopper BTicino modelo W-500 A (figura 3.10), ya que son capaces de detectar movimiento en su área de alcance.



*Figura 3.10 Sensor ultrasónico de ocupación Marca Watt Stopper BTicino modelo W-500 A*

El sensor apagará las luces de forma automática una vez transcurrido el tiempo de apagado seleccionado por el usuario. Estos sensores permiten de igual forma, ajustar la sensibilidad de detección, adaptándose así a cada necesidad.

Los sensores están disponibles en modelos que cubren desde menos de 27 hasta 111 m<sup>2</sup>. En el *anexo 10* se puede detallar el patrón de cobertura de este tipo de sensor sugerido.

Este control sugerido traerá ahorros por concepto de consumo de energía, con la diferencia que este equipo estará sujeto a la ocupación de las áreas donde se disponga de ellos, lo que en algunos casos podría traer más ahorro por consumo de energía.

#### **3.1.4.2 SENSORES DE TECNOLOGIA RAYOS INFRARROJOS PASIVOS (PIR)**

Otro sensor propuesto es el detector de ocupación de tecnología PIR Marca Watt Stopper BTicino modelo *CI-200-1* (ver figura 3.11), se caracterizan por presentar un campo de detección de 360°, para ser instalado en techo, se sugiere utilizarlos en las habitaciones de los pacientes.

Encienden la luz cuando una persona ingresa en el área de cobertura y la apagan automáticamente una vez desocupada ésta, el tiempo de apagado automático de las luces es ajustable de 15 segundos a 30 minutos y transcurre a partir de la última detección.

Los detectores CI-200-1 cuentan con un nivel de luz integrado (fotocelda), siendo muy útil en lugares donde se tiene un nivel de luz natural adecuada para trabajar.

Con la fotocelda podemos mantener apagadas las luces de algún área si la luz natural que se tiene es adecuada. Al integrar el nivel de luz a un sensor, éste mantiene las luces apagadas mientras el nivel de luz natural sea adecuado, sin importar si el área está ocupada o vacante. Cuando el nivel de luz natural es bajo, el sensor enciende las luces dependiendo de la ocupación del área. Las características técnicas de este sensor, son mostradas en el *anexo 10*



*Figura 3.11 Sensor de ocupación de tecnología PIR Marca Watt Stopper BTicino modelo CI-200-1*

### 3.1.4.3 SENSORES TECNOLOGIA DUAL

Otros sensores sugeridos son los de tecnología dual (ver figura 3.12). Su principio de verificación dual de detección elimina prácticamente las falsas actividades. Estos dispositivos son recomendables cuando un detector de tecnología simple pudiera presentar falsas detecciones, siendo ejemplos de aplicación zonas como: cocina, salones de clases, áreas de mantenimiento



*Figura 3.12: Sensor de ocupación de tecnología dual Marca Watt Stopper BTicino modelo DT 200*

El control enciende las luminarias cuando ambas tecnologías (Tecnología PIR y de ultrasonido) detectan ocupación. A continuación se mantendrán encendidas si hay detección por parte de cualquiera de las dos tecnologías. Las luces se apagan luego que el área controlada ha quedado desocupada por un período de tiempo predeterminado de tiempo. Se dispone de otras opciones de controles que necesiten de una sola tecnología para activar o para mantener el alumbrado encendido. Este modelo cuenta con un sensor de nivel de luz que mantiene apagadas secciones del alumbrado cuando la luz ambiente es adecuada.

#### 3.1.4.4 REGISTRADOR DE ILUMINACIÓN

Para obtener el potencial de ahorro energético de los controles de iluminación expresados anteriormente, se recomienda la adquisición de un registrador de iluminación y ocupación **INTELITIMER Modelo Pro IT-200-PC** (ver figura 3.13) el cual registra el tiempo durante el cual el espacio está ocupado y desocupado y el tiempo en que las luces de espacio están encendidas y apagadas.



*Figura 3.13 Registrador de iluminación y ocupación Intelitimer Modelo Pro IT-200-PC*

El equipo está diseñado para ser instalado rápidamente y sin cables, se engancha de un panel del techo o se asegura a una superficie con soportes de fábrica, eliminando así costos de mano de obra y suministrando portabilidad. Luego de una sesión de registro, el modelo Pro IT-200-PC se conecta a una computadora para extraer la información.

La información que se extrae incluye las horas en que la luz estuvo prendida y apagada y las que el espacio del edificio estuvo ocupado o vacío. Cada IntelliTimer viene con un programa que permite visualizar los resultados en ambiente Windows.

Este analiza la información recogida y la muestra a través de un informe de análisis, así como de gráficas donde aparecen los períodos de encendido/apagado y ocupado/desocupado. (Figura 3.14)

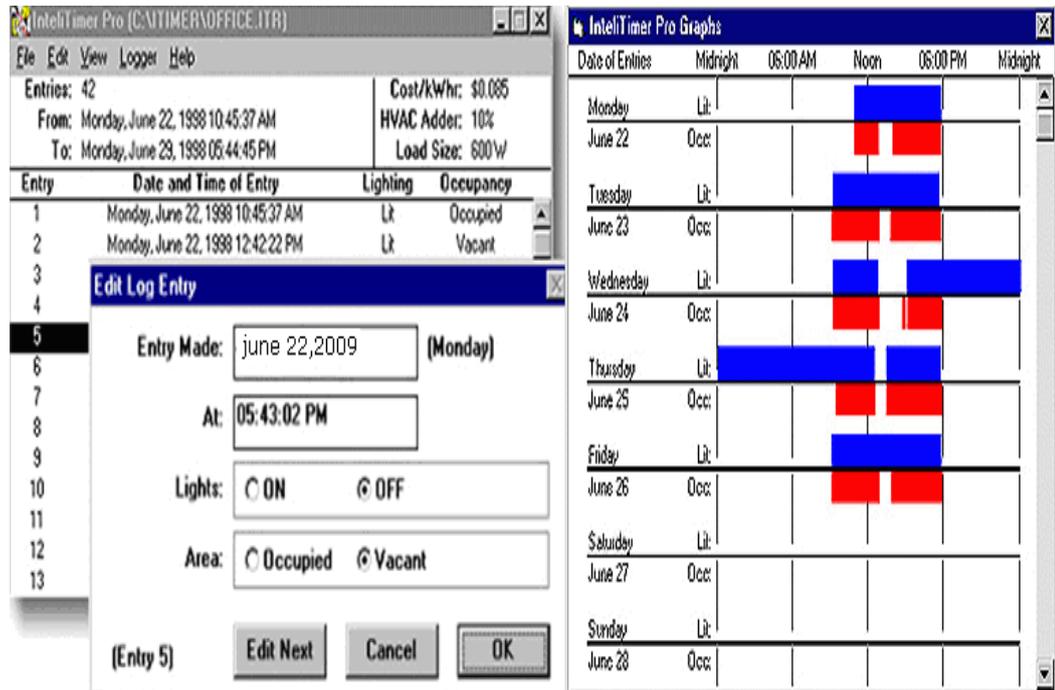


Figura 3.14 Cuadro de revisión y Gráfica de de periodos de iluminación y movimiento

Fuente: software IntelliTimer

En el *anexo 10* se exponen características adicionales de este equipo, se propone al Hospital, adquirir este registrador de iluminación, de esta manera se podría obtener información importante para obtener ahorro por consumo de energía, el cual es el objetivo principal de este trabajo.

Además en el *anexo 11* se presenta un plan piloto de control de iluminación para el area de clínica ubicado en el cuarto piso ala sur del edificio.

### 3.2 SISTEMA DE FUERZA.

Las diferentes soluciones y medidas a implantar se han basado en un análisis integral que se corresponde con las características específicas

del consumidor, es por ello que se hace necesario partir de esas características de operación, explotación de procesos, equipos y el conocimiento de los factores que inciden en los sobreconsumos y pérdidas de energía; con vista a su eliminación.

Las medidas propuestas van encaminadas al ahorro de energía, se busca el mejoramiento del sistema actual y además que sea funcional y seguro, iniciando el rediseño con el levantamiento unifilar existente en la edificación:

### **3.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR PROPUESTO**

El presente estudio, contribuye con el diagrama unifilar actual de las instalaciones eléctricas del hospital (*anexo 1*), con la finalidad de conocer con exactitud las cargas existentes, los índices de consumo, el nivel de protección, dimensionamiento correcto de los circuitos y además de proporcionar ayuda al personal de mantenimiento para la ubicación rápida y adecuada de los circuitos.

Al obtener el diagrama unifilar, se esta en capacidad de elaborar un nuevo diseño (*ver anexo 12*) considerando y aplicando normas del Código Eléctrico Nacional

### **3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS CIRCUITOS Y CAMBIO DE CENTROS DE CARGA AL SISTEMA ELÉCTRICO DE EMERGENCIA**

Estas propuestas fueron realizadas conjuntamente con cada jefe de área, como se resumen a continuación:

- Área *Laboratorio* sugirió la necesidad de reubicar sus circuitos de fuerza.

- *Área de Fisiatría* se requiere la ubicación de un nuevo centro de carga trifásico de 20 circuitos para mitigar la carga del tablero T1-2
- El cambio hacia la red de emergencia el tablero T3-4 del área de *Diálisis*
- Ubicación de Tableros-estabilizadores de Voltaje en áreas de intervención *quirúrgica*.
- Área de central telefónica la ubicación de un centro de carga de 20 circuitos para reducir pérdidas por caída de tensión en el área.
- *Área de lavandería* la reconstrucción total de los circuitos.

### **3.2.3 REDISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LOS CENTROS DE CARGA.**

Con el fin de balancear las cargas en el hospital, y establecida la nueva potencia destinada a iluminación, se presenta como alternativa su redistribución en los tableros, además se independiza circuitos de iluminación de los de fuerza.

La distribución de cargas en el hospital, presenta características muy particulares entre las cuales se distinguen: múltiples conexiones (trifásicas, bifásicas y monofásicas), y de distinta naturaleza, fijas, móviles etc.

El equilibrio de las cargas se lo realizan para evitar picos máximos de consumo, y sobre todo en horarios de demanda máxima 9:00 a 11:00 y de penalización 18:00 a 22:00 (tarifa AS-D).

En la realización del balance de carga, se consideran los factores de demanda, y potencia eléctrica de los equipos, de estos depende la capacidad del sistema, se ha llegado a la conclusión que tratándose de un Hospital, se toma como factores de demanda de diseño los valores de la Tabla 3.3:

<b>CIRCUITOS</b>	<b>FD<sup>1</sup></b>
<b>Iluminación</b>	0,8 a 1
<b>Fuerza monofásicos</b>	0,4 a 0,9
<b>Fuerza bifásicos y trifásicos</b>	1,0

<sup>1</sup> Factor de Demanda de Diseño

Tabla 3.3 Factores de demanda por circuitos

El balance de las cargas por fase se lo realiza dividiendo, en caso de cargas bifásicas, la potencia entre 2, y en el caso de las monofásicas se equilibra por cada fase hasta alcanzar un porcentaje de desbalance menor al **15 %** cuyos detalles se encuentran en el *anexo 13*; la tabla 3.4 muestra el resumen del balance de cargas:

<b>TABLEROS</b>	<b>FASES (KVA )</b>		
	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
<b>TA</b>	40,87	39,34	39,44
<b>TB</b>	38,94	37,29	38,77
<b>TEA</b>	31,66	31,52	30,89
<b>TEB</b>	20,03	22,24	21,62
<b>TEC</b>	74,38	72,91	75,65
<b>TOTAL (FASES)</b>	<b>205,88</b>	<b>203,31</b>	<b>206,37</b>
<b>DESBALANCE</b>	<b>1,48%</b>		

Tabla 3.4 Resumen del Balance de Cargas por fases

### 3.2.4 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

Para la determinación de la demanda eléctrica total se procedió de la siguiente manera:

Determinado el factor de carga o coeficiente de carga (CC) igual a **0,502** y aplicando por diseño un Factor de Coincidencia (FC) igual a **0,85** se procedió a elaborar la tabla 3.5 basándose en los resultados de la tabla 3.4:

CENTRO DE CARGA	FASES (KVA )			FC <sup>1</sup> *CC <sup>2</sup>
	R	S	T	
HOSPITAL TG	205,88	203,31	206,37	0,427
DEMANDA MÁX FASES	87,91	86,81	88,12	
DEMANDA MAXIMA TOTAL	262,84			

<sup>1</sup>FC=Factor de Coincidencia  
<sup>2</sup>CC=Coeficiente de carga

Tabla 3.5 Demanda Máxima Total Proyectada

La demanda máxima eléctrica proyectada se encuentra alrededor de 263 KVA,

Además se consultó la demanda máxima registrada del medidor del hospital que es de 163,76 KVA que corresponde al mes de agosto de 2009 y proyectando a 15 años con una tasa de crecimiento anual del 3% se determina una demanda máxima de **255 KVA**.

Por lo que la demanda proyectada asumida por el mismo transformador que actualmente está operando (300 KVA ECUATRANS)

### 3.2.5 SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

El calibre de los conductores se seleccionó, para cada lugar en específico, teniendo en cuenta dos comprobaciones fundamentales:

#### 3.2.5.1 SELECCIÓN DE LOS CALIBRES POR CORRIENTE

En función del aislamiento del conductor, que es afectado por el calor a causa de las pérdidas por efecto Joule provocado por la circulación de corriente. Para selección de los calibres de los conductores por calentamiento se determina la corriente de la carga a alimentar, de esta manera se obtiene la sección estándar correspondiente a la corriente inmediata superior

Los consumos totales de las diferentes áreas del hospital se detallan en el *anexo 13*

### 3.2.5.2 COMPROBACION DE LOS CALIBRES POR CAIDA DE TENSION

Este es uno de los índices principales de la calidad de la energía eléctrica, porque los conductores que la transportan a los receptores ocurren caídas de tensión desde su tablero de distribución para el punto más desfavorable, estas no deben exceder el 3 % de la tensión nominal según la sección 215, artículo 215-2 del Código Eléctrico Ecuatoriano

Una vez seleccionados los conductores, se comprueba la caída de tensión en el punto más lejano, que es el tablero T. Guardianía Sur ubicado a 150 m aproximadamente es de 2,99 % (*anexo 13*).

Calculando en la intensidad nominal, definida en la fórmula 3.1 y 3,2:

$$I_n = \frac{PN}{VN \times \text{COS}\Phi} \quad (f3.1) \text{ Sistema monofásico}$$

$$I_n = \frac{PN}{\sqrt{3} \times VN \times \text{COS}\Phi \times \eta} \quad (f3.2) \text{ Sistema trifásico}$$

Donde:

PN= potencia activa, watios

VN= Tensión del sistema, Voltios

n= Rendimiento

Cos  $\Phi$  = Factor de potencia,

El porcentaje de caída de tensión se define, en la fórmula 3.3

$$\Delta V = \frac{\rho \times L}{A} \times I_n \quad (f3.3)$$

$\Delta U$ = caída de tensión, en porcentaje

$\rho$ = constante para calculo de caída de tensión, en  $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{m}$

L= longitud del conductor, en metros

A= sección del conductor; en  $\text{mm}^2$

$I_n$ = Intensidad nominal, en amperios

### 3.2.6 CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Cortocircuito<sup>1</sup> es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla.

La finalidad del cálculo de la corriente de cortocircuito es determinar las características de los componentes que deberán soportar o interrumpir la corriente de falla, la cual determina:

- La capacidad interruptiva de los interruptores automáticos y
- Capacidad de cierre del interruptor

Para llevar a cabo este cálculo de corriente de cortocircuito, se usó el software *SPARD mp DISTRIBUTION*®, facilitado por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A, *SPARD* es una herramienta para el análisis de sistemas de distribución, y visualiza los elementos de la red eléctrica, y cualquier elemento de una base de datos de las redes reales

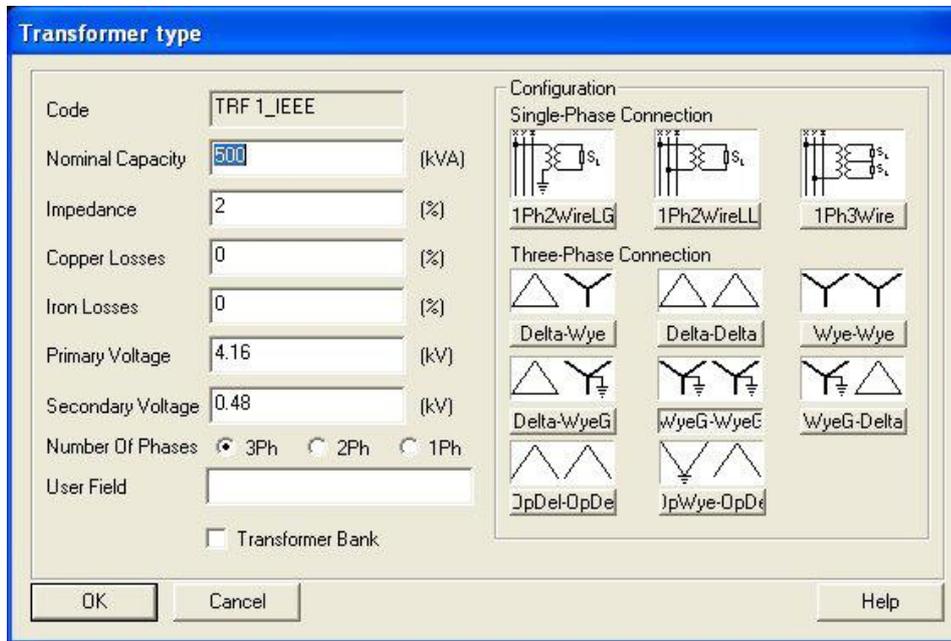
Con el fin de hacer obtener las intensidades de cortocircuito en el alimentador Hospital, se realizó la simulación teniendo en cuenta:

- Datos de la subestación “*Obrapía*”: voltaje principal,
- Datos de Barras de la subestación: voltaje, intensidad, capacidad de cortocircuito monofásica y trifásica.
- Alimentadores: Corriente nominal, carga a alimentar, longitud y números de fases, factores de carga, de pérdidas, de demanda y de coincidencia

---

<sup>1</sup> **Fuente:** “Desarrollo de un Software para estudios de cortocircuito en sistemas eléctricos comerciales e Industriales”

- Transformador: tipo de conexión e impedancia y los niveles de tensión ver figura 3.15



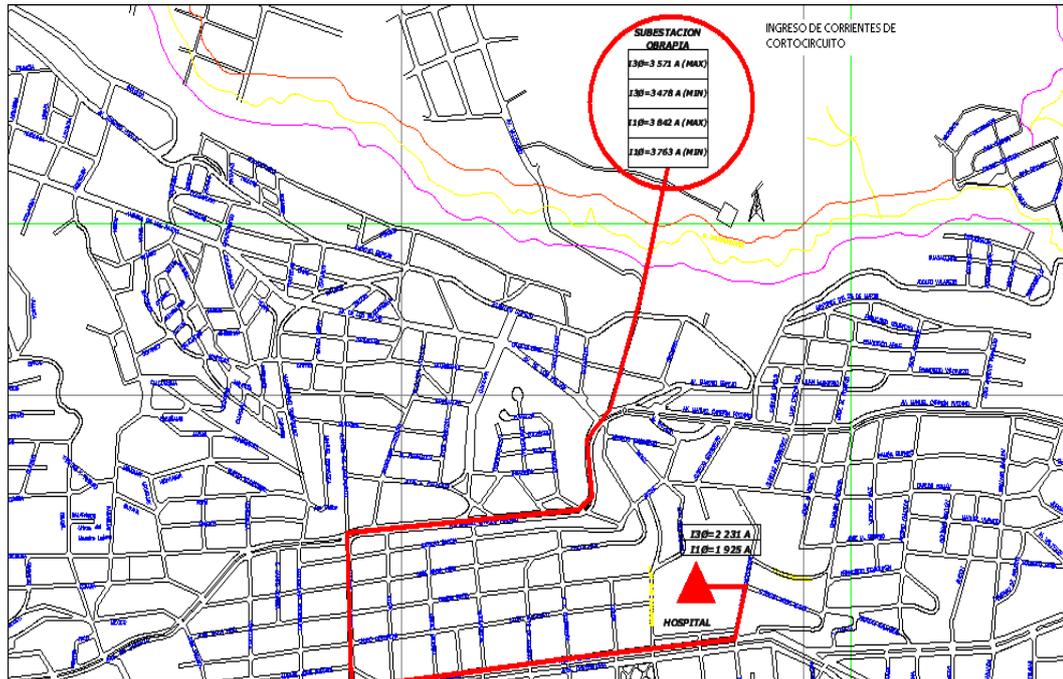
*Figura 3.15 Pantalla de dialogo para el ingreso de datos del Transformador Trifásico de 300KVA, a 13,2/0.22 KV, conexión Dyn5 impedancia 1.86%*

*Fuente: Software Spard Mp Distribution*

Para el inicio de la simulación se ingresa las siguientes corrientes de cortocircuito (ver figura 3.16) en las barras de la subestación:

**$I_{cc3\phi} = 3571 \text{ A}$** , corriente de cortocircuito trifásica (Máxima Demanda)

**$I_{cc1\phi} = 3571 \text{ A}$** , corriente de cortocircuito monofásica (Máxima Demanda)

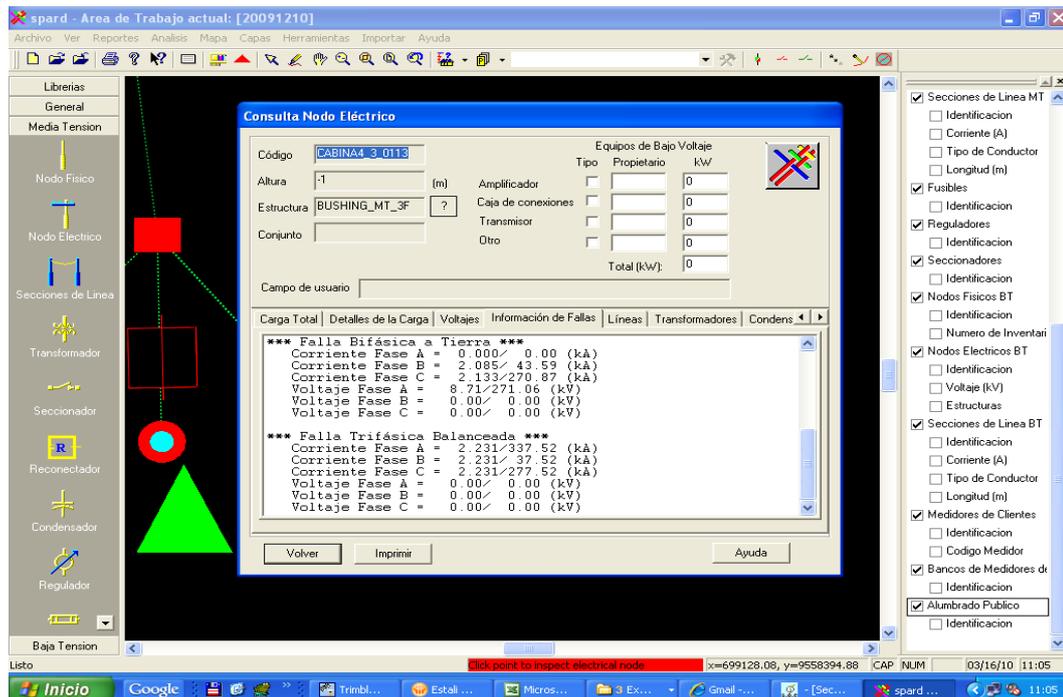


*Figura 3.16 Ingreso de Corrientes de Cortocircuito monofásica y trifásica en las barras de la Subestación Obrapía*  
**Fuente:** Software Spard Mp Distribution

Una vez ingresados los datos se inicia la simulación (ver figura 3.17), seleccionando los resultados del alimentador *Hospital*, obteniendo las siguientes intensidades:

**$I_{cc3\phi} = 2231 \text{ A}$** , corriente de cortocircuito trifásica alimentador *Hospital*

**$I_{cc1\phi} = 1925 \text{ A}$** , corriente de cortocircuito monofásico alimentador *Hospital*



**Figura 3.17 Simulación de Corrientes de Cortocircuito monofásica y trifásica a nivel de 13.8 KV Desde la Subestación Obrapía**  
**Fuente:** software Spard mp Distribution

Una vez obtenidos las intensidades de cortocircuito en el alimentador hospital, se procede a realizar los cálculos para obtener las *corrientes de cortocircuito a nivel de baja tensión*, considerando a estas como aceptables para la acometida de la red general ya que el *Tablero General T.G* de distribución se encuentra a tres metros de la cabina de transformación.

La impedancia base, se define por la siguiente formula 3.4:

$$Z_{BASE} = \frac{KV^2}{MVA} \quad (f3.4)$$

$$Z_{BASE} = 0,16133333 \Omega$$

Donde:

$KV = 0,22$  Tensión nominal

$MVA = 0,3$  Potencia Nominal del transformador

A continuación se procede a calcular la Intensidad base definida en la formula 3.5:

$$I_{BASE} = \frac{V_{BASE}}{Z_{BASE}} \quad (f3.5)$$

$$I_{BASE} = 1363,63636A$$

Con los datos proporcionados por la E.E.R.S.S.A se procede a calcular las intensidades por unidad determinados en la siguiente expresión:

$$I_{PU} = \frac{I_{cc}}{I_{BASE}} \quad (f3.6)$$

$$I_{3\Phi PU} = 1,63606667 Pu$$

$$I_{1\Phi PU} = 1,41166667 Pu$$

Para obtener resultados equivalentes en baja tensión, se procede a trasladar las intensidades por unidad teniendo en cuenta su relación de transformación 13800/220 V.

Resultados en baja tensión:  $I_{3\Phi PU} = 102,626 Pu$

$$I_{1\Phi PU} = 88,55 Pu$$

Las impedancias por unidad se definen con la formula 3.7, donde se considera 1 el valor de voltaje por unidad ( $V_{PU}$ )

$$Z_{PU} = \frac{V_{PU}}{I_{PU}} \quad (f3.7)$$

$$Z_{3\Phi PU} = 0,00974412 \cong X_{3\Phi PU} (R \approx 0)$$

$$Z_{1\Phi PU} = 0,01129305 \cong X_{1\Phi PU} (R \approx 0)$$

La impedancia por unidad total es el resultado de sumar las impedancias por unidad del sistema y del transformador (1,86% datos nominales del transformador)

$$Z_{TPU} = Z_{PU} + Z_{TRANSFORMADOR} \quad (f3.8)$$

$$Z_{3\Phi TPU} = 0,02834412$$

$$Z_{1\Phi TPU} = 0,02989305$$

La intensidad trifásica por unidad total es:

$$I_{3\Phi TPU} = 35,2806868$$

$$I_{1\Phi TPU} = 33,4525865$$

De la formula 3.6, se calcula la intensidad de cortocircuito tanto monofásica como trifásica en baja tensión:

$$I_{3\Phi CC} = 48110,0273 \text{ A}$$

$$I_{1\Phi CC} = 45617,1633 \text{ A}$$

### 3.2.7 PUESTAS A TIERRA

Un hospital es un lugar donde el riesgo de accidente eléctrico, es elevado; para evitar estos peligros se hace necesaria la instalación de puesta a tierra, con el fin de proteger tanto al personal como a los pacientes.

Los requisitos de un sistema de puesta a tierra según el código eléctrico Nacional en su sección 250-1 describen:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Presentar mínima variación de la resistencia debida a cambios ambientales.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.

- Tener suficiente capacidad de conducción y disipación de corrientes de falla.
- Evitar ruidos eléctricos.
- Ser resistente a la corrosión.
- Tener facilidad de mantenimiento.

Las **normas establecidas** por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A determinan que se debe instalar puestas a tierra todas las cabinas de transformación, para lo cual se formarán mallas compuestas de 6 grillas

La puesta a tierra se la realizará con conductor de cobre cableado desnudos, cuyo calibre mínimo será de 4 AWG, el que se conectará al neutro de las redes de distribución mediante un conector perno hendido Cu-AL de 6-2/0 AWG o Cu-Cu de tamaño adecuado.

La resistencia de la malla de puesta a tierra tendrá un valor máximo de **1 ohmios**, de tenerse valores superiores podrá colocarse un mayor número de varillas Cooperweld, y mejorarse el terreno o diseñar mallas de puesta a tierra.

### **3.2.8 CÁLCULO Y REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TOMACORRIENTES**

Para que exista una adecuada flexibilidad para la utilización de los equipos, se ha previsto el rediseño en función del **número conveniente** de tomas por área.

La mayoría de los circuitos se han diseñado para una carga máxima de 2000 W y una caída de tensión máxima del 3% de la tensión nominal. El conductor de menor calibre previsto es # 12AWG.

La potencia de los tomacorrientes se calculo por la siguiente fórmula:

$$KVA_{TC} = (P_{TC} / \text{Cos } \theta) \times Fdem \quad (f3.9)$$

Donde:

$P_{TC}$  = Potencia Activa de los tomacorrientes

$KVA_{TC}$  = Potencia Aparente de los tomacorrientes

$Fdem$  = Factor de demanda 0,3~1

$\text{Cos } \phi$  = 0,8~0,95

Con la finalidad de lograr un adecuado balance de fases, se realizó la distribución lo más equitativa posible.

El sistema de fuerza, se ha diseñado con tomacorrientes, tipo doble polarizado de 15 A, 120 V; tipo simple polarizado de 15 A, 220 V, las autoclaves y motores de gran potencia se conectaran directamente al su respectivo disyuntor y a la red de tierra

### 3.2.8.1 DISEÑO DE INSTALACIONES ESPECIALES

El Hospital cuenta también con cargas especiales, las mismas necesitan requerimientos específicos, entre estas tenemos:

Cargas de las *salas de partos, quirófanos y la unidad de cuidados Intensivos*, se ha previsto que de acuerdo con las Normas del Código eléctrico Nacional sección 517, con salidas dobles en tomacorrientes especiales, tipo "**grado hospitalario**", de 20 A y 125 V polarizado, y a una altura de 1.5 m sobre el nivel del piso.

*Los equipos de rayos X*, producen características de arranque y funcionamiento únicas, las cuales se deben tener en cuenta al momento de definir su instalación.

El parámetro KVP (tabla 3.6), es la tensión máxima del tubo de rayos catódicos, el cual puede estar sometido, a un determinado nivel de tensión, el que va a determinar el nivel de la descarga de salida.

Por lo tanto, se puede decir que cuentan con un rango ajustable de tensión para la descarga, en este caso el Hospital cuenta con unos equipos de rayos X portátiles de **20 Ma (V)**, que corresponde a **100 KV** en incrementos de 1KV, por lo que el cálculo de este se realiza basado en los 100 KV de tensión máxima que pueda proporcionar, para cálculos se toman picos de **1,7 KVA**

<b>Rango de imagen</b>		
<b>Ma<sup>1</sup> (V)</b>	<b>KVP</b>	<b>KVA pico</b>
<b>15</b>	<b>85</b>	<b>1,5</b>
<b>20</b>	<b>100</b>	<b>1,7</b>
<b>40</b>	<b>125</b>	<b>5</b>
<b>50</b>	<b>125</b>	<b>6,3</b>
<b>100</b>	<b>125</b>	<b>12,5</b>
<b>200</b>	<b>125</b>	<b>25</b>
<b>300</b>	<b>125</b>	<b>37,5</b>
<b>300</b>	<b>150</b>	<b>45</b>
<b>500</b>	<b>125</b>	<b>62,2</b>
<b>500</b>	<b>150</b>	<b>75</b>
<b>700</b>	<b>110</b>	<b>77</b>
<b>1200</b>	<b>90</b>	<b>108</b>

<sup>1</sup> Tensión máxima del filamento

**Tabla 3.6 Picos de demanda (KVA) para aplicaciones de imagen médica**  
**Fuente:** Proyecto Y Montaje Eléctrico De Hospitales, R Rodríguez

Cálculos de carga de imagen médica.

**A partir de la potencia aparente:**

1. Monofásico (1Φ):

$$RA = \frac{RKVA \times 1000}{RV} \quad (f3.10)$$

2. trifásico (3Φ):

$$RA = \frac{RKVA \times 1000}{RV \times 1,73} \quad (f3.11)$$

Donde:

RKA= Potencia aparente en funcionamiento, KVA

RA= intensidad en funcionamiento, Amperios

RV= Voltaje en funcionamiento, Voltios

### 3.2.9 CALCULO DE LOS DISYUNTORES

Hoy en día las protecciones eléctricas constituyen una parte fundamental en cualquier instalación eléctrica, con su objetivo de proteger a las personas, a las propias instalaciones y a todo lo que le rodea, se hace necesario interrumpir fallos eléctricos mediante el disyuntor.

Para la selección del disyuntor se utilizaron las siguientes expresiones:

$$I_n = 1,25 \times I_{carga-m\acute{a}xima} \quad (f3.12)$$

$$I_n = 2 \times I_{motores} \quad (f3.13)$$

Donde:

$I_n$ = Intensidad nominal del disyuntor

$I_{carga\ m\acute{a}xima}$ = corriente de carga máxima

$I_{motores}$  = corriente motores arranque directo

#### 3.2.9.1 CÁLCULO DEL DISYUNTOR DE LOS TABLEROS PRINCIPALES

A Continuación se presenta en la tabla 3.7 partiendo de las demandas proyectadas en la tabla 3.4, los disyuntores principales calculados

Tableros	FCT <sup>1</sup> x FDF <sup>2</sup>	Demanda (KVA)			I máx.	Disyuntor Trifásico (A)
		R	S	T		
<b>TA</b>	0,62	25,43	24,48	24,54	<b>211,90</b>	<b>300</b>
<b>TB</b>	0,60	23,49	22,49	23,39	<b>195,74</b>	<b>250</b>
<b>TEA</b>	0,75	23,82	23,72	23,24	<b>198,49</b>	<b>250</b>
<b>TEB</b>	0,64	12,76	14,17	13,77	<b>118,07</b>	<b>200</b>
<b>TEC</b>	0,62	46,00	45,09	46,78	<b>389,82</b>	<b>500</b>

Tabla 3.7 Disyuntores Principales calculados

$$^1FCT, \text{ Factor de coincidencia de tableros} = \frac{\sum_{j=1}^n FD_{(ilum-fuerza)}}{n}$$

$$^2FDF, \text{ Factor de demanda entre Fases} = 0,85$$

Para las protecciones se seleccionan en función de la corriente monofásica máxima determinada por la fase más cargada adicionando el 25 %.

### 3.2.9.2 CÁLCULO DEL DISYUNTOR PRINCIPAL DE LA CARGA

Para la desconexión de la totalidad de la carga, el hospital presenta un problema, no existe un disyuntor principal (ver diagrama unifilar plano 2/9 del anexo 1), siendo necesario recalcular el mismo.

A partir de la Tabla 3.4 se determina la demanda máxima calculada con el factor de carga obtenido de las mediciones realizadas; se procedió a elaborar el cuadro 3.8 de demanda total por fases:

TABLEROS	DEMANDA (KVA)				I máx.	DISYUNTOR CALCULADO
	FASES	R	S	T		
<b>Tablero General (TG)</b>	<b>Total</b>	212,78	206,22	207,39	1773,17	<b>800</b>
	<b>Estimada<sup>1</sup></b>	79,53	77,19	77,6	662,76	

Tabla 3.8 Disyuntor General Calculado

<sup>1</sup> Cálculo realizado con Factor de carga=0,502

La fase con más carga proyectada es la fase (T) con 662,76 A de consumo esperado; para su protección se debe sumársele un 25 %, por lo que se selecciona un disyuntor termomagnético trifásico de **800 A**.

### **3.2.10 MEDIDAS AHORRATIVAS PARA EVITAR PICOS DE CONSUMO.**

Con el fin de evitar picos de consumo en horarios de máxima demanda de 9:00 a 11:00 y en horas de penalización de 18:00 hasta las 22:00 se plantea las siguientes observaciones:

#### **3.2.10.1 AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE ESTERILIZACION.**

El sistema está compuesto por 4 esterilizadores convencionales de los cuales en la actualidad 2 funcionan de forma dual, es decir que pueden actuar mediante vapor proveniente desde el caldero o pueden generar vapor eléctricamente ya que por falta del suministro de diesel no siempre es posible que trabajen a vapor.

En la actualidad la Autoclave<sup>2</sup> (CISA) esta funcionando (6 horas-día aproximadamente) solo eléctricamente, y la otra (MBG) entra en funcionamiento a partir de las 19:00, es decir trabaja en horas de penalización (18:00 a 22:00 tarifa AS-D).

##### **3.2.10.1.1 ALTERNATIVA PROPUESTA**

Se presenta la alternativa de cambiar de manera **URGENTE** al sistema de vapor la autoclave marca **CISA**.

Esto ayudará a reducir considerablemente el consumo de energía eléctrica y a mejorar las condiciones de la red como la estabilización de voltaje.

---

<sup>2</sup> **Autoclave** es un equipo que sirve para **esterilizar** material de laboratorio o médico, utilizando **vapor de agua** a alta presión y temperatura, evitando con las altas presiones que el agua llegue a **ebullir** a pesar de su alta temperatura.

### **3.2.10.2 AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE TERMOS-ELECTRICOS**

Para mantener los alimentos a una temperatura óptima antes de servirlos, esta casa de salud posee 5 termos eléctricos (22,4 KW total), estos funcionan mediante resistencias eléctricas para calentar agua en recipientes ubicados en la parte inferior del equipo, los equipos trabajan por dos horas diarias aproximadamente.

#### **3.2.10.2.1 ALTERNATIVA PROPUESTA.**

Como el sistema de vapor esta en capacidad de asumir el ingreso de más equipos, se propone calentar el agua por equipos que funcionen con este sistema, como marmitas para reemplazar a los termos-eléctricos

Esta medida ahorraría hasta un 2,4 % del consumo total por concepto de energía eléctrica.

### **3.3 PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES.**

Las pérdidas de los transformadores están constituidas por pérdidas en el hierro y en el cobre, considerándose constante las del hierro y variables las del cobre.

El cálculo de las pérdidas en el cobre se realiza con ayuda de catálogos y datos nominales de los fabricantes, estos se ajustan de acuerdo a la demanda máxima de la carga que alimenta el transformador.

Las perdidas en el hierro están puntualizadas en la Tabla. 3.9

<b>PÉRDIDAS A LA POTENCIA NOMINAL POR RANGOS</b>	
<b>Transformador</b>	<b>Pérdidas de Potencia (KW)</b>
<b>(KVA)</b>	<b>Hierro (Pfe)</b>
30	0,13
50	0,16
75	0,24
112,5	0,43
150	0,64
200	0,68
300	0,88
500	0,90

Tabla 3.9 Pérdidas a la potencia nominal (Hierro) por Rangos  
**Fuente:** Manual del ingeniero electricista 2005

La metodología para el cálculo de pérdidas cobre se describe a continuación:

$$P_{cuDM} = P_{cu} * \left[ \frac{DM}{(P_{nom} * \cos \theta)} \right]^2 \quad (f3.14)$$

Donde:

$P_{cuDM}$  : Pérdidas de potencia a máxima demanda en el cobre

$P_{cu}$  : Pérdidas en el cobre a potencia nominal.

$DM$  : Demanda máxima de la carga conectada.

$P_{nom}$  : Potencia Nominal del transformador.

$\cos \theta$  : Factor de Potencia de la carga.

La pérdida de energía total en un mes en un transformador se obtiene sumando las pérdidas en el hierro y las pérdidas en el cobre a la máxima demanda afectado por un factor de pérdidas, así tenemos la relación:

$$E = [F_p \times P_{cuDM} + P_{fe}] \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días} \quad (f 3.15)$$

$$F_p = k \times F_c + (1 - k) \times F_c^2 \quad (f3.16)$$

Donde:

$E$  : Energía Perdida en un mes

$P_{fe}$  : Perdidas en el hierro

$F_p$  : Factor de pérdidas

$F_c$  : Factor de Carga

$k = 0.3$  (coeficiente Sistemas Distribución)

### 3.3.1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE SERVICIO GENERAL DEL HOSPITAL “ISIDRO AYORA”.

La carga general esta conectada a un transformador de 300 KVA., alimentado por una línea primaria de 13.8 kV y una entrega por el secundario de 0.22 kV con una conexión delta-estrella n 5, realizando los cálculos se concluye con la elaboración de la tabla 3.10:

Factor de pérdidas	<b><math>F_p</math></b>	0,3270
Factor de carga	<b><math>F_c</math></b>	0,502
Pérdidas potencia a máx. demanda en Cu (Kw)	<b><math>P_{cuDm}</math></b>	0,2858
Pérdidas en Cu a potencia Nominal (%)	<b><math>P_{cu}</math></b>	0,97
Demanda máx. de la carga conectada(KVA)	<b><math>D_m</math></b>	157,95
Potencia nominal del transformador (KVA)	<b><math>P_{nom}</math></b>	300
Factor de potencia de la carga	<b><math>\cos \phi</math></b>	0,97
Pérdidas en el Hierro (Kw.)	<b><math>P_{fe}</math></b>	0,88
Pérdida Energía total mes (Kwh-mes)	<b><math>E</math></b>	700,88
Pérdida Energía total en un año (Kwh-año)	<b><math>E_{año}</math></b>	8410,60

Tabla 3.10 Cálculos de perdida de energía en el Transformador De 300 KVA

Teniendo en cuenta que la Empresa Eléctrica tiene impuesta una tarifa con el valor de \$0.10 por cada Kw.-h (noviembre 2009), este transformador pierde anualmente \$841.06

### 3.3.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL TRANSFORMADOR DE RAYOS X DEL HOSPITAL “ISIDRO AYORA”.

Es un transformador trifásico tipo convencional, a 13800/220V, Conexión DY-n5, los cálculos de sus pérdidas se resumen en la tabla 3.11:

Factor de pérdidas	<b>Fp</b>	0,0089
Factor de carga	<b>Fc</b>	0,028
Pérdidas potencia a máx. demanda en Cu (Kw.)	<b>PcuDm</b>	0,0005
Pérdidas en Cu a potencia Nominal (%)	<b>Pcu</b>	0,98
Demanda máx. de la carga conectada(KVA)	<b>Dm</b>	3,95
Potencia nominal del transformador (KVA)	<b>Pnom</b>	200,00
Factor de potencia de la carga	<b>Cos <math>\Phi</math></b>	0,89
Pérdidas en el Hierro (Kw)	<b>Pfe</b>	0,68
Pérdida Energía total mes (Kwh-mes)	<b>E</b>	<b>489,60</b>
Pérdida Energía total en un año (Kwh-año)	<b>E año</b>	<b>5875,24</b>

Tabla 3.11 Cálculos de pérdida de energía en el Transformador De 200KVA.

Debido a su bajo Factor de carga, este transformador pierde anualmente la cantidad de \$ 587,52.

### 3.4 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL SISTEMA DE ILUMINACION

Analizaremos una a una las propuestas expresadas en la sección 3.1.3 para la reducción del consumo de energía por iluminación de la siguiente manera:

El 38% del consumo de energía eléctrica del hospital, es por concepto de iluminación, Al considerar el consumo de energía relacionado en la tabla 3.12 para seis horas en promedio de trabajo de los fluorescentes, podemos calcular el ahorro que traería su reemplazo.

PISOS	Cant. de luminarias		Consumo KW-h <sup>1</sup>	
	Actual <sup>2</sup>	Propuesto <sup>3</sup>	Actual	Propuesto
<b>Subsuelo</b>	58	60	13,92	11,52
<b>Planta Baja</b>	361	412	86,64	79,10
<b>Primer Piso</b>	534	522	128,16	100,22
<b>Segundo Piso</b>	370	368	88,80	70,66
<b>Tercer Piso</b>	319	344	76,56	66,05
<b>Cuarto Piso</b>	220	222	52,80	42,62
<b>Quinto Piso</b>	28	46	6,72	8,83
<b>TOTAL</b>	<b>1890</b>	<b>1974</b>	<b>453,60</b>	<b>379,01</b>
			<b>Ahorro KW-H año</b>	<b>2725,35</b>

Tabla 3.12 Ahorro Anual con reemplazo de fluorescentes

<sup>1</sup> Cálculo realizado con 6 Horas de encendido promedio

<sup>2</sup> Luminaria con 2 fluorescente de 40 W

<sup>3</sup> Luminaria con 2 fluorescente de 32 W

En la figura 3.18 se puede observar claramente cual es consumo año actual del Hospital (165 564 Kw.-h/año), por concepto de iluminación, así como también se presenta el consumo propuesto (138 337,92 Kw.-h/año), existiendo una diferencia de 27226,08 Kw.-h/año (16,44 %), éstos representan los kw.-h/año que se dejarían de consumir si se aplica la sustitución de las luminarias de 40 watios por 32 watios

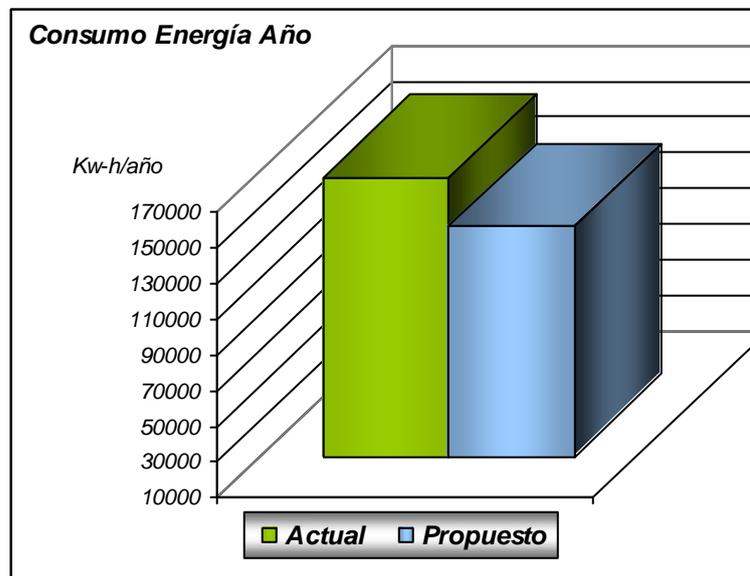


Figura 3.18 Consumo de energía año actual y propuesto por concepto de iluminación en áreas comunes.

En la tabla 3.13 se realiza el análisis del ahorro y la amortización de la inversión, donde queda demostrada la viabilidad del uso de las lámparas

fluorescentes de menor potencia pero eficientes, sin embargo la sustitución de las lámparas de 40 W tiene un periodo de amortización largo, por lo que sugiere realizar esta **sustitución de forma paulatina**, en la medida que se dañen las lámparas existentes.

<b>AHORRO (USD AÑO)<sup>1</sup></b>	<b>INVERSIÓN USD<sup>2</sup></b>	<b>TIEMPO AMORTIZACIÓN (AÑOS)</b>
2722,53	11879,10	4,36

<sup>1</sup>Costo Kw.-h mes 0,10 USD nov. 2009

<sup>2</sup> Reemplazo de luminarias (Precios referenciales Anexo 15)

**Tabla 3.13 Cálculo económico reemplazo de fluorescentes**

En cuánto a la propuesta de elaborar nuevos circuitos en los pasillos (luces de vigilia), es sustentable ya que no es necesario que los pasillos de los diferentes pisos permanezcan encendidos todo el tiempo, si bien la carga instalada aumenta, su consumo por concepto de iluminación en los corredores bajaría hasta un 37 % en la tabla 3.14 se detalla el ahorro y tiempo de retorno de la inversión.

<b>Cant. Luminarias</b>			<b>Consumo anual Kw. -h/ año</b>			<b>Ahorro Kw.-h año</b>	<b>Inversión USD<sup>3</sup></b>	<b>TRI<sup>4</sup></b>
<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>		<b>Actual<sup>1</sup></b>	<b>Propuesto<sup>2</sup></b>				
<b>40 W</b>	<b>32 W</b>	<b>20 W</b>	<b>40 W</b>	<b>32 W</b>	<b>20 W</b>			
60	60	35	21024,00	11212,80	2044,00	7767,20	1597,41	2,06

**Tabla 3.14. Cálculo Económico de la Alternativa de funcionamiento de luces de vigilia.**

<sup>1</sup> Cálculo con 24 horas de funcionamiento

<sup>2</sup> Cálculo con 8 horas luces de vigilia 20 W, 16 horas fluorescentes de 32W (Costo Kw.-h mes 0,10 USD nov. 2009)

<sup>3</sup> luminaria fluorescente 1x20W (Precios referenciales Anexo 15)

<sup>4</sup> TRI= Tiempo de retorno de inversión

### 3.4.1 MEDIDAS CORRECTIVAS Y DE MENOR INVERSIÓN

Entre algunas recomendaciones para mejorar el sistema de iluminación tenemos:

- Aprovechar la iluminación natural en aquellos lugares donde sea posible como por ejemplo en los pasillos.

- Apagar las luces innecesarias.
- Cambiar las lámparas incandescentes (bombillas) por lámparas fluorescentes compactas (de ahorro de energía), que proporcionan el mismo nivel de iluminación, duran 8 veces más y ahorran hasta un 80% de energía.
- Usar balastos electrónicos que permiten ahorrar energía hasta un 10 % e incrementa la vida útil de las lámparas.
- En lo posible no utilizar pantallas o difusores opacos ya que reducen la iluminación.
- Realizar la limpieza sistemática de las luminarias y las pantallas reflectoras, ya que la suciedad reduce en un 20 % el nivel de iluminación.
- Realizar el mantenimiento de las protecciones eléctricas en todas las áreas del hospital.
- Restablecer el cableado de la red según normas y característica de las cargas en las diferentes áreas.
- Cambiar el cableado de lavandería, ya que se encuentra en malas condiciones.
- Realizar programas de rebaja de costos de uso, asociados a la utilización de motores eficientes.
- Colocar instrumentación en la subestación de alimentación que permitan controlar los parámetros de explotación de la red y la calidad del servicio continuos.

### 3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS EN EL SISTEMA DE FUERZA

#### 3.5.1 CENTRAL DE ESTERILIZACION Y CALENTAMIENTO DEL AGUA (TERMOS- ELECTRICOS)

Los sistemas esterilización y Termos Eléctricos, consumen aproximadamente el 11 %, de energía total de el hospital es decir un 6077 Kw-h/mes.

El sistema de generación de vapor esta compuesto por un caldero marca Lambda de 80 BHP y otro Fulton de 100 BHP, estos dan servicio a diferentes aéreas como: lavandería, cocina y central de esterilización, el sistema tiene un consumo diario aproximado de 75 galones de diesel durante 12 horas aproximadas de trabajo (7:00 hasta 19:00).

Con el fin de realizar el cambio de estos equipos al sistema de vapor se realiza un análisis de los consumos de vapor de estos (detallado en el *anexo 14*), teniendo en cuenta datos de catálogos como también de balances de calor y son los siguientes:

#### COCINA:

Equipos	Consumo de Vapor	Consumo BHP <sup>3</sup>
<i>Dos (2) Marmitas de vapor 10 GAL (reemplazo termos eléctricos)</i>	<i>92 lbs/h</i>	<i>2,67</i>

#### ESTERILIZACIÓN:

Equipos	Consumo de Vapor	Consumo BHP
<i>Una (1) Autoclave (CISA) 100 lbs</i>	<i>90,02 lbs/h</i>	<i>2,75</i>

Consumo total que debe asumir el sistema de vapor es de **5.42 BHP**

---

<sup>3</sup> **BHP** (boiler horsepower) medida de calderas de vapor su equivalente es 34,5 libras de agua evaporada por hora a 212 grados Fahrenheit, o 9.809,5 Watios.

El sistema de vapor actualmente consume un promedio de **60 BHP**, lo cual nos indica que este sistema puede tranquilamente asumir el ingreso de estos equipos.

En la tabla 3.15 se realiza el análisis del ahorro y tiempo de amortización de la inversión, donde queda demostrada la viabilidad de su reemplazo.

<b>Equipo</b>	<b>Pot. (KW)</b>	<b>Consumo Actual (KW-h año)</b>	<b>Ahorro con cambio al sistema de vapor (USD año)</b>	<b>Inversión USD<sup>3</sup></b>	<b>Amortización (Año)</b>
<b>Autoclave</b>	27	64800 <sup>1</sup>	7286,40	4159,43	0,57
<b>Termos</b>	22,4	8064 <sup>2</sup>			

*Tabla 3.15 Cálculo Económico de la propuesta salida de equipos de Esterilización y Termos-Eléctricos*

<sup>1</sup> 6 horas-día de funcionamiento

<sup>2</sup> 1 hora-día de funcionamiento --Costo Kw-h mes 0,10 USD-Nov 2009

<sup>3</sup> Cálculos con Tubería ASTM A120- Octubre 2009 (ver anexo 15)

## CAPÍTULO 4

---

### CONCLUSIONES

---

1. A través de la actualización del sistema eléctrico presente en el hospital y el estudio de cargas realizado, se pudo obtener información acerca de las características principales del sistema, como por ejemplo la demanda máxima, descripción de las cargas existentes, factor de carga, factor de demanda.

- El hospital cuenta con una carga instalada total de **450,18 KW** para la acometida general, determinando que la planta baja cuenta con mayor carga instalada **135,78 KW** y la red de rayos "X" cuenta con **37 KW** instalados
- La demanda máxima registrada a nivel de red general es **152,93 KW** a las 9:00 del día 8 de octubre del 2009, y la mínima es **37,20 KW** a las 4:40 del día 3 de octubre del 2009, la demanda varía durante el día, llegando a caer un 62%, en el horario nocturno.
- La demanda máxima registrada a nivel de red de rayos X es **28,23 KW** a las 11:50 del día 24 de septiembre del 2009, y la mínima es **0 KW**, ya que su demanda varía de forma muy intermitente dependiendo del funcionamiento del equipo ahí conectado.
- Los factores de demanda se encuentran por debajo de las normas reguladas para el diseño de hospitales, siendo a nivel de red general igual a **0,339** y para la acometida de rayos X a **0,32**.

- Se determinó los factores de carga, siendo para la red de Rayos X equivalente a **0,029** y **0,502** para la red general

2. Los diferentes equipos utilizados para la recolección de datos son de última generación y sus resultados representan confiabilidad

- El factor de potencia a nivel de acometida general es igual a **0,97**, se encuentra en los parámetros estandarizados, sin embargo para la red de Rayos X varía de **1** a **0,865**, dependiendo del trabajo del equipo.
- Los niveles de tensión a nivel de las redes se encuentran dentro de los rangos normales de uso frecuente (según **ANSI C-84.1-2006**), determinándose en la red de rayos X, que existe una caída de tensión de **3,7 %** cuando el equipo se encuentra funcionando.
- De acuerdo a las mediciones de armónicos y flicker obtenidos, se tiene que los resultados en las acometidas se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas del **CONELEC**.

3. El transformador de 300 KVA (**T3**), marca **ECUATRAN** está habilitado para servir a la carga general del hospital, y el transformador de 300 KVA (**T2**), marca **AEG IBÉRICA** se encuentra desconectado para trabajar en paralelo con **T3** sin embargo sirve directamente al equipo de tomografía marca **TOSHIBA ASTEON**. (Anexo 1, diagrama unifilar 2/9). El transformador de 200 KVA (**T1**), marca **ECUATRAN** sirve para los equipos de Rayos "X"

4. El tablero general **T.G** dispone de un disyuntor principal que desenergiza solo a los tableros denominados **T.B**, **T.E.B** y **T.E.C**, La protección de los centros de carga principales, están sobredimensionados, inclusive el tablero **T.E.C** no dispone de protección.

5. Los niveles de iluminación de las diferentes áreas del hospital se registran en la tabla 8.1 del anexo 8, los cuales en términos generales son aceptables, mediante el software Calculux Area v7.2 se realizó la simulación y rediseño del sistema de iluminación con el fin de obtener las mejores soluciones técnicas, financieras y estéticas

6. Algunos tableros secundarios de distribución y conductores eléctricos están sobredimensionados, otros subdimensionados y sus precarias condiciones de instalación, producen cortes de energía como en central telefónica, lavandería, fisioterapia y Laboratorio.

7. Existe potencial para la reducción de costos por concepto de uso eficiente de energía eléctrica:

- Cambio paulatino de luminarias fluorescentes de 40 W por luminaria fluorescente tipo **TMS 140-232 E/BR 2xTL-D32W/850**, de menor potencia con fluorescentes de 32 W, obteniendo un ahorro del 20 %
- Salida del sistema eléctrico de la autoclave marca **CISA**, hacia el sistema de vapor, ahorrando así un 9,7 % (al sistema eléctrico).
- Basado en un análisis de los bancos de transformación, se concluye que el transformador de **200 KVA (T1)**, se debe

***mantener energizado*** ya que el hospital se encuentra adquiriendo equipos de resonancias magnéticas y tomografías.

8. Las propuestas planteadas en este trabajo, desde el punto de vista técnico, presenta un sistema bastante confiable, y desde el punto de vista económico es factible, ya que la inversión es recuperada a mediano plazo (iluminación). Corto plazo (Esterilización)

## CAPÍTULO 5

---

### RECOMENDACIONES

---

**9.** Analizar eléctricamente el ingreso de equipos o cargas futuras a instalar como: tomógrafos, motores, centrales de refrigeración.; ya que estos exigen una mayor demanda en el arranque o en determinados momentos de su funcionamiento.

**10.** Realizar el balance de cargas, planteado en este trabajo, además de ejecutar mantenimiento preventivo o de emergencia en las instalaciones eléctricas levantando información estadística y de control de las mismas, para la detección de falsas conexiones, deterioro de conductores eléctricos, calentamiento de bornes, sobrecalentamiento de rodamientos y motores utilizando por ejemplo termografía infrarroja,

Asimismo realizar la instalación o redistribución de lámparas propuestas, a fin de llegar a niveles normalizados.

**11.** Efectuar un análisis de puesta a tierra completo, para establecer la factibilidad de Monitorear el aislamiento del sistema eléctrico como por ejemplo en salas de operación para evitar corrientes de fuga peligrosas al paciente y al cuerpo medico.

**12.** Analizar cargas y niveles de consumo a nivel del grupo electrógeno, para evitar reducir la capacidad del equipo, fallas por sobrecalentamiento o por aislamiento

**13.** No realizar la conexión en paralelo de los transformadores de 300 KVA denominados en los diagramas como T2 y T3 ya que los valores de sus impedancias son diferentes

**14.** Cambiar el sistema de medición de energía eléctrica actual, por uno que considere las intensidades de las tres fases.

**15.** Habilitar La Transferencia automática del Tablero del grupo Electrónico, ya que se lo realiza de forma manual.

**16.** Instalar las protecciones adecuadas en los centros de carga principales como secundarios (anexo 12) con el fin de proteger la red eléctrica.

**17.** Instalar rejillas de piso en las cunetas ubicadas alrededor de los transformadores de potencia, para evitar el contacto con la red de tierra ahí existente.

**18.** Reparar la red eléctrica en el área de Lavandería, Laboratorio.

## CAPITULO 6

---

### BIBLIOGRAFIA

---

1. BTICINO, *Guía de especificaciones de detectores de presencia Watt Stopper, Edición Mexicana 2008*
2. CARRASCO SÁNCHEZ EMILIO. *Guía Técnica de Interpretación del REBT (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión)*. Editorial TEBAR, 2001
3. CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, *Código De Práctica Ecuatoriano CPE INEN 19: 2001, Primera Edición, 2001*
4. CUADERNILLO TÉCNICO DE PHELPS DODGE CABLEC ® *ECUADOR: Alambres y cables de cobre, 2001.*
5. CUADERNOS TECNICOS DE © OSRAM
  - *Luminotecnía 2002*
    - i. *05 Magnitudes Luminosas*
    - ii. *06 Principios Fundamentales*
    - iii. *09. Equipos auxiliares de regulación y control*
    - iv. *10 Iluminación Interior E Industrial*
6. CUADERNOS TECNICOS DE © SCHNEIDER ELECTRIC:
  - *Square D.*
  - *Guía de Solución del sector Hospitalario*
  - *Electrical installation guide 2009*
    - i. *Chapter A: General rules of electrical installation design*

- ii. *Chapter B Connection to the MV utility distribution network*
  - iii. *Chapter G Sizing and protection of conductors*
  - iv. *Chapter L Power factor correction and harmonic filtering*
  - v. *Chapter P Residential and other special locations*
7. EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DEL SUR, EERSSA, *Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*, abril 1998
  8. FLORES V MÓNICA, *Guía Sectorial De Producción Mas Limpia, Hospitales, Clínicas Y Centros De Salud*, Centro de Producción Mas Limpia y tecnología mas limpia, 2000
  9. GARCÍA T. JOSÉ, *Electrotecnia*. Editorial LTRC, 3ª edición, 2002
  10. MAZORRA SOTO JORGE, *Suministro Eléctrico Industrial*, Editorial Cenpes, 1986
  11. OTESA, *Compendio Básico de Breakers*, 2004
  12. RODRÍGUEZ R, *Proyecto Y Montaje Eléctrico De Hospitales*, Editorial científica, 2008
  13. SANZ SERRANO JOSÉ LUÍS, *Instalaciones Eléctricas. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión*. Editorial PYE, 3ª edición, 2008
  14. TOBAJAS VÁZQUEZ CARLOS, *Instalaciones Eléctricas En Edificios De Viviendas, Locales Comerciales*, Editorial AMV ediciones, 2008
  15. UNEPER, *Normas Para Distribución Rural*, Publicaciones Técnicas AEIE, 1983
  16. SITIOS WEB:
    - [www.bticino.com.mx](http://www.bticino.com.mx)
    - [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)
    - [www.luz.philips.com](http://www.luz.philips.com)

- [www.osram.com](http://www.osram.com)
- [www.schneiderelectric.com](http://www.schneiderelectric.com)
- [www.wikipedia.com/distribucion.electrica/instalaciones](http://www.wikipedia.com/distribucion.electrica/instalaciones)