



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Eléctrico.

**Título del Proyecto de Investigación:**

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DEL HOSPITAL SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS DEL CANTÓN  
QUEVEDO”**

**Autor:**

**Ángel Heriberto Aguirre Montoya**

**Director de Proyecto de Investigación:  
Ing. Cristian Samuel Laverde Albarracín**

**Quevedo – Los Ríos - Ecuador.**

**2016**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Ángel Heriberto Aguirre Montoya, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. \_\_\_\_\_

**Ángel Heriberto Aguirre Montoya**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Cristian Samuel Laverde Albarracín** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Ángel Heriberto Aguirre Montoya**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Análisis de la calidad del sistema de distribución de energía eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

**Ing. Cristian Samuel Laverde Albarracín**

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

**Título:**

**“Análisis de la calidad del sistema de distribución de energía eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

Aprobado por:

---

Ing. Jaime Macías Romero, MSc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Víctor Nasimba Medina, MBA.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Juan Pisco Vanegas, MSc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2016

## **Agradecimiento**

La gratitud de este logro alcanzado es en primer orden a DIOS quien bajo su gloria y misericordia ha permitido mi existencia en este mundo lleno de desafíos y horizontes por descubrir.

Mi agradecimiento eterno a quien cumplió rol de padre y madre desde los primeros de mi vida hasta el último de los de su existencia, quien supo enseñarme a discernir entre lo bueno y malo, aquella mujer que hoy no está físicamente entre nosotros pero que vivirá siempre en mi corazón, mi abuela Luz María.

A mi esposa María, quien ha sido un pilar fundamental en cada una de las decisiones que han hecho que en mi vida reine la dicha, orgullo y felicidad por un hogar formado con estabilidad moral y espiritual.

¡Eternamente gracias!

## **Dedicatoria**

Este gran paso que hoy se representa en este proyecto se lo dedico a un ser muy especial que acaba de llegar a mi vida, mi hija, mi hermosa Victoria Valentina,

A mi madre Rosa María

A mi padre Ángel Thomas

A mis queridas tías María y Mercedes

A mis hermanos en Babahoyo

A mis hermanos en Montalvo

A mis memorables amigos.....

## **Resumen ejecutivo**

El objeto de investigación del presente proyecto está enfocado en determinar si el suministro de energía eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo cumple los niveles de calidad regulados por la ARCONEL por medio del dispositivo analizador de redes Fluke 1744 que nos permite analizar los parámetros de perturbaciones que pueden interferir en el buen desenvolvimiento de esta importante casa de salud de nuestra localidad.

De igual manera entra en análisis el estado actual de las instalaciones eléctricas, cargabilidad del transformador de distribución, tableros y centros de carga, dimensionamiento de las protecciones, límites térmicos de los conductores y distribución de las áreas respaldadas por grupos electrógenos en busca de detectar falencias que interfieran en la operatividad de los equipos que utilicen energía eléctrica.

Se ejecuta levantamiento de la infraestructura eléctrica con el fin de plasmar la distribución de los circuitos desde la red de alimentación en media tensión hasta los centros de carga con análisis de la relación potencia/capacidad instalada proponiendo las mejoras a realizarse.

## **Abstract**

The object of research of this project is focused on determining whether the power supply of the Sacred Heart Hospital of Jesus of Canton Quevedo meets quality standards regulated by the ARCONEL through network analyzer Fluke 1744 device that allows us to analyze the parameters disturbances that can interfere with the proper conduct of this important health house in our town.

Similarly enters analyzes the current state of electrical installations, chargeability distribution transformer, panels and load centers, sizing protection, thermal limits of the conductors and distribution of the areas supported by generators seeking to detect flaws that interfere with the operation of equipment using electricity.

Rising electricity infrastructure runs in order to capture the distribution circuits from the mains supply in medium voltage to the load centers with power analysis / installed capacity ratio proposing improvements to be made.

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **CAPITULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1.	Introducción	2
1.2.	Problema de la investigación	2
1.2.1.	Planteamiento del problema	2
1.2.1.1.	Diagnóstico	3
1.2.1.2.	Pronóstico	4
1.2.2.	Formulación del Problema	4
1.2.3.	Sistematización	4
1.3.	Objetivos	4
1.3.1.	Objetivo general	4
1.3.2.	Objetivos específicos	5
1.4.	Justificación	5

### **CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1	Marco referencial	7
2.1.1.	Clasificación de las áreas o unidades hospitalarias	7
2.1.2.	Diagnóstico del sistema eléctrico	7
2.2.	Marco conceptual	8
2.2.1.	Sistemas eléctricos para hospitales	8
2.2.2.	Calidad del suministro de energía eléctrica	10
2.2.2.1.	Defectos de la calidad de la energía eléctrica	10
2.2.3.	Analizadores de la calidad de la energía	11
2.2.4.	Diagramas unifilares	12
2.2.5.	Pararrayos y mallado de puesta a tierra	13
2.3.	Marco teórico	14
2.3.1.	Parámetros de análisis para la calidad de energía en el HSCJ	14
2.3.1.1.	Armónicos	14
2.3.1.1.1.	Origen de los armónicos	15
2.3.1.1.2.	Equipos que producen armónicos	15
2.3.1.2.	Flickers	16

2.3.1.2.1. Flicker de largo termino – Plt	17
2.3.1.3.Factor de potencia	17
2.3.1.3.1. Importancia del factor de potencia	18
2.3.1.3.2. Mejora del factor de potencia	19
2.3.1.3.3. Beneficios	19
2.4. Marco legal	20
2.4.1. Agencia de regulación y control de electricidad ARCONEL	20
2.4.1.1.Misión y visión de la ARCONEL	21
2.4.1.2.Atribuciones y deberes de la ARCONEL	21
2.4.1.3.Regulación N° CONELEC 007/01	23

### **CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1.Localización	26
3.2.Tipo de investigación	26
3.2.1. Investigación de campo	26
3.2.2. Investigación bibliográfica	26
3.2.3. Investigación descriptiva	27
3.3.Métodos de investigación	27
3.3.1. Método inductivo	27
3.3.2. Método deductivo	27
3.3.3. Método analítico	27
3.4.Fuentes de recopilación de la información	27
3.4.1. Primarias	27
3.4.2. Secundarias	28
3.5.Diseño de la investigación	28
3.6.Instrumentos de la investigación	29
3.7.Tratamiento de los datos	29
3.8.Recursos humanos y materiales	29

### **CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.Auditoría energética del Hospital	32
4.1.1. Planos eléctricos	32
4.1.2. Acometida de media tensión	32

4.1.3. Sistema de medición de energía	33
4.1.4. Cámaras de transformadores	33
4.1.4.1. Transformador de 500 KVA	34
4.1.4.2. Transformador de 75 KVA	35
4.1.4.3. Transformador de 150 KVA	36
4.1.4.4. Transformador de 50 KVA	37
4.1.5. Conductores	38
4.1.6. Cuarto de generadores	38
4.1.7. Tableros de distribución	40
4.1.7.1. Tablero general normal TGN	40
4.1.7.2. Tablero principal normal TPN	41
4.1.7.3. Tablero de centrales de A/C quirófanos	43
4.1.7.4. Tablero de transferencia automática TTA	43
4.1.7.5. Tablero de transferencia manual TTM	44
4.1.7.6. Tablero general de emergencia TGE	45
4.1.7.7. Tablero de bombas	46
4.1.7.8. Tablero principal de emergencia TPE	47
4.1.7.9. Tablero de rayos X TRX	49
4.1.7.10. Tablero de tomografía TTAC	50
4.1.7.10.1. Energía de respaldo para el servicio de TAC	50
4.1.7.11. Tablero agregado TCE	51
4.1.7.12. Tablero de laboratorio	53
4.1.7.13. Tablero de TTA bando de vacunas	53
4.1.8. Centros de carga, protecciones y estado de las redes	55
4.1.8.1. Cajas de paso y derivaciones	55
4.1.8.2. Centros de carga	56
4.1.8.3. Acometidas aéreas	57
4.1.9. Carga instalada	58
4.1.10. Puesta a tierra existente en el hospital	59
4.1.11. Pararrayos existentes en el hospital	59
4.2. Medición y análisis de los parámetros eléctricos en contraste con las regulaciones impuestas por la ARCONEL	60
4.2.1. Equipo de medición para análisis de la calidad de energía	60
4.2.2. Curvas gráficas obtenidas con el analizador de calidad de energía	61

4.2.2.1. Curvas de carga	61
4.2.2.2. Curva del factor de potencia	62
4.2.2.3. Análisis de Flickers	63
4.2.2.4. Análisis de armónicos de voltaje	64
4.2.2.5. Análisis de armónicos de corriente	65
4.2.2.6. Análisis de nivel de voltaje	66
4.2.3. Análisis de cargabilidad del transformador	67
4.2.3.1. Factor de utilización	67
4.3. Tabulación de la información obtenida del analizador de redes	67

## **CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones	69
5.2. Recomendaciones	69

## **CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA**

6.1. Bibliografía	71
-------------------	----

## **CAPITULO VII ANEXOS**

7.1. Diagrama unifilar actual	74
7.2. Diagrama unifilar propuesto	75
7.3. Ejecución del levantamiento	76
7.4. Conexión del Analizador de redes	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Áreas de servicio	7
Tabla 2 Transformadores existentes en el hospital	28
Tabla 3 Recursos humanos de la investigación	29
Tabla 4 Materiales de la investigación	30
Tabla 5 Dimensiones de las cámaras de transformadores	33
Tabla 6 Características del transformador de distribución principal	34
Tabla 7 Características del transformador de tomografía antiguo	35
Tabla 8 Características del transformador de tomografía actual	36
Tabla 9 Características del transformador del equipo de rayos X	37
Tabla 10 Características de los generadores	39
Tabla 11 Características del UPS de tomografía	50
Tabla 12 Características del generador de banco de vacunas	55
Tabla 13 Carga instalada en el hospital	58
Tabla 14 Datos del analizador de redes	60
Tabla 15 Factor de potencia del hospital	62
Tabla 16 Flickers en el hospital	63
Tabla 17 Armónicos de voltaje en el hospital	64
Tabla 18 Armónicos de corriente en el hospital	65
Tabla 19 Nivel de voltaje en el hospital	66
Tabla 20 Tabulación de datos del analizador	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Acometida trifásica en media tensión	32
Figura 2 Sistema de medición de energía	33
Figura 3 Transformador de distribución principal	34
Figura 4 Transformador de tomografía antiguo	35
Figura 5 Transformador de tomografía actual	36
Figura 6 Transformador de equipo de rayos X	37
Figura 7 Generador Perkins 60 Kw	39
Figura 8 Generador Deutz 60 Kw	39
Figura 9 Tablero general normal TGN	40
Figura 10 Tablero principal normal TPN	41
Figura 11 Tablero centrales de A/C quirófanos	43
Figura 12 Tablero de transferencia automática TTA	44
Figura 13 Tablero de transferencia manual TTM	45
Figura 14 Tablero general de emergencia TGE	46
Figura 15 Tablero de bombas	47
Figura 16 Tablero principal de emergencia TPE	48
Figura 17 Tablero de equipo de rayos TRX	49
Figura 18 Tablero de equipo de tomografía TTAC	50
Figura 19 UPS de tomografía	51
Figura 20 Tablero agregado TCE	52
Figura 21 Tablero de laboratorio	53
Figura 22 Generador y TTA de banco de vacunas	54
Figura 23 Caja de distribución redes antiguas	55
Figura 24 Acometidas antiguas a la intemperie	56
Figura 25 Centros de carga saturados	56
Figura 26 Acometidas aéreas a la intemperie	57
Figura 27 Malla de puesta a tierra general	59
Figura 28 Malla de puesta a tierra del transformador principal	59

## **LISTA DE GRAFICOS**

Grafico 1 Curvas de carga periodo de evaluación	61
Grafico 2 Curvas de carga feriado carnaval 2016	61
Grafico 3 Factor de potencia periodo de evaluación	62
Grafico 4 Curvas de flicker periodo de evaluación	63
Grafico 5 Curvas de armónicos THDV periodo de evaluación	64
Grafico 6 Curvas de armónicos THDI periodo de evaluación	65
Grafico 7 Curvas de niveles de voltaje periodo de evaluación	66

## **LISTA DE ECUACIONES**

Ecuación 1 Potencia Activa	18
Ecuación 2 Potencia aparente	18
Ecuación 3 Factor de utilización	67

## CODIGO DUBLIN

Título:	Análisis de la calidad del sistema de distribución de energía eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del Cantón Quevedo.				
Autor:	Aguirre Montoya, Ángel Heriberto				
Palabras clave:	Energía eléctrica	Calidad de energía			
	Diagrama unifilar	Generación de respaldo			
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2016.				
Resumen:	<p>Resumen.- El Gobierno Central a través del Ministerio de Salud Pública está aumentando las capacidades resolutorias de hospitales incrementando personal y equipamiento buscando así satisfacción de los ecuatorianos en cuanto a salud pública se refiere. El Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo lleva prestando servicios a la ciudadanía por 49 años, su infraestructura ha sido modificada para mejorar áreas de servicio a los usuarios sin tomar en cuenta la capacidad instalada y la generación eléctrica de respaldo. En la actualidad las normas, criterios y estándares de diseño para redes eléctricas en general y entidades de salud, han incrementado sus exigencias de calidad, seguridad y continuidad según lo indicado en el Código Eléctrico Nacional. <b>Abstract. - The Central Government through the Ministry of Public Health is increasing the resolution capabilities of hospitals and increasing personnel and equipment Ecuadorians seeking satisfaction in terms of public health is concerned. The Hospital Sagrado Corazón de Jesús of canton Quevedo has been providing services to citizens for 49 years, infrastructure has been modified to improve areas of service to users regardless of installed capacity and power generation backup. Currently the rules, criteria and design standards for electrical networks in general and health agencies have increased their demands for quality, safety and continuity as stated in the National Electrical Code.</b></p>				
Descripción:					
URI:					

## **CAPITULO I**

### **CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACION**

## **1.1. Introducción.**

El Gobierno Central a través del Ministerio de Salud Pública está aumentando las capacidades resolutivas de hospitales incrementando personal y equipamiento buscando así satisfacción de los ecuatorianos en cuanto a salud pública se refiere.

El Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo lleva prestando servicios a la ciudadanía por 49 años, su infraestructura ha sido modificada para mejorar áreas de servicio a los usuarios sin tomar en cuenta la capacidad instalada y la generación eléctrica de respaldo.

En la actualidad las normas, criterios y estándares de diseño para redes eléctricas en general y entidades de salud, han incrementado sus exigencias de calidad, seguridad y continuidad según lo indicado en el Código Eléctrico Nacional. [1]

En el presente trabajo se analizará la distribución de energía eléctrica desde la red trifásica a 13.8 KV hasta las tomas de uso general ubicadas en las edificaciones, se verificará el estado de los tableros, subtableros, dimensionamientos de las protecciones y sistemas de puesta a tierra concluyendo con un rediseño buscando optimización, seguridad, calidad y continuidad del servicio eléctrico.

## **1.2. Problema de la investigación.**

### **1.2.1. Planteamiento del problema.**

El Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo a partir de la gratuidad de la salud en nuestro país, ha aumentado considerablemente afluencia de usuarios dando lugar a la necesidad de incrementar equipos técnicos, biomédicos y de confort poniendo en juego la calidad de atención que se brinda por falta de estudios previos a nivel de infraestructura física y eléctrica.

Los equipos de radio diagnóstico muestran interferencias producto de estados transitorios que generan otros equipos conectados a la misma red dando lugar a alteraciones de la información que pueden dificultar una correcta interpretación de resultados.

La falta de análisis al momento de incrementar carga en función de la capacidad instalada e inspecciones que verifiquen existencias de circuitos especiales disponibles para efectos de conexión de nuevos equipos, es un factor altamente influyente en la reducción de la vida útil de la red eléctrica generando riesgos a la vida de los usuarios internos y externos.

La generación de respaldo cubre el 25% de la carga total instalada sumando a esto la vetustez de uno de los grupos electrógenos, hacen que se vea seriamente comprometida la calidad de atención que el hospital brinda a los usuarios en caso de interrupciones del servicio público.

El equipamiento hospitalario requiere trato especial difiriendo de equipos convencionales pues su uso ayudará a determinar diagnósticos médicos para tratamiento de enfermedades, sin embargo la baja calidad del sistema de distribución eléctrico ha provocado que se deterioren parcial o totalmente desembocando en paralizaciones de los servicios que brinda cada departamento.

#### **1.2.1.1. Diagnóstico.**

En el servicio de imagenología existen equipos de radiodiagnóstico que son susceptibles a las variaciones de voltaje y las transientes producidas por otras cargas conectadas a la misma red provocando que la impresión diagnóstica que realiza el médico tenga un alto porcentaje de incertidumbre de certeza.

Es evidente que existen interrupciones internas del fluido eléctrico debido a que los centros de carga están sobrecargados haciendo que las protecciones actúen desabasteciendo de energía y por ende inoperatividad temporal en áreas del HSCJ.

En caso de ausencia del servicio eléctrico público existen áreas médicas que no son abastecidas por generación de respaldo tal es el caso del Laboratorio Clínico, toda la sala de Emergencias e incluso el alumbrado exterior causando situaciones de caos mientras dure la interrupción.

Existen cables expuestos, en unos casos fuera de su caja de distribución y en otras acometidas antiguas que están en suelo húmedo, sin aislante, elevando el consumo de energía y por menos decir los riesgos a los que son sometidos tanto usuarios internos como externos.

### **1.2.1.2. Pronóstico.**

Si los incrementos de carga y/o modificación de las edificaciones continúan ejecutándose sin analizar previamente el estado de los tableros, centros de carga y conductores se tendrá como resultado el colapso parcial e incluso total de la infraestructura eléctrica.

Bajo situaciones de urgencias médicas, en caso de que los circuitos conectados al generador continúen iguales, seguirá existiendo incomodidad en el usuario por retraso del médico en el inicio de tratamientos por falta de un examen de química sanguínea que ayudaría a este a definir un diagnóstico en cada paciente.

Así mismo se considera la situación en la que un paciente esté en reanimación y se corta el fluido eléctrico sería un episodio crítico que le podría costar hasta la vida por simple hecho de no poder utilizar equipos y/o falta de iluminación.

### **1.2.2. Formulación.**

¿Cómo mejorar el nivel de calidad del sistema de distribución de energía eléctrica en el hospital Sagrado Corazón de Jesús?

### **1.2.3. Sistematización.**

¿De qué manera identificar el estado actual de la infraestructura eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús?

¿Cómo se puede determinar la calidad del suministro de energía eléctrica en función de las perturbaciones?

¿Cuál es la solución factible para restablecer estados de operación óptimos, de calidad, seguros y continuos en la red de distribución de energía eléctrica?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar el estado actual del sistema de distribución de energía eléctrica para mejorar la calidad del suministro por medio de redistribución de circuitos en el Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diagrama unifilar de la red existente considerando los tableros, subtableros, protecciones, sistemas de puesta a tierra y áreas respaldadas por el generador.
- Determinar el estado de las instalaciones eléctricas.
- Analizar las variables que intervienen en la calidad de la energía en función del sistema de distribución existente.
- Redistribuir la red de distribución de energía eléctrica para el Hospital Sagrado Corazón de Jesús en un diagrama unifilar.

### **1.4. Justificación.**

El avance de la tecnología médica dispone hoy en día de equipos altamente sofisticados al punto de que su existencia debe ser infalible para salvaguardar la vida de pacientes. La preservación de estos debe ser cumpliendo a cabalidad los requerimientos técnicos que da el fabricante, dimensionar las protecciones acorde al dato de placa asegurando el correcto funcionamiento, prolongando su vida útil y reduciendo gastos pues al ser equipos costosos la adquisición y/o reparación se prolongaría en el tiempo afectando el servicio que brinda el hospital a los usuarios.

Debido al tipo de labores que se realizan en los hospitales, estos demandan características técnicas específicas obteniendo así la garantía de un suministro eléctrico confiable, seguro y por supuesto continuo.

Es común hoy en día escuchar en los hospitales públicos que los equipamientos médicos se encuentran fuera de servicio y se debe esencialmente a la falta de aplicación de las normativas técnicas que rigen a las instalaciones eléctricas y más aún pasar por alto los respectivos mantenimientos que por lo general son planteados ya por el fabricante. [2]

Por lo dicho anteriormente se torna absolutamente necesario realizar un análisis de la red eléctrica del Hospital Sagrado Corazón de Jesús, diagnosticar su estado y rediseñar la red que ayude a cumplir las actividades de forma eficaz y segura, cumpliendo con normas de calidad de suministro de energía eléctrica establecidos en estándares nacionales e internacionales.

## **CAPITULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Marco Referencial.

### 2.1.1. Clasificación de las áreas o unidades hospitalarias.

Las áreas caracterizadas en un hospital son de tres tipos: médica, administrativa y de apoyo, dentro de las cuales establecen las áreas críticas en relación directa a la atención y cuidado del paciente, funcionarios y visitantes.

**Tabla 1. Áreas de servicio.**

<b>SERVICIOS HOSPITALARIOS</b>	<b>UNIDADES HOSPITALARIAS</b>
ADMINISTRATIVOS	Dirección, Secretaría, Administración, Contabilidad, Coordinación de Normas y Unidad de Talento Humano
AMBULATORIOS	Consulta Externa y Urgencias
INTERMEDIOS	Laboratorio, Hemoteca, Imagenología y Farmacia
HOSPITALIZACION	Sala de Pediatría, Sala de Medicina Interna, Sala de Cirugía, Sala de Gineco/Obstetricia, Sala de Neonatología
AREAS ESTERILES	Centro Quirúrgico, sala de Partos y Esterilización
GENERALES	Mantenimiento, Economato, Lavandería, Morgue, Vigilancia y Cuarto de Bombas
COMPLEMENTARIOS	Auditorium y Salas de Espera

**Fuente:** ADMINISTRACION HSCJ

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

### 2.1.2. Diagnóstico sistema eléctrico.

El diagnóstico del sistema eléctrico (DSE), busca una evaluación del estado, señalización, conformidad y aplicación de los elementos dentro de las instalaciones eléctricas ya existentes y seleccionadas para este fin. [3]

El DSE hace énfasis en el diagnóstico y la identificación de sistemas, tecnologías y equipos eléctricos en cuanto a su funcionamiento, eficiencia, coordinación, maniobra y confiabilidad,

buscando promover el uso de herramientas en aplicativos Excel, donde sus datos y graficas sirven para evaluar y analizar la información anteriormente mencionada. [3]

Es de comprender que un suministro de energía inadecuado en un hospital y especialmente en las áreas consideradas críticas, puede significar la pérdida de vidas de pacientes, personal médico, auxiliares o visitantes. [3]

Los sistemas hospitalarios dependen cada vez más de la energía eléctrica, dado el alto número de equipos que desempeñan funciones vitales y se alimentan de la energía eléctrica de alta calidad. [3]

Mediante el DSE se pueden observar los análisis obtenidos de los siguientes factores:

- Las fluctuaciones de tensión.
- Los transitorios causados por otras cargas con la misma alimentación.
- La suspensión del servicio.
- Confiabilidad del sistema.
- Correcta operación del sistema eléctrico
- Fallas o patologías en el sistema debido a fenómenos naturales en las líneas de distribución (descargas eléctricas, acción del viento y de animales, etc). [3]

## **2.2. Marco conceptual.**

### **2.2.1. Sistemas eléctricos para hospitales.**

El sistema eléctrico de los hospitales debe constar de dos sistemas independientes, estos dos sistemas deben ser el de equipos y el de emergencia. [4]

El sistema de equipos debe alimentar los principales equipos para la atención al paciente y funcionamiento básico del hospital. [4]

El sistema de emergencia se debe limitar a los circuitos esenciales de asistencia vital y de atención crítica a los pacientes, denominados ramal vital y ramal crítico. [4]

El Ramal Vital, alimenta lo siguiente:

- Señales y alumbrado de los medios de salida,(evacuación)
- Sistemas de alarma y alerta.
- Sistemas de Comunicaciones.
- Cuartos de Generadores.

El Ramal Critico alimenta los siguientes subsistemas:

- Quirófanos
- Neonatología
- Farmacia
- Laboratorio
- Imagenología
- Estaciones de enfermeras
- Salas de hospitalización
- Área de Urgencias [4]

El Ramal crítico se puede subdividir en varios ramales para evitar que una falla en una parte del ramal lo afecte en su totalidad. [4]

El ramal vital y el ramal crítico del sistema de emergencia deben mantenerse totalmente independientes de cualquier otro cableado y no deben estar en las mismas canalizaciones, cajas o armarios. [4]

La coordinación de las protecciones debe permitir la entrada en funcionamiento de los equipos con una secuencia tal que no genere complicaciones a los pacientes y no se produzcan sobrecargas, se deben distinguir los de conexión automática retardada y los de conexión automática con retardo manual. [4]

Deben ser conectados automáticamente con retardo, los siguientes equipos: Los sistemas de succión para funciones médicas o quirúrgicas, con sus sistemas de control, puede estar conectado al ramal crítico, las bombas de aspiración y sistemas de aire comprimido, sistemas de extracción de humos. [4]

Con retardo automático manual, se deben instalar equipos de aire acondicionado de quirófanos, salas de partos, unidades de cuidados intensivos, sala cunas, salas para aislamiento de infecciones, salas de recuperación de pacientes, salas de tratamiento de pacientes y área general de pacientes. [4]

### **2.2.2. Calidad del suministro de energía eléctrica.**

La calidad de suministro eléctrico es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc. [5]

Es habitual que existan reglas que regulen la calidad del suministro eléctrico según los países o zonas de suministro, así como, los diversos sistemas: baja, media o alta tensión, corriente alterna o continua, sistemas monofásicos, bifásicos o trifásicos, todos ellos englobados entre los distintos modos de generar o transportar electricidad. [5]

La calidad de suministro suele referirse a la calidad de la onda de tensión de la energía eléctrica en sistemas de tensión alterna, no obstante, existen normativas que también contemplan las perturbaciones de las ondas de Intensidad propias del consumo que ejerce el cliente sobre la tensión suministrada por la fuente, que en muchos casos es la compañía eléctrica. [5]

La energía eléctrica al ser un bien de consumo, debe mantener una determinada calidad, ya que de lo contrario, afectaría a todos los equipamientos que dependieran de un modo directo o indirecto de ésta. [5]

En materia de armónicos, también existen regulaciones al respecto, no pudiendo excederse los límites marcados por cada normativa. [5]

En el caso de muchos equipamientos electrónicos o eléctricos es de obligado cumplimiento, que éstos se adapten y cumplan con una serie de normativas para no perturbar la red eléctrica a la que están conectados. [5]

#### **2.2.2.1. Defectos de la calidad de la energía eléctrica.**

Una fuente de suministro de energía perfecta sería aquella que estuviese siempre disponible, dentro de las tolerancias de tensión y frecuencia exigibles y presentase un perfil de onda perfectamente senoidal libre de perturbaciones. Cuánta desviación de esta perfección está dispuesto a tolerar el usuario dependerá de las aplicaciones, del tipo de equipos que tenga instalados y de la percepción de sus propias necesidades. [5]

Pueden clasificarse en cinco tipos:

- Distorsión armónica
- Cortes en el suministro
- Oscilaciones de la tensión
- Flickers
- Fenómenos transitorios

Cada uno de estos problemas de calidad de la energía tiene causas diferentes:

Unos son el resultado de infraestructuras comunes a varios usuarios. Por ejemplo, un fallo en la red puede ocasionar una caída de tensión que afectará a varios utilizadores y cuanto mayor sea el nivel de la avería mayor será el número de clientes afectados, o un problema en la instalación de un abonado puede provocar un fenómeno transitorio que afecte a otros usuarios del mismo subsistema. [5]

Otros problemas, como los armónicos, se generan en la propia instalación del usuario y pueden propagarse, o no, a lamejorar red de distribución y afectar a otros clientes. Los problemas de distorsión armónica se pueden resolver mediante una combinación de adecuados procedimientos de diseño y el empleo de equipos de eliminación o reducción de armónicos de eficacia probada. [5]

### **2.2.3. Analizadores de la calidad de la energía.**

Para poder analizar la calidad de suministro eléctrico es necesaria la instalación de analizadores de medida eléctrica, más complejos, precisos y completos que un sencillo medidor eléctrico. [5]

Un analizador eléctrico de calidad de suministro, debe ser capaz de analizar por sí mismo todos los fenómenos eléctricos no deseados que podrían afectar a la carga o a la fuente suministradora de la energía eléctrica. [5]

En el caso de sistemas de corriente alterna, deberá ser capaz de realizar osciloperturbografías con un muestreo superior a las 128 muestras por ciclo eléctrico (50 o 60 ciclos por segundo, según sistemas en el caso más habitual) y por canal de medida, sin multiplexación de ningún tipo de los muestreos de los diversos canales, analizando los ciclos pre y post evento. [5]

Es Necesario que también sea capaz de categorizar los fenómenos registrados según dicten las normas vigentes anteriormente mencionadas. [5]

La precisión de medida, debe ser al menos del tipo fiscal clase 0,2s, ya que debe exigirse la mayor precisión posible. [5]

Los analizadores de calidad de suministro eléctrico, deben estar instalados continuamente en el punto de acometida de la compañía distribuidora al cliente.

Los equipos portátiles no son recomendables ya que no se encuentran constantemente analizando y podrían ser retirados o desconectados, invalidando cualquier tipo de campaña de medida. [5]

Existen muchos fabricantes de analizadores en el mercado, asociaciones y universidades con departamentos especializados en analizar la calidad de suministro eléctrico.

#### **2.2.4. Diagramas unifilares.**

UNIFILAR se refiere a una sola línea para indicar conexiones entre diferentes elementos, tanto de conducción como de protección y control. [6]

Los diagramas son muy útiles cuando se trata de interpretar de manera sencilla por donde se conduce y hasta donde llega la electricidad. Generalmente incluyen dispositivos de control, de protección y de medición, aunque no se limiten solo a ellos. [6]

El uso de Diagramas Unifilares se recomienda en planos de Instalaciones Eléctricas de todo tipo, sobre todo cuando estas incluyen varios circuitos o ramales. Se complementan de manera esencial con los Diagramas de Conexiones. Con ambos esquemas quien realiza una instalación eléctrica sabe perfectamente por donde “tender” cada uno de los conductores físicamente. [6]

No existe una Norma Oficial respecto de la elaboración de estos diagramas, por lo tanto la forma de hacerlos se deja prácticamente a criterio del técnico electricista, pero si, respetando siempre la simbología oficial en materia de Instalaciones Eléctricas. Se pueden hacer en forma vertical o bien horizontalmente. [6]

### 2.2.5. Pararrayos y mallado de puesta a tierra.

La importancia de entender el comportamiento de la electricidad y cuáles son sus aplicaciones, hoy en día es un hecho que todas las personas se ven involucradas de cualquier modo con electricidad tanto en sus casas como en el trabajo. De ahí surge la importancia que tiene las protecciones tanto para el hombre como para los aparatos eléctricos. [7]

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa, o también que por falta de aislamiento en uno de los conductores y al quedar en contacto con las placas de los contactos y ser tocados por alguna persona pudiera ocasionarle lesiones o incluso la muerte. [7]

El objetivo de un sistema de puesta a tierra es:

- El de brindar seguridad a las personas
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.
- Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- Mejorar calidad del servicio
- Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobre tensiones generadas.
- Dispersar las cargas estáticas a tierra.

#### 2.2.5.1. Elementos de un sistema de puesta a tierra

Los elementos que usamos para efectuar una instalación de puesta a tierra son los siguientes:

**Electrodos:** Estas son varillas (generalmente de cobre) que sean resistentes a la corrosión por las sales de la tierra, que van enterradas a la tierra a una profundidad de 3m para servirnos como el elemento que nos disipara la corriente en la tierra en caso de alguna falla de nuestra instalación o de alguna sobrecarga, las varillas más usadas para este tipo de instalaciones son las varillas de marca copperweld ya que son las que cumplen con las mejores características. [7]

**Conductor o cable:** este como ya se había mencionado es el que nos permitirá hacer la conexión de nuestro electrodo hacia las demás partes dentro de nuestro edificio. Debe procurarse que este cable no sea seccionado y en caso de ser necesario debe preferentemente ser soldado para poder asegurarse de su contacto y continuidad del sistema de conexión, pero hay que aclarar que no se puede usar cualquier soldadura sino que debe usarse soldadura exotérmica, ya que al calentar el cobre del conductor este puede dañarse y ya no tendría un buen contacto con la soldadura que se le coloque. [7]

Otra cosa importante sobre este conductor es que debe procurarse usar un cable desnudo para que todas las partes metálicas de la instalación queden conectadas a tierra. En el caso de que se use un cable con aislante este debe ser color verde para poder distinguirlo de los otros cables. [7]

## **2.3. Marco teórico.**

### **2.3.1. Parámetros de análisis para la calidad de energía eléctrica en el Hospital Sagrado Corazón de Jesús del Cantón Quevedo.**

#### **2.3.1.1. Armónicos**

Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. [8]

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros. [8]

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 50 ó 60 ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de 50 ó 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. [8]

#### **2.3.1.1.1. Origen de los armónicos.**

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal adsorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo  $j$  respecto a la tensión. [8]

Existen dos categorías generadoras de armónicos:

La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia. Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en *estrella-estrella* con cargas desbalanceadas o con problemas en su puesta a tierra.

Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos. Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna. Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan sobre el sistema de potencia. [8]

El segundo tipo de elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia. [8]

#### **2.3.1.1.2. Equipos que producen armónicos**

##### ***Convertidores Electrónicos de Potencia:***

Equipos de Computación, Control de Luminarias, UPS, Variadores Estáticos de Velocidad, PLC's, Control de Motores, Televisores, Microondas, Fax, Fotocopiadoras, Impresoras, etc. [8]

##### ***Equipos con Arqueo de Electricidad:***

Hornos de Fundición, Balastros Electrónicos, Equipos de Soldadura Eléctrica, Sistemas de Tracción Eléctrica. [8]

### ***Equipos Ferromagnéticos:***

Transformadores operando cerca del nivel de saturación, Balastos magnéticos. [8]

#### **2.3.1.2. Flickers.**

Es un disturbio en la amplitud de la tensión, es de tipo conducido, no simétrico (distinto en cada fase), cuya principal consecuencia es la variación del brillo de las lámparas incandescentes, que causa molestia visual, y que produce cansancio. [9]

Se considera una sensación subjetiva visual del individuo sometido a fluctuaciones de la intensidad de la iluminación. La intensidad luminosa varía con un factor 3.4 a 3.8 veces la variación de la tensión. [9]

El flicker se trata de caracterizar en modo objetivo, a través de un instrumento que realice el modelo de percepción visual de un observador medio, suficientemente representativo. [9]

Para obtener este resultado se han desarrollado experimentalmente curvas que relacionan, para determinado tipo de fluctuación de tensión (sensorial, rectangular) la amplitud para la cual el flicker generado se hace perceptible, y la frecuencia correspondiente. [9]

El instrumento de medición ha sido propuesto y puesto a punto por la Unión Internacional de Electrotecnia y es objeto de la publicación 868 del IEC, que define sus características funcionales y constructivas. [9]

La medición del flicker dada como sensación instantánea se expresa en por unidad entendiéndose igual a 1 la salida que el instrumento produce cuando su entrada es el umbral de perceptibilidad. El nivel de flicker por lo tanto es un número que indica cuanto por arriba del umbral de perceptibilidad se presenta la sensación visual correspondiente. [9]

En general las fluctuaciones de tensión generadas por cargas causa de disturbios, tienen características variables en el tiempo y es necesario fijar un periodo de observación considerado significativo y evaluar en modo estadístico la variación de la sensación instantánea en el mismo periodo. [9]

#### **2.3.1.2.1. Flicker de largo termino – Plt.**

Hay aparatos generadores de disturbio que tienen un ciclo de funcionamiento prolongado, para los cuales la evaluación de la severidad del flicker de breve término no es suficiente (por ejemplo: hornos de arco). Para estos casos es necesario definir una metodología de evaluación del flicker de largo término, y es posible adoptar una técnica de elaboración estadística de los datos perfectamente análogos a aquella utilizada para determinar el Pst, en modo de caracterizar el fenómeno con un solo parámetro índice de la severidad. [9]

Aun así ha parecido más práctico subdividir el periodo de observación en muchos lapsos de 10 minutos y obtener para cada uno de ellos el Pst correspondientes. Obtenida así una serie de valores de Pst se podría construir una curva de duración (probabilidades acumuladas) y caracterizarla a través de percentiles oportunamente elegidos, pero se ha preferido utilizar un método de media que ha demostrado producir buenos resultados. [9]

Las ventajas del método son que se mantiene el contenido de información de los Pst singulares, a lo largo de todo el ciclo de funcionamiento del aparato o instalación en examen, y se reducen mucho las necesidades de memoria de un eventual bloque de elaboración estadística, que puede ser incluido en el flickerimetro en modo de obtener directamente en línea la evaluación de la severidad. [9]

Teniendo en cuenta el ciclo medio de operación de las distintas cargas que producen disturbios un tiempo de observación de 2 horas parece razonable para la evaluación del flicker de largo término. [9]

#### **2.3.1.3. Factor de potencia.**

Se define factor de potencia, f.d.p., de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, S. Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón,  $f.d.p = 1$  en cargas puramente resistivas; y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia  $f.d.p = 0$ . [10]

El Factor de Potencia (FP) es la relación entre las Potencias Activa (P) y Aparente (S). Si la onda de corriente alterna es perfectamente senoidal, FP y  $\cos\phi$  coinciden. [10]

Si la onda no fuese perfecta S no estaría únicamente compuesta por P y Q, sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión. A esta componente de distorsión le llamaremos D. [10]

El  $\cos\phi$  (Coseno de  $\phi$ ) no es más que el coseno del ángulo  $\phi$  que forman la potencia activa (P) y la aparente (S) en el triángulo de potencias tradicional. [10]

Se dice que:

Un factor de potencia adelantado significa que la corriente se adelanta con respecto a la tensión, lo que implica carga capacitiva. Potencia reactiva negativa. [10]

Un factor de potencia atrasado significa que la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva. Potencia reactiva positiva. [10]

### 2.3.1.3.1. Importancia del factor de potencia.

Para comprender la importancia del factor de potencia se van a considerar dos receptores con la misma potencia, 1000W, conectados a la misma tensión de 230V, pero el primero con un f.d.p. alto  $\cos\phi_1 = 0,96$  y el segundo con uno bajo  $\cos\phi_2 = 0,25$ . [10]

Primer receptor

$$I_1 = \frac{P_1}{U \cos\phi_1} = \frac{1000W}{230V \cdot 0,96} \simeq 4,53A \quad \text{Ec. 1}$$

$$S_1 = UI_1 = 230V \cdot 4,53A \simeq 1042VA \quad \text{Ec. 2}$$

Segundo receptor

$$I_2 = \frac{P_2}{U \cos\phi_2} = \frac{1000W}{230V \cdot 0,25} \simeq 17,39A$$

$$S_2 = UI_2 = 230V \cdot 17,39A \simeq 4000VA$$

Cotejando ambos resultados, se obtienen las siguientes conclusiones:

Un f.d.p. bajo comparado con otro alto, origina, para una misma potencia, una mayor demanda de corriente, lo que implica la necesidad de utilizar cables de mayor sección. La potencia aparente es tanto mayor cuanto más bajo sea el f.d.p., lo que origina una mayor dimensión de los generadores. Ambas conclusiones nos llevan a un mayor costo de la instalación alimentadora. [10]

Esto no resulta práctico para las compañías eléctricas, puesto que el gasto es mayor para un f.d.p. bajo. Es por ello que las compañías suministradoras penalizan la existencia de un f.d.p. bajo, obligando a su mejora o imponiendo costos adicionales. [10]

#### **2.3.1.3.2. Mejora del factor de potencia.**

A menudo es posible ajustar el factor de potencia de un sistema a un valor muy próximo a la unidad. [10]

Esta práctica es conocida como *mejora o corrección del factor de potencia* y se realiza mediante la conexión a través de conmutadores, en general automáticos, de bancos de condensadores o de inductancias, según sea el caso el tipo de cargas que tenga la instalación. [10]

Por ejemplo, el efecto inductivo de las cargas de motores puede ser corregido localmente mediante la conexión de condensadores. En determinadas ocasiones pueden instalarse motores síncronos con los que se puede inyectar potencia capacitiva o reactiva con tan solo variar la corriente de excitación del motor. [10]

Las pérdidas de energía en las líneas de transporte de energía eléctrica aumentan con el incremento de la intensidad. Como se ha comprobado, cuanto más bajo sea el f.d.p. de una carga, se requiere más corriente para conseguir la misma cantidad de energía útil. Por tanto, como ya se ha comentado, las compañías suministradoras de electricidad, para conseguir una mayor eficiencia de su red, requieren que los usuarios, especialmente aquellos que utilizan grandes potencias, mantengan los factores de potencia de sus respectivas cargas dentro de límites especificados, estando sujetos, de lo contrario, a pagos adicionales por energía reactiva. [10]

La mejora del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con objeto de mantenerlo lo más alto posible. Es por ello que en los casos de grandes variaciones en la composición de la carga es preferible que la corrección se realice por medios automáticos. [10]

#### **2.3.1.3.3. Beneficios de la mejora del factor de potencia.**

- Disminución de la sección de los cables: El aumento de sección de los cables es motivado por un bajo  $\cos \Phi$ . De este modo se ve que cuanto mejor es el factor de potencia (próximo a 1), menor será la sección de los cables. [10]

- Disminución de las pérdidas en las líneas: Un buen factor de potencia permite también una reducción de las pérdidas en las líneas para una potencia activa constante. Las pérdidas en vatios (debidas a la resistencia de los conductores) están, efectivamente, integradas en el consumo registrado por los contadores de energía activa (kWh) y son proporcionales al cuadrado de la intensidad transportada. [10]
- Reducción de la caída de tensión: La instalación de condensadores permite reducir, incluso eliminar, la energía reactiva transportada, y por lo tanto reducir las caídas de tensión en línea. [10]
- Aumento de la potencia disponible: La instalación de condensadores hacia abajo de un transformador sobrecargado que alimenta una instalación cuyo factor de potencia es bajo, y por lo tanto malo, permite aumentar la potencia disponible en el secundario de dicho transformador. De este modo es posible ampliar una instalación sin tener que cambiar el transformador. [10]
- La mejora del factor de potencia optimiza el dimensionamiento de los transformadores y cables. Reduce también las pérdidas en las líneas y las caídas de tensión. [10]

## **2.4. Marco legal.**

### **2.4.1. Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL.**

Con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica de enero 16 de 2015, se presenta un escenario positivo con un modelo de regulación y control fortalecido que recupera la rectoría pública del sector, afianzando un nuevo marco funcional que opera a través de un mercado normado bajo los criterios del servicio eléctrico como un derecho ciudadano; impulsando además las inversiones y el desarrollo del sector para alcanzar la soberanía energética. [11]

La ARCONEL en el poco tiempo de creación ha dado pasos firmes en la consolidación de un futuro promisorio en el sector eléctrico y el desarrollo nacional. El país a mediano plazo, tendrá capacidad de autoabastecimiento a través de una producción limpia, con un componente hídrico que superará el 90% en el año 2016, que en términos de soberanía energética nos proyecta como líderes en un proceso de integración regional. [11]

Para alcanzar el cambio de la matriz energética, de trascendental importancia para el país, las funciones de regulación y control del sector eléctrico se orientan hacia el futuro de acuerdo a ejes estratégicos: gestión institucional, planificación integral, trabajo en equipo y

gestión de calidad en los procesos, con la finalidad de lograr objetivos orientados a incrementar la oferta de generación, reforzar las redes de transmisión y subtransmisión, promoción del uso eficiente de la energía eléctrica, modernización de los servicios de distribución y comercialización de la electricidad, mejoramiento de la calidad y cobertura del servicio eléctrico en el país. [11]

Con la expedición de esta nueva Ley, la ARCONEL continúa con las responsabilidades de regular y controlar las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general, precautelando los intereses de la ciudadanía. Se encarga de la regulación de los aspectos técnico-económicos y operativos del sector, y continúa elaborando pliegos tarifarios, emitiendo regulaciones y efectuando los controles correspondientes; además, enfatiza su accionar en la emisión de regulaciones para la calidad, confiabilidad, seguridad y alumbrado público; y, estableciendo mecanismos para la protección de derechos de los consumidores finales. [11]

#### **2.4.1.1. Misión y visión de la ARCONEL.**

**Misión:** Regular y controlar los servicios públicos de suministro de energía eléctrica y de alumbrado público general, en beneficio de la ciudadanía ecuatoriana, promoviendo su prestación con alta calidad, precios justos y responsabilidad socio – ambiental. [12]

**Visión:** Ser reconocidos por ser el mejor organismo de regulación y control de servicios públicos en el Ecuador. [12]

#### **2.4.1.2. Atribuciones y deberes de la ARCONEL.**

De acuerdo con el artículo 15 de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad posee como atribuciones y deberes:

- Regular aspectos técnico-económicos y operativos de las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general; [13]
- Dictar las regulaciones a las cuales deberán ajustarse las empresas eléctricas; el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y los consumidores o usuarios finales; sean estos públicos o privados, observando las políticas de eficiencia energética, para lo cual están obligados a proporcionar la información que le sea requerida; [13]

- Controlar a las empresas eléctricas, en lo referente al cumplimiento de la normativa y de las obligaciones constantes en los títulos habilitantes pertinentes, y otros aspectos que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable defina; [13]
- Coordinar con la Autoridad Ambiental Nacional los mecanismos para la observancia al cumplimiento de la normativa jurídica, por parte de las empresas eléctricas, relacionada con la protección del ambiente y las obligaciones socio ambientales determinadas en los títulos habilitantes; [13]
- Realizar estudios y análisis técnicos, económicos y financieros para la elaboración de las regulaciones, pliegos tarifarios y acciones de control; [13]
- Establecer los pliegos tarifarios para el servicio público de energía eléctrica y para el servicio de alumbrado público general; [13]
- Establecer mediante resolución del Directorio y previa solicitud debidamente sustentada de las empresas eléctricas de distribución, contribuciones especiales de mejora a los consumidores o usuarios finales del servicio de una determinada zona geográfica, por obras relacionadas con los sistemas de distribución eléctrica y de alumbrado público de dicha zona, que no consten en el Plan Maestro de Electricidad y que beneficien a dichos consumidores o usuarios finales del servicio. Para el efecto, las empresas eléctricas que ejecuten las obras establecerán las zonas de influencia de la obra, estando los propietarios de inmuebles de dichas zonas obligados al pago de la contribución especial. [13]

El valor de las obras ejecutadas será dividido a prorrata entre los propietarios de inmuebles ubicados en la zona de influencia de la obra y podrá ser cobrado en las facturas o planillas de servicio eléctrico hasta en 60 meses. [13]

- Preparar los informes y estudios que sean requeridos por la entidad rectora;
- Implementar, operar y mantener el sistema único de información estadística del sector eléctrico; [13]
- Ejercer, de conformidad con la ley, la jurisdicción coactiva en todos los casos de su competencia; [13]
- Tramitar, investigar y resolver las quejas y controversias que se susciten entre los partícipes del sector eléctrico, dentro del ámbito de su competencia, de conformidad con la regulación que para el efecto se expida, cuyas resoluciones serán de carácter vinculante y de cumplimiento obligatorio; [13]

- Conocer, tramitar y resolver sobre los incumplimientos e imponer las sanciones por las infracciones a la presente ley, a sus reglamentos, títulos habilitantes y demás normativa aplicable en materia de energía eléctrica; [13]
- Presentar al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, dentro del primer trimestre de cada año, un informe de actividades del año inmediato anterior; [13]
- Recibir, poner en conocimiento de la Autoridad Ambiental Nacional y hacer el seguimiento, a las denuncias que se presentaren sobre el incumplimiento de normas ambientales y de prevención de la contaminación; [13]
- Fomentar, promover y capacitar a todos los actores del sector eléctrico sobre las actividades de prevención y control de la contaminación así como los procesos para la mitigación de impactos ambientales; [13]
- Imponer la sanción de suspensión o establecer la intervención de las entidades bajo su competencia; y; [13]
- Ejercer las demás atribuciones que establezcan esta ley y su reglamento general. [13]

#### **2.4.1.3. Regulación N° CONELEC 004/01.**

En la actual legislación ecuatoriana, en el ámbito eléctrico existen varias regulaciones que garantizan un suministro eléctrico continuo y confiable relacionando los sistemas eléctricos de potencia en todas sus etapas con estándares mínimos de calidad, procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las empresas distribuidoras así como los grandes consumidores.

Dentro de los aspectos de calidad sujetos a verificación tenemos:

##### **Calidad del Producto:**

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje
- c) Factor de Potencia

##### **Calidad del Servicio Técnico:**

- a) Frecuencia de Interrupciones
- b) Duración de Interrupciones

**Calidad del Servicio Comercial:**

- a) Atención de Solicitudes
- b) Atención de Reclamos
- c) Errores en Medición y Facturación

Dado el objeto de estudio del presente proyecto de investigación, nuestro enfoque será en la calidad del producto.

## **CAPITULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Localización.**

El Hospital Sagrado Corazón de Jesús se inauguró como hospital hace 32 años, previo a esto la misma infraestructura física se desarrollaba como Centro de Salud. Se encuentra ubicado en el cantón Quevedo, Av. Guayacanes N° 400 perteneciente a la Parroquia Siete de Octubre.

Está clasificado como hospital básico y cuenta con cuatro servicios básicos que son pediatría, medicina interna, cirugía y ginecología. Cuenta también con servicios de apoyo como laboratorio, rayos x, tomografía, ecografía, mamografía, lavandería y costura, nutrición y farmacia; con la dotación de 71 camas su área de cobertura es el cantón Mocache y Quevedo cabecera cantonal y recibe áreas de influencia de los cantones de Buena Fe, Valencia y de las provincias de Cotopaxi, Guayas y Manabí.

Las estadísticas indican que el hospital tiene una media de atención diaria de 895 personas entre los servicios de emergencia y de consulta externa.

### **3.2. Tipo de investigación.**

#### **3.2.1. Investigación de campo.**

Para realizar el levantamiento de la infraestructura eléctrica se dialogó con el Director del Hospital Sagrado Corazón de Jesús del cantón Quevedo (HSCJ) quien dispone al personal de mantenimiento facilitar la información requerida y acceso a los cuartos de máquinas y tableros eléctricos.

Se instala un analizador de redes con captura de datos programada para posteriormente analizar los parámetros que inciden en la calidad del servicio de energía eléctrica y la revisión del estado actual de las redes de distribución.

#### **3.2.2. Investigación Bibliográfica.**

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como referencia las regulaciones dispuestas por la Agencia de Regulación y Control de la Energía (ARCONEL) e investigaciones similares en hospitales de nuestro país.

Los datos descriptivos fueron proporcionados por el Departamento de Estadísticas, Administración y mantenimiento sustentando de manera real este estudio.

### **3.2.3. Investigación Descriptiva.**

Se procede a realizar el análisis del sistema de distribución de energía del HSCJ, de la calidad del suministro eléctrico y su comportamiento frente a las horas de máxima demanda e interrupciones del servicio público.

## **3.3. Métodos de investigación.**

### **3.3.1. Método inductivo.**

Mediante la conexión de un analizador de redes eléctricas se pudo capturar los parámetros incidentes en la calidad de la energía para ser contrastados con la regulación impuesta por el ARCONEL y determinar si cumple o no las exigencias mínimas requeridas.

### **3.3.2. Método deductivo.**

Desde la alimentación trifásica de media tensión se tiene la cámara de transformación con un equipo con capacidad suficiente y necesaria para los requerimientos energéticos del HSCJ pero no así con los tableros de distribución que actualmente están al máximo de su capacidad de alojamiento e incluso limite térmico para ciertos casos como consecuencia de ampliaciones de infraestructura física sin estudios de la red eléctrica.

### **3.3.3. Método analítico.**

Se realiza el estudio de los parámetros obtenidos del analizador de redes aguas abajo del transformador principal de distribución y de la red de suministro eléctrico del HSCJ.

## **3.4. Fuentes de recopilación de información.**

### **3.4.1. Primarias**

El departamento de mantenimiento proporcionó información referente a las ampliaciones ejecutadas, los problemas frecuentes que interrumpen la operatividad del HSCJ y los eventos tales como instalación de nuevos equipos que han sido conectados a la misma red.

El estado de los tableros se evidenció mediante observación directa.

Los parámetros de incidencia de la calidad se obtuvieron por medio del analizador de redes.

### 3.4.2. Secundarias

Datos del departamento estadístico de Hospital Sagrado Corazón de Jesús de Quevedo.

Información de la página de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL.

Se utilizó tesis de grado e internet, como fuentes de información secundaria.

### 3.5. Diseño de la investigación.

La investigación es básicamente experimental, el HSCJ cuenta con cuatro transformadores de distribución ubicados según la siguiente tabla:

**Tabla 2. Transformadores existentes en el HSCJ.**

<b>Transformador</b>	<b>Área de servicio</b>
500 kva	Carga general
150 kva	Exclusivo tomografía
75 kva	Conectado, sin carga
50 kva	Exclusivo Rayos X

**Fuente:** DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

La selección del transformador a estudiar se realizó identificando al equipo que abastecía la carga general.

El analizador de redes fue conectado al equipo de 500 KVA al cual denominamos transformador principal, la captura de datos fue programada con intervalos de diez minutos por un lapso de 7 días que incluyeron fin de semana, día regular y feriado según las indicaciones del ARCONEL.

El estudio de la red de distribución se realizó a toda la infraestructura eléctrica del HSCJ desde la red de alimentación primaria hasta los puntos de entrega de los centros de carga.

### 3.6. Instrumentos de la investigación.

Desafortunadamente el HSCJ no cuenta con planos arquitectónicos ni mucho menos eléctricos y la información obtenida proviene mayormente de la retentiva del personal de mantenimiento. Por tal motivo, el principal instrumento de investigación es el equipo analizador de redes y de calidad de la energía Fluke 1744.

### 3.7. Tratamiento de los datos.

Para la extracción y manipulación de las magnitudes de los parámetros eléctricos de estudio fue necesario el software PQLog proporcionado por Fluke Corporation quien es el fabricante del analizador de redes utilizado en la presente investigación

La tabulación de los datos se realizó con la herramienta informática Microsoft Excel 2013.

El diagrama unifilar fue realizado empleando el software AutoCAD 2016.

### 3.8. Recursos humanos y materiales.

La apertura y apoyo de quienes forman parte de la administración del HSCJ fue fundamental para el desarrollo de la presente investigación, a continuación sus nombres:

**Tabla 3. Recursos humanos de la investigación**

<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>
Dra. Rita Arana Manjarrez	Directora del HSCJ
Lic. José Luis Peñafiel	Líder de Administración
Sr. Ángel Minidolaza	Técnico de Mantenimiento
Tec. Francisco Tigua	Auxiliar de Mantenimiento
Sr. Carlos Robles	Auxiliar de Mantenimiento
Ing. Jimmy Riofrio	Departamento de pérdidas de CNEL
Sr. Carlos Bermeo	Técnico de CNEL

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Los materiales, equipos y herramientas empleados para llevar a cabo la investigación fueron los siguientes:

**Tabla 4. Materiales para la investigación.**

<b>MATERIAL</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>HERRAMIENTA</b>
Tablero de mano	Analizador Fluke 1744	Destornilladores
Hojas de papel bond	Amperímetro Fluke 375	Guantes de seguridad
Lápices	Computador portátil	Casco de seguridad
Esferográficos	Cámara digital	Alicate
		Escaleras de fibra de vidrio

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1. Auditoría energética del Hospital Sagrado Corazón de Jesús.**

### **4.1.1. Planos eléctricos de la red de distribución del Hospital.**

Previo al inicio del presente estudio, fueron solicitados los planos de la infraestructura eléctrica pero dirigentes de turno indicaron que no reposan en archivo alguno ni físico ni digital los planos arquitectónicos y eléctricos del diseño original del hospital y que aun teniéndolos estos estarían alejados de la realidad puesto que desde alrededor de 30 años han efectuado modificaciones civiles.

En vista de aquello se procede a realizar el levantamiento de la infraestructura eléctrica a fin de tener plasmada la realidad actual de las redes siendo esta una de las principales herramientas para analizar el estado de las mismas y las mejoras a emplear.

### **4.1.2. Acometida de media tensión.**

La alimentación en media tensión es de tipo aérea desde el Alimentador San José Sur de la subestación Quevedo Sur hasta el patio posterior del hospital terminando en una estructura centrada retenida en poste de hormigón de 11x500 m/kg-r, conductor AS<sup>1</sup>CR calibre 2 AWG<sup>2</sup> y cajas portafusibles del tipo unipolar abierto clase 100. Desde este punto parten 3 acometidas subterráneas con cable apantallado y aislado a 15KV, calibre 2 AWG conducidos por ductos de hormigón hasta cada uno de los transformadores.

**Figura 1. Acometida trifásica en media tensión.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

---

<sup>1</sup> ACSR Aluminum Conductors Steel Reinforced

<sup>2</sup> AWG American Wire Gauge

### 4.1.3. Sistema de medición de energía.

La medición de energía es de forma indirecta con equipo Transformix 25-50-75/5 que da un valor reflejo de la corriente real hasta el contador digital marca ELSTER equipado con telemetría. Está ubicado en el poste de retención final del alimentador aéreo.

**Figura 2. Sistema de medición de energía.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN  
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

### 4.1.4. Cámaras de transformación

Existen 2 cámaras de transformación separadas entre si por una pared de hormigón armado cuyas dimensiones son las siguientes:

**Tabla 5. Dimensiones de las cámaras de transformación.**

<b>CÁMARA TRANSFORMADOR 500 KVA</b>	<b>CÁMARA TRANSFORMADOR 75 KVA</b>
2 x 3 x 3 metros	1.5 x 2 x 3 metros

**Fuente:** DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HSCJ

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Para el caso del transformador padmounted es concluyente que no necesita cámara y el otro convencional tipo tanque está montado en poste.

#### 4.1.4.1. Transformador de 500 KVA.

Este transformador es el principal, fue instalado en reemplazo de un equipo de 300 KVA debido a los incrementos de carga que se habían presentado hasta entonces. Es de tipo convencional, trifásico, con sistema de enfriamiento de aceite más radiadores, purga de aceite y cambiador de derivaciones.

**Figura 3. Transformador de distribución principal.**



Fuente: LA INVESTIGACIÓN

Elaborado por: Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Tabla 6. Características del transformador de distribución principal.**

<b>MARCA</b>	MORETRAN
<b>POTENCIA NOMINAL</b>	500 KVA
<b>FASES</b>	3
<b>TENSION PRIMARIO</b>	13860/12540 V
<b>TENSION SECUNDARIO</b>	220/127 V
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz
<b>GRUPO DE CONEXIÓN</b>	Dyn5
<b>BIL</b>	95 KV
<b>CLASE</b>	OA
<b> AISLANTE</b>	ACEITE MINERAL
<b>PESO TOTAL</b>	1800 Kg
<b>AÑO DE FABRICACION</b>	2004

Fuente: LA INVESTIGACIÓN

Elaborado por: Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.4.2. Transformador de 75 KVA.

Este transformador actualmente está en desuso pero se mantiene conectado a la red, técnicos del hospital indican que este equipo daba servicio exclusivamente al equipo de tomografía por su voltaje de operación que es 460 V. Es de tipo convencional, trifásico, con sistema de enfriamiento de aceite más radiadores, purga de aceite y cambiador de derivaciones.

**Figura 4. Transformador de Tomografía antiguo.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Tabla 7. Características del transformador de tomografía antiguo.**

<b>MARCA</b>	INATRA
<b>POTENCIA NOMINAL</b>	75 KVA
<b>FASES</b>	3
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz
<b>TENSION PRIMARIO</b>	13800 V
<b>TENSION SECUNDARIO</b>	400 V
<b>GRUPO DE CONEXIÓN</b>	Dyn5
<b>BIL</b>	95 KV
<b>CLASE</b>	OA
<b> AISLANTE</b>	ACEITE MINERAL
<b>OPERACIÓN</b>	3000 msnm
<b>PESO TOTAL</b>	462 Kg
<b>AÑO DE FABRICACION</b>	2009

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.4.3. Transformador de 150 KVA.

Este transformador se encuentra ubicado en el patio exterior junto a la sala de espera de laboratorio clínico, actualmente suministra energía al tomógrafo. Es de tipo pedestal o padmounted, trifásico, con sistema de enfriamiento de aceite más radiadores, purga de aceite y cambiador de derivaciones.

**Figura 5. Transformador de tomografía actual.**



Fuente: LA INVESTIGACIÓN

Elaborado por: Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Tabla 8. Características del transformador de tomografía actual.**

<b>MARCA</b>	ECUATRAN
<b>POTENCIA NOMINAL</b>	150 KVA
<b>FASES</b>	3
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz
<b>TENSION PRIMARIO</b>	14490/13110 V
<b>TENSION SECUNDARIO</b>	415/240 V
<b>GRUPO DE CONEXIÓN</b>	Dyn5
<b>BIL</b>	95 KV
<b>CLASE</b>	OA
<b> AISLANTE</b>	ACEITE MINERAL
<b>OPERACIÓN</b>	3000 msnm
<b>PESO TOTAL</b>	2200 Kg
<b>AÑO DE FABRICACION</b>	2015

Fuente: LA INVESTIGACIÓN

Elaborado por: Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.4.4. Transformador de 50 KVA

Este transformador es de tipo convencional, monofásico, con sistema de enfriamiento por aceite. Actualmente está dando servicio únicamente al equipo de Rayos X.

**Figura 6. Transformador de equipo de rayos x.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Tabla 9. Características del transformador del equipo de rayos x.**

<b>MARCA</b>	WESTINGHOUSE
<b>POTENCIA NOMINAL</b>	50 KVA
<b>FASES</b>	1
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz
<b>TENSION PRIMARIO</b>	7960/7250 V
<b>TENSION SECUNDARIO</b>	240/120 V
<b>BIL</b>	95 KV
<b>CLASE</b>	OA
<b> AISLANTE</b>	ACEITE MINERAL
<b>OPERACIÓN</b>	3000 msnm
<b>PESO TOTAL</b>	280 Kg
<b>AÑO DE FABRICACION</b>	1999

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### **4.1.5. Conductores.**

Para el transformador de 500 KVA, aguas abajo existen 2 conductores de calibre 500KCMIL clase THHN por cada fase, más 1 conductor de calibre 500KCMIL clase THHN<sup>3</sup> para el neutro.

Para el transformador de 75 KVA, aguas abajo existen 2 conductores de calibre 2AWG clase TTU por cada fase, más 2 conductores de calibre 4AWG clase TTU<sup>4</sup> para el neutro.

Para el transformador de 150 KVA PADMOUNTED, aguas abajo existen 2 conductores de calibre 2AWG clase THHN por cada fase, más 1 conductor de calibre 2AWG clase THHN para el neutro.

Para el transformador de 50 KVA, aguas abajo existe una acometida aérea desde los bushing del secundario hasta el tablero de control de la sala de Rayos X y está compuesta por 3 conductores de cobre calibre 2AWG y tipo TTU para fases y neutro.

#### **4.1.6. Cuarto de generadores.**

El HSCJ cuenta con dos generadores, ambos con motor de combustión interna, combustible diésel, dinamos tipo jaula de ardilla, 60 kilovatios de capacidad, uno con transferencia manual y otro con transferencia automática.

El generador con transferencia manual, por información del personal de mantenimiento, fue instalado en el año 1978, es decir tiene 38 años de servicio. Al momento presenta fugas de aceite y combustible, no existe registro de mantenimientos. Las maniobras de encendido y operación son rústicas dando lugar a posibles daños de la integridad física del operador y de los equipos.

El generador con transferencia automática, por información del personal de mantenimiento, fue instalado en el año 1998, es decir tiene 18 años de servicio. Al momento se encuentra operativo, sin aparentes daños mecánicos, tampoco tiene registro de mantenimientos y es el que suministra energía a las áreas críticas en caso de ausencia del servicio público.

---

<sup>3</sup> THHN Thermoplastic High Heat Nylon

<sup>4</sup> TTU Thermoplastic Thermosetting Underground

**Tabla 10. Características de los generadores.**

<b>Detalle</b>	<b>Generador 1</b>	<b>Generador 2</b>
Marca motor	Deutz	Perkins
Marca generador	Markon	Olimpyan
Capacidad	60 Kw	60 Kw
Factor de potencia	0.80	0.80
Voltaje	230	220/127
Corriente	188	196.8
RPM	1800	1800
Tipo transferencia	Manual	Automática
Año de fabricación	1976	1998
Año de instalación	1978	1998

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Figura 7. Generador Perkins 60Kw.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Figura 8. Generador Deutz 60Kw.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

## 4.1.7. Tableros de distribución.

### 4.1.7.1. Tablero general normal (TGN)

Es un gabinete metálico de doble fondo, con dimensiones 100 x 180 x 60 cm, su alimentación es desde el transformador de 500 KVA hasta el tablero de medición de corriente con 2 conductores calibre 4/0AWG para las fases y 1 conductor 4/0AWG para el neutro, ambos de clase TTU aislados a 1000V.

Está conformado por el conjunto de disyuntores, platinas de cobre de 4" x 20 mm de espesor, abierto en su parte baja para tener contacto con las trincheras y en la parte superior los equipos de medición de voltaje y corriente en perfecto funcionamiento. Las luces piloto están en mal estado.

**Figura 9. Tablero General Normal.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

El contenido del tablero se detalla a continuación:

- Disyuntor principal termomagnético, 3 polos, 1000 amperios
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 300 amperios, secciona al subtablero ubicado en el pasillo de la sala de urgencias.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 250 amperios, se interconecta al TTA para luego dar suministro al TPE ubicado en el pasillo de la sala de urgencias.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 200 amperios, se interconecta al TTM para luego dar suministro al TGE ubicado en el cuarto de generadores.

- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 150 amperios, secciona al subtablero que da suministro a lavandería.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, actualmente no tiene carga asignada.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 250 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a los equipos de climatización del pabellón de imagenología incluido el equipo de Ecografía. Solo está en uso 2 de 3 polos.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 250 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a los equipos de climatización del primer piso alto

En este tablero se evidencia que no existe capacidad física para incrementos de carga a excepción de un disyuntor que está libre.

#### 4.1.7.2. Tablero principal normal (TPN)

Es un gabinete metálico de doble fondo, con dimensiones 80 x 100 x 60 cm, su alimentación es desde el Tablero General Normal TGN con 1 conductor de calibre 2/0AWG para cada fase y 1 conductor 1/0AWG para el neutro, ambos de clase TTU aislados a 1000V.

Está conformado por el conjunto de disyuntores, platinas de cobre de 4" x 20 mm de espesor, abierto en la parte superior para conectarse con las rieles de sujeción de los conductores y en su panel frontal los equipos de medición de voltaje, corriente y luces piloto sin funcionar.

**Figura 10. Tablero Principal Normal.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

El contenido del tablero se detalla a continuación:

- Disyuntor principal termomagnético, 3 polos, 300 amperios
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a todos los equipos de la sala de urgencias.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a la caseta de control y alumbrado ornamental de los exteriores. Se están utilizando solo dos polos.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al pabellón de hospitalización de los servicios de Pediatría, Medicina Interna y Cirugía.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al quirófano general. No incluye los equipos de aire acondicionado.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 30 amperios, secciona a 1 equipo de aire acondicionado.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da al pabellón de hospitalización de los servicios de Obstetricia y Neonatología. No incluye los equipos de aire acondicionado.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 50 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al quirófano de la Sala de Partos. No incluye los equipos de aire acondicionado.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 125 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a los equipos de esterilización (autoclaves).
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 160 amperios, secciona al secciona al subtablero que da suministro a las centrales de 120 000 BTU del quirófano general y de la sala de partos.

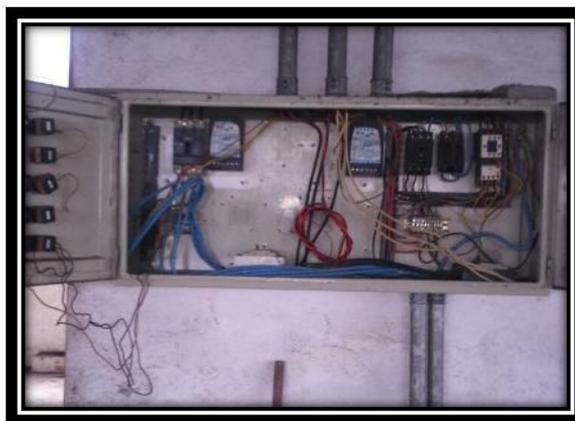
En este tablero se evidencia que existe un disyuntor adicional (centrales de aire acondicionado) que ha sido ubicado en la base del tablero debido a que no existe capacidad física para incremento siendo alimentado desde los terminales de otro disyuntor exigiendo el límite térmico del mismo.

#### 4.1.7.3. Tablero de centrales de aire acondicionado de quirófanos.

Para la sala de quirófano general y sala de partos existen dos unidades de aire acondicionado centralizadas tipo paquete, trifásicas, 120000 BTU y se encuentran instaladas en la terraza del bloque principal.

La acometida de alimentación viene del TPN con tres conductores calibre 4AWG, tipo TTU aislados a 1000 Voltios.

**Figura 11. Tablero centrales a/c quirófanos.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Es evidente la falta de mantenimiento y el personal indica que mantienen abiertas las puertas debido a las altas temperaturas que se generan en el interior

#### 4.1.7.4. Tablero de transferencia automática (TTA)

Este tablero se ubica junto al generador Perkins/Olimpian de 75 KW, es de marca ABB y se compone de dos contactores que se conmutan por medio de la tarjeta electrónica ubicada tras el panel de indicadores y selectores en la parte frontal de la misma.

Los selectores del TTA nos permiten la operación en modo automático, manual y comprobación instantánea de funcionamiento. La programación esta efectuada para los siguientes casos:

- Pérdida total de energía de la red pública.
- Pérdida de una de las fases de alimentación.
- Inversión de fases.

La acometida parte de un disyuntor de 3 polos, 250 amperios del TGN con 2 conductores tipo THHN calibre 1/0AWG para las fases y 1 conductor 1/0AWG para el neutro.

Como fuente de respaldo tiene la acometida del generador arriba descrito a través de 4 conductores calibre 2AWG de clase TTU para fases y neutro.

**Figura 12. Tablero de transferencia automática.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### **4.1.7.5. Tablero de transferencia manual (TTM)**

Este tablero se ubica junto al generador Deutz/Markon de 75 KW, sin marca, se compone de un breaker principal de 3 polos, 125 amperios, en su panel tiene horometro, frecuencímetro y medidores de voltaje y corriente. La conmutación es de manera manual por medio de un tripolar.

La operación del mismo se detalla a continuación:

- Encender el generador de manera manual con la llave en el switch.
- Ajustar las RPM del motor hasta visualizar 60Hz.
- Cambiar de posición el tripolar para conmutar la fuente de energía del generador.

La acometida que parte de un disyuntor de 3 polos, 250 amperios del TGN con 2 conductores tipo THHN calibre 1/0AWG para las fases y 1 conductor 1/0AWG para el neutro.

Como fuente de respaldo tiene la acometida del generador arriba descrito a través de 4 conductores calibre 2AWG de clase TTU para fases y neutro.

Es evidente que la operación no es técnica, insegura en lo absoluto dando lugar a posibles errores que pueden costar la vida del operador y daños en los equipos.

**Figura 13. Tablero de transferencia manual.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### **4.1.7.6. Tablero general de emergencia (TGE).**

Es un gabinete metálico de doble fondo, con dimensiones 80 x 100 x 60 cm, su alimentación es desde el Tablero General Normal TGN con 1 conductor de calibre 1/0AWG para cada fase y 1 conductor 2AWG para el neutro, ambos de clase TTU aislados a 1000V, pasando luego por el Tablero de Transferencia Manual TTM.

En caso de ausencia del suministro de energía de la red pública, entra en conmutación el generador Deutz/Markon posterior a las maniobras descritas que deben ser realizadas por los operadores.

Está conformado por el conjunto de disyuntores, platinas de cobre de 4" x 20 mm de espesor, abierto en la parte inferior para conectarse con las trincheras, no posee instrumentos de medición.

**Figura 14. Tablero general de emergencia.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

El contenido del tablero se detalla a continuación:

- Disyuntor principal termomagnético, 3 polos, 200 amperios
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 125 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al taller de mantenimiento.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al subtablero que da suministro a la caseta de bombas ubicada en el perfil izquierdo de los patios del hospital.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona a los centros de carga que da suministro al pabellón administrativo.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 50 amperios, secciona al subtablero que da suministro a la cámara fría de conservación de alimentos.

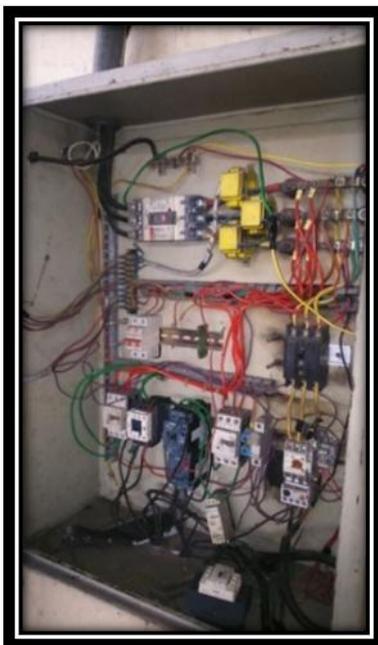
#### **4.1.7.7. Tablero de bombas.**

El Hospital sagrado Corazón de Jesús cuenta con 2 cisternas de almacenamiento de agua, una se abastece de la red de agua pública con un volumen de 1000 metros cúbicos y la otra de un pozo profundo con un volumen de 800 metros cúbicos.

El sistema hidroneumático se compone de dos tanques de presión, compresor de aire, dos bombas monofásicas de 5 HP y un sistema de control de operación con sensores de presión mecánicos.

La alimentación al gabinete de doble fondo es desde el TGE con un disyuntor de 2 polos 100 amperios, luego al salir de la trinchera se conecta a una estructura aérea en postes de hormigón con red desnuda, trifásica cuatro hilos, calibre #2 ASC y una longitud de 350 metros.

**Figura 15. Tablero de bombas.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Es evidente la falta de mantenimiento tanto a la caseta como al tablero eléctrico. Sin embargo es más preocupante que la acometida de alimentación de energía esta floja, cubierta con maleza y al ser red desnuda esta próxima a crear cortocircuito.

#### **4.1.7.8. Tablero principal de emergencia (TPE).**

Es un gabinete metálico de doble fondo, con dimensiones 80 x 100 x 60 cm, su alimentación es desde el Tablero General Normal TGN con 1 conductor de calibre 2/0AWG para cada fase y 1 conductor 1/0AWG para el neutro, ambos de clase TTU aislados a 1000V, pasando luego por el Tablero de Transferencia Automática TTA.

En caso de ausencia del suministro de energía de la red pública, entra en conmutación el generador Perkins/Olimpyan de manera automática.

Está conformado por el conjunto de disyuntores, platinas de cobre de 4" x 20 mm de espesor, abierto en la parte superior para conectarse con las rieles de sujeción de los conductores y en su panel frontal los equipos de medición de voltaje, corriente y luces piloto sin funcionar.

**Figura 16. Tablero principal de emergencia.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

El contenido del tablero se detalla a continuación:

- Disyuntor principal termomagnético, 3 polos, 200 amperios
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al quirófano de la Sala de Partos y alumbrado de emergencia.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al centro de carga que da suministro al quirófano general y alumbrado de emergencia.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 50 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a las tomas y alumbrado de emergencia del pabellón de hospitalización de los servicios de Obstetricia y Neonatología.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 30 amperios, se encuentra en desuso.

- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 75 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a las tomas y alumbrado de emergencia del pabellón de hospitalización de los servicios de Pediatría, Medicina Interna y Cirugía.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona la red de alumbrado de emergencia de los pasillos de la planta baja.

#### **4.1.7.9. Tablero de diagnóstico por imágenes (TRX).**

Este tablero está situado en la cabina de mando del equipo de radiografías. Sus dimensiones son de 20 x 40 x 15 cm, es de fondo simple y aloja únicamente un disyuntor de 2 polos, 200 amperios.

Aguas abajo del disyuntor salen 3 acometidas con conductor concéntrico ST-C calibre 3x12 AWG y una acometida con 3 conductores calibre 6 AWG para fases y neutro. El detallado a continuación:

- Acometida 1 da servicio al circuito de tomacorrientes de la sala.
- Acometida 2 da servicio al circuito de iluminación de la sala.
- Acometida 3 da servicio al equipo de Aire Acondicionado.
- Acometida 4 da servicio al equipo de Rayos X.

La alimentación es aérea y proviene de los bushing del secundario del transformador de 50KVA instalado en poste ubicado en el parterre de la avenida Guayacanes con conductores de cobre de clase TTU y calibre 2AWG para las fases y neutro.

**Figura 17. Tablero de equipo de rayos x.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

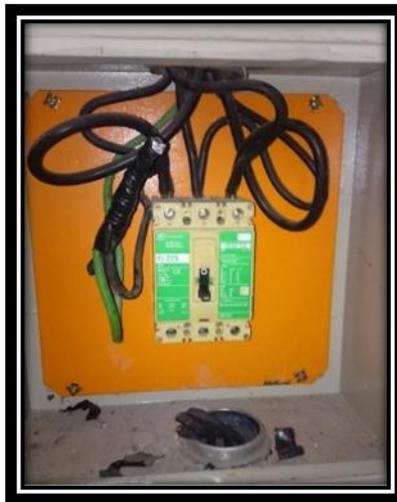
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.7.10. Tablero de diagnóstico por imágenes (TTAC).

Este tablero está situado en la cabina de mando del equipo de tomografía. Sus dimensiones son de 30 x 60 x 20 cm, es de doble fondo y su contenido es el siguiente:

La alimentación es subterránea y proviene de los bushing del secundario del transformador padmounted de 150KVA instalado en los patios del área de espera del servicio de laboratorio.

**Figura 18. Tablero de equipo de tomografía.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.7.10.1. Energía de respaldo para el servicio de TAC.

El servicio de tomografía, dado su voltaje de operación y su necesidad de un suministro libre de variaciones, cuenta con generación de respaldo de un UPS Online de las siguientes características:

**Tabla 11. Características del UPS de tomografía.**

DETALLE	VALOR
MARCA	GENERAL ELECTRIC
TENSION	415 VAC
CAPCIDAD	80 KVA
FACTOR DE POTENCIA	0.8
FUENTE	BANCO DE BATERIAS

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Figura 19. UPS de tomografía.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

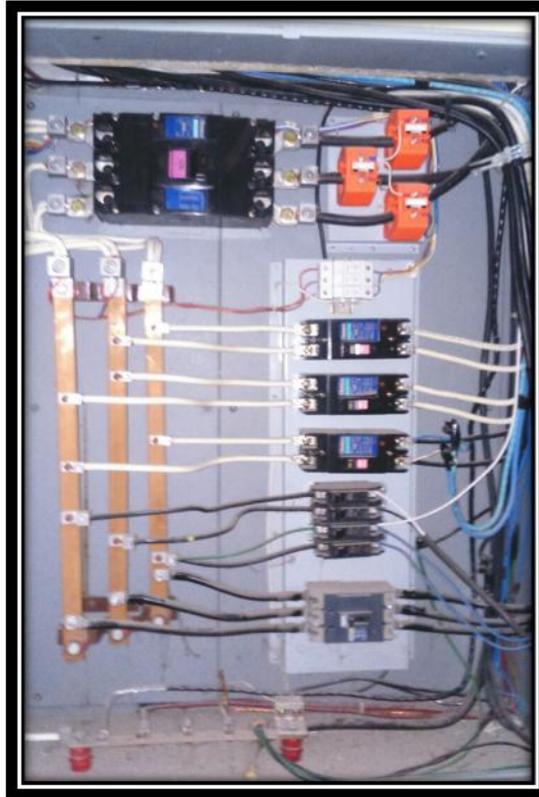
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### **4.1.7.11. Tablero consulta externa (TCE).**

Es un gabinete metálico de doble fondo, con dimensiones 100 x 180 x 60 cm, su alimentación es desde el transformador de 500 KVA hasta el TGN con 3 conductores calibre 2/0AWG para las fases y 1 conductor 1/0AWG para el neutro, ambos de clase TTU aislados a 1000V, sin disyuntor de protección y seccionamiento.

Está conformado por el conjunto de disyuntores, platinas de cobre de 4" x 20 mm de espesor, abierto en su parte alta para tener contacto con las rieles de conducción y en la parte superior los equipos de medición de voltaje y corriente en perfecto funcionamiento pero no así con las luces piloto.

**Figura 20. Tablero agregado TCE.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN  
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

El contenido del tablero se detalla a continuación:

- Disyuntor principal termomagnético, 3 polos, 300 amperios
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al subtablero que da suministro al laboratorio clínico.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a la consulta externa pabellón 1.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 100 amperios, secciona al centro de carga que da suministro a la consulta externa pabellón 2 y farmacia.
- Disyuntor termomagnético, 2 polos, 30 amperios, protege a un equipo de A/C de 18000 BTU.
- Disyuntor termomagnético, 2 polos, 30 amperios, protege a un equipo de A/C de 18000 BTU.
- Disyuntor termomagnético, 3 polos, 150 amperios, secciona al centro de carga del banco de vacunas.

#### **4.1.7.12. Tablero de laboratorio.**

El servicio de laboratorio cuenta con equipos biomédicos con tecnología de punta para realizar análisis de química sanguínea, biometrías, uroanálisis, coproparasitarios, entre otros. Así mismo cuenta con un espacio destinado para el manejo y despacho de unidades de sangre para pacientes en estado de gravedad.

Para suministrar energía a estos equipos y la carga general del laboratorio existe un gabinete metálico, doble fondo, la acometida proviene del tablero adyacente a TPN con un disyuntor de 3 polos 100 amperios y conductor calibre 4AWG tipo THHN para fases y neutro.

**Figura 21. Tablero de laboratorio.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se puede claramente determinar que el servicio de laboratorio no cuenta con un ramal de alimentación de los generadores dejando desatendidos a los usuarios e incluso echando a perder muestras y unidades de sangre según tarde la reconexión del servicio eléctrico.

#### **4.1.7.13. Tablero de Transferencia automática de Banco de vacunas.**

El Hospital Sagrado Corazón de Jesús, como todos los demás hospitales de orden fiscal en el Ecuador, deben ejecutar el Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI) dentro de su área de influencia para lo cual cuenta con un centro de acopio acondicionado según lo indicado en los protocolos del Ministerio de Salud Pública.

Los Bancos de Vacunas son esencialmente cuartos fríos cuyo rango de temperatura oscila desde los  $-8^{\circ}$  hasta  $0^{\circ}$ . Para el resto de vacunas que no requieran grados bajo cero son almacenadas en neveras con controles electrónicos de temperatura.

Así pues, al ser infalible la conservación de las dosis de vacunas se debe contar con generación eléctrica de respaldo con el fin de no comprometer los niveles de temperatura que requieren.

La alimentación de energía proviene del tablero adyacente al TPN con acometida triplex, calibre 4AWG, tipo ASC, saliendo del disyuntor de 3 polos 100 amperios y continuando por las rieles sobre el tumbado hasta llegar por aire al TTA del generador exclusivo del banco de vacunas.

**Figura 22 Generador y TTA del banco de vacunas.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN  
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Tabla 12. Características del generador de banco de vacunas.**

<b>Detalle</b>	<b>Característica</b>
Marca motor	Mitsubishi
Marca generador	Power Products
Capacidad	10.6 Kw
Tipo motor	MCI Diesel
Tipo generador	Jaula de ardilla
Factor de potencia	0.80
Voltaje	208/127 V
Corriente	37 Amperios
RPM	1800
Tipo transferencia	Automática
Año de fabricación	2008

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

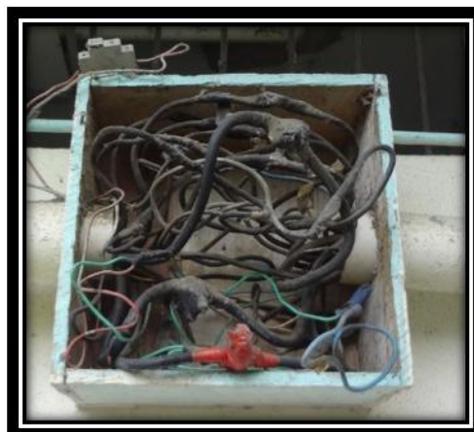
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### **4.1.8. Centros de carga, protecciones y estado de las redes eléctricas.**

##### **4.1.8.1. Cajas de paso y derivaciones.**

La imagen a continuación muestra una caja de distribución que está ubicada en el pasillo lateral derecho que lleva hasta la morgue y constituye riesgo de lesiones por choque eléctrico para los usuarios.

**Figura 23. Caja de distribución redes antiguas**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

**Figura 24. Acometidas antiguas a la intemperie.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

La fotografía evidencia las acometidas que suministraban energía a las edificaciones previo a las remodelaciones, están sin ductos, sin protección en los puntos de corte y están energizados siendo episodio ideal para un accidente eléctrico que puede costar la vida además del consumo innecesario de energía.

#### **4.1.8.2. Centros de carga.**

**Figura 25. Centros de carga saturados.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

A falta de circuitos disponibles en los centros de carga y el incremento de equipamientos hacen que conecten indebidamente acometidas superando los límites térmicos de los conductores, creando otro posible punto de contacto con los usuarios y por menos decir restando la estética de las edificaciones.

#### 4.1.8.3. Acometidas aéreas.

**Figura 26. Acometidas aéreas a la intemperie.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN  
**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Existen puntos calientes en las acometidas aéreas donde el límite térmico del conductor ha sido superado

En otros casos en los que existen uniones entre cobre y aluminio sin la pasta de contacto o un conector apropiado ha dado lugar a la creación de sulfatos que comprometen la conductividad y por ende el correcto desenvolvimiento de los equipos.

#### 4.1.9. Carga instalada.

Para tener el valor más acertado de carga instalada se verifican los datos de placa.

**Tabla 13. Carga instalada en el HSCJ.**

	DETALLE	POTENCIA KW	%	TOTAL
TPN	SALA EMERGENCIA	35,55	8,98	129,45
	ALUMBRADO EXTERIOR	2,50	0,63	
	SALA MEDICINA INTERNA	2,54	0,64	
	QUIROFANO GENERAL	3,33	0,84	
	SALA GINECOLOGÍA	5,53	1,40	
	QUIROFANO SALA DE PARTOS	3,94	1,00	
	ESTERILIZACION	41,56	10,51	
	CENTRALES DE A/C QUIROFANOS	34,50	8,72	
TPE	QUIROFANO SALA DE PARTOS	5,46	1,38	39,96
	QUIROFANO GENERAL	5,41	1,37	
	SALA GINECOLOGÍA	7,41	1,87	
	SALA MEDICINA INTERNA	3,64	0,92	
	ALUMBRADO PASILLOS (NO INCLUYE SALA ER)	18,05	4,56	
TGE	TALLER MANTENIMIENTO	8,51	2,15	55,50
	CUARTO DE BOMBAS	20,90	5,28	
	AIRES BLOQUE ADMINISTRATIVO	22,09	5,58	
	CAMARA FRIA ALIMENTOS	4,00	1,01	
TCE	LABORATORIO	7,14	1,80	51,93
	CONSULTA EXTERNA 1	13,82	3,49	
	ESTADISTICA Y FARMACIA	16,08	4,06	
	BANCO DE VACUNAS	14,89	3,76	
TL	LAVADORA PEQUEÑA	1,40	0,35	24,19
	LAVADORA GRANDE	8,76	2,22	
	SECADORA ELECTRICA	14,02	3,54	
TIm	CENTRAL A/C ECOGRAFIA	10,52	2,66	23,84
	CENTRAL A/C TOMOGRAFIA	10,52	2,66	
	ECOGRAFO	1,40	0,35	
	MAMOGRAFO	1,40	0,35	
TA/C HOSP	10 EQUIPOS INDIVIDUALES 24KBTU	23,50	5,94	23,50
TRIPOLAR	CIRCUITOS ANTIGUOS DE COCINA	13,73	3,47	13,73
Tadm	CENTRO DE CARGA PLANTA BAJA	15,10	3,82	33,53
	CENTRO DE CARGA PLANTA ALTA 1	12,27	3,10	
	CENTRO DE CARGA PLANTA ALTA 2	6,15	1,56	
TOTALES		395,62	100,00	395,62

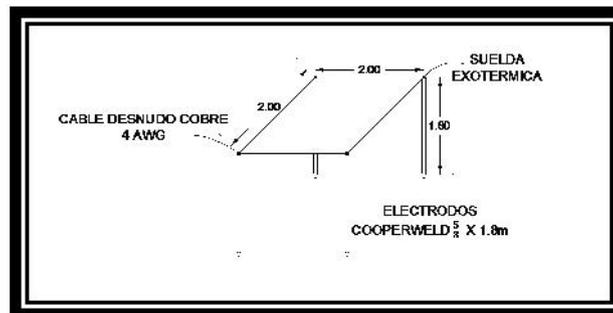
**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.10. Puesta a tierra existente en el hospital.

Dentro de las inspecciones realizadas a lo largo de las instalaciones del hospital se logra encontrar la malla de puesta a tierra ubicada en el cuarto de tableros junto a la cámara de transformación del equipo de 500 KVA. La configuración es la siguiente:

**Figura 27. Malla de puesta a tierra general.**

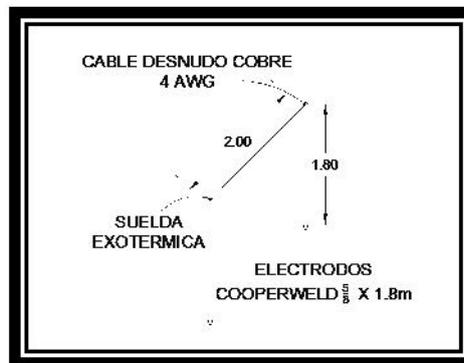


**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

La puesta a tierra para los transformadores es mediante una malla de 2 varillas cooperweld de 5/8 x 1.8 m. La configuración es la siguiente:

**Figura 28. Malla de puesta a tierra del transformador principal.**



**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.1.11. Pararrayos existentes en el Hospital Sagrado Corazón De Jesús.

Posterior al levantamiento realizado no se encontró dispositivo pararrayos en las instalaciones del hospital, sin embargo evidencia un sistema apartarrayos instalados en la retención de la acometida de media tensión.

El HSCJ es de dos pisos altos más cubierta metálica y dadas las condiciones climáticas de nuestro medio es preciso se instale un dispositivo pararrayos evitando afectar bienes y vidas humanas.

## 4.2. Medición y análisis de los parámetros eléctricos en contraste con las regulaciones impuestas por la ARCONEL.

### 4.2.1. Equipo de medición para análisis de la calidad de energía.

Para evaluar la calidad de la energía que está siendo utilizada por la red del hospital es preciso la instalación de un dispositivo que nos permita tomar y registrar datos de las diversas variables que son objeto de este estudio en intervalos definidos tal es el caso de un analizador de redes.

El dispositivo se instala el día 1 de febrero del 2016 a las 10:30 y se retira el día 17 de febrero del 2016 a las 17:10 de los cuales se escoge como periodo de evaluación los primeros siete días de conexión.



**Tabla 14. Datos del analizador de redes.**

DETALLE	DESCRIPCION
MARCA	FLUKE
MODELO	1744 POWER QUALITY LOGGER
PERIODO DE EVALUACION	1/02/2016 AL 7/02/2016 (7 DIAS)
INTERVALO TOMA DE DATOS	10 MINUTOS

**Fuente:** LA INVESTIGACIÓN

**Elaborado por:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Para el análisis y comparación se tomaran datos de los siguientes parámetros:

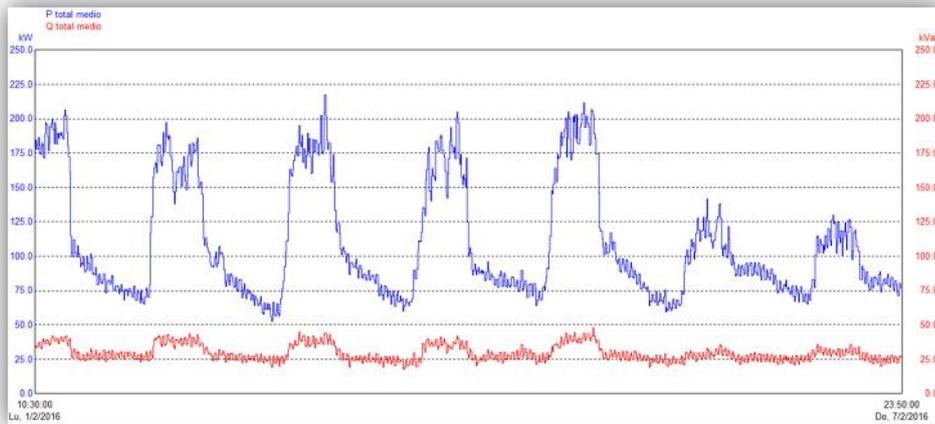
- Curvas de carga
- Nivel del voltaje
- Factor de potencia
- Flickers
- Armónicos de voltaje y corriente

## 4.2.2. Curvas graficas obtenidas con el analizador de calidad de energía FLUKE 1744

### 4.2.2.1. Curvas de carga.

Dentro del periodo de evaluación se observa que la demanda máxima se registra entre las 09:00 y 15:00 cuya magnitud llega a 217.59 Kw.

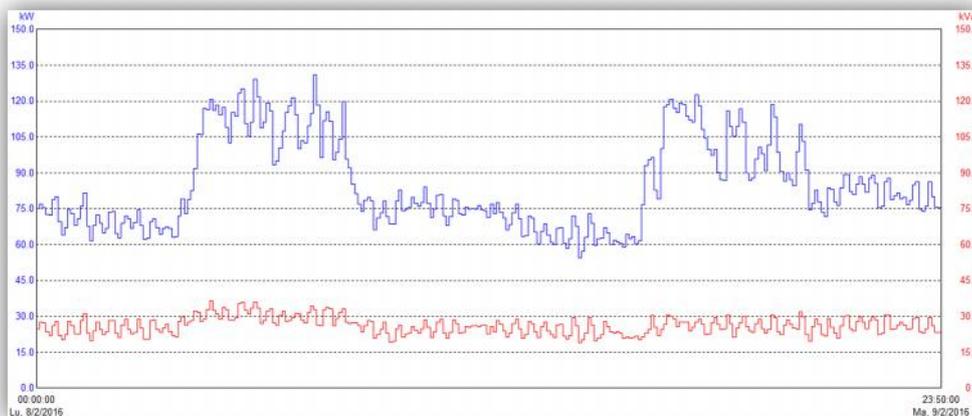
**Gráfico 1. Curva de carga del periodo de evaluación.**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744  
**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Para el feriado de carnaval la demanda de energía del hospital es moderada e incluso menor que la de un día regular registrándose un máximo de 131.12 Kw.

**Gráfico 2. Curva de carga feriado carnaval 2016.**

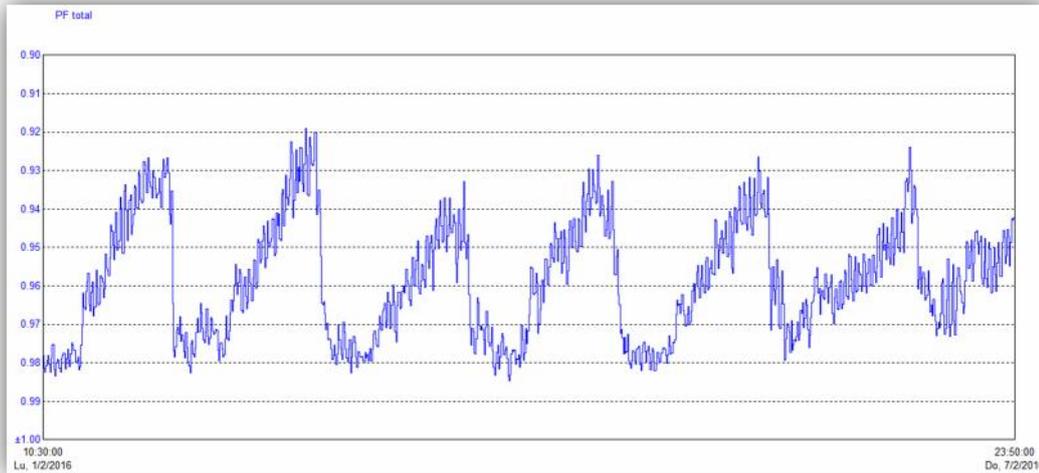


**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744  
**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.2.2.2. Análisis del factor de potencia.

Dentro del periodo de evaluación el factor de potencia presentó valor mínimo de 0.92 y un máximo de 0.98.

**Gráfico 3. Factor de potencia periodo de evaluación**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se registraron un total de 944 eventos por el analizador y aplicando lo indicado en la Regulación N° CONELEC 004-01 en la que se establece que para efectos de la evaluación de la calidad, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a 0.92, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad. [14]

**Tabla 15. Factor de potencia en el HSCJ**

FACTOR DE POTENCIA DE LA RED ELECTRICA DEL HOSPITAL - MINIMO 0,92%						
DETALLE	FASES	EVENTOS	EVENTOS CUMPLE	EVENTOS NO CUMPLE	% NO CUMPLE	ANALISIS
TRANSFORMADOR DE 500 KVA	FASE 1	944	944	0	0	APRUEBA
	FASE 2	944	944	0	0	APRUEBA
	FASE 3	944	944	0	0	APRUEBA

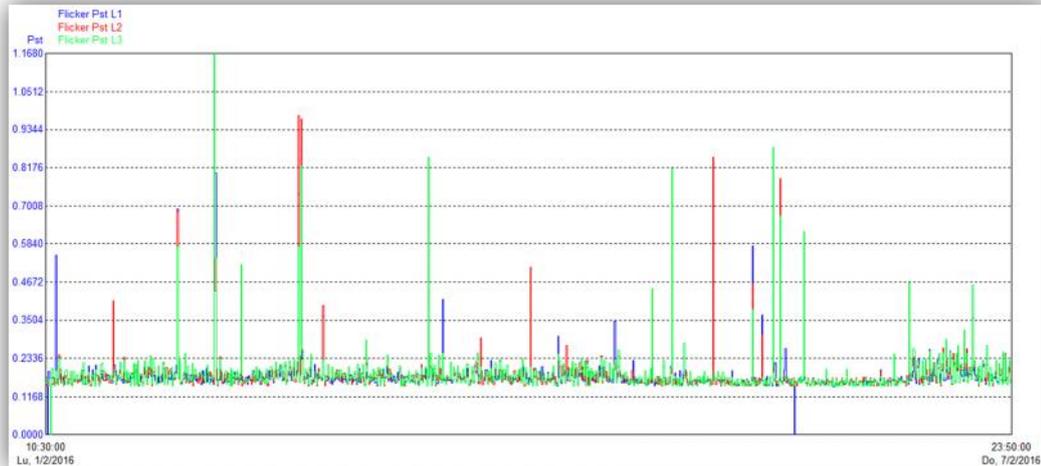
**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.2.2.3. Análisis de flickers.

Dentro del periodo de evaluación el valor mínimo de flickers registrado por el analizador fue de 0 y un máximo de 1.492.

**Gráfico 4. Curva de Flickers periodo de evaluación.**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se registraron un total de 944 eventos por el analizador y aplicando lo indicado en la Regulación N° CONELEC 004-01 en la que se establece que se considera el límite  $Pst = 1$  como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano y si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia, por un tiempo superior al 5 % del período de medición, no cumple los índices de calidad. [14]

**Tabla 16. Flickers en el HSCJ**

FLICKERS EN LA RED ELECTRICA DEL HOSPITAL - MAXIMO 5%						
DETALLE	FASES	EVENTOS	EVENTOS CUMPLE	EVENTOS NO CUMPLE	% NO CUMPLE	ANALISIS
TRANSFORMADOR DE 500 KVA	FASE 1	944	943	1	0,11	APRUEBA
	FASE 2	944	943	1	0,11	APRUEBA
	FASE 3	944	943	1	0,11	APRUEBA

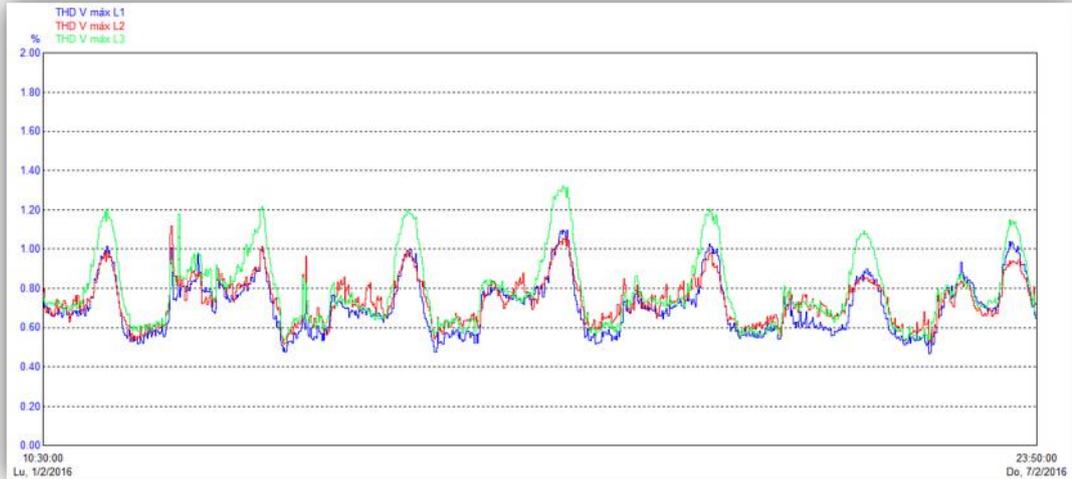
**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.2.2.4. Análisis de armónicos de voltaje THDV.

Dentro del periodo de evaluación el porcentaje de armónicos presentó valor mínimo de 0.47 y un máximo de 1.32

**Gráfico 5. Curva de armónicos THDV periodo de evaluación**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se registraron un total de 944 eventos por el analizador y aplicando lo indicado en la Regulación N° CONELEC 004-01 en la que se establece que se considera el porcentaje máximo admisible para armónicos de voltaje es del 5% durante el periodo de medición.

**Tabla 17. Armónicos de voltaje en el HSCJ**

ARMONICOS THDV EN LA RED ELECTRICA DEL HOSPITAL - MAXIMO 5%						
DETALLE	FASES	EVENTOS	EVENTOS CUMPLE	EVENTOS NO CUMPLE	% NO CUMPLE	ANALISIS
TRANSFORMADOR DE 500 KVA	FASE 1	944	944	0	0	APRUEBA
	FASE 2	944	944	0	0	APRUEBA
	FASE 3	944	944	0	0	APRUEBA

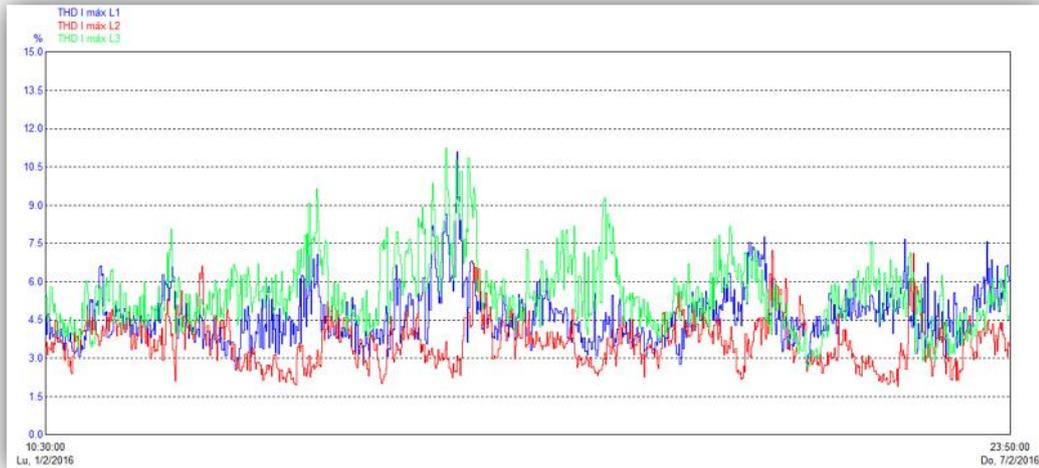
**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.2.2.5. Análisis de armónicos de corriente THDI.

Dentro del periodo de evaluación el porcentaje de armónicos presentó valor mínimo de 1.82 y un máximo de 11.25.

**Gráfico 6. Curva de armónicos de corriente THDI periodo de evaluación.**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se registraron un total de 944 eventos por el analizador y aplicando lo indicado en la Regulación N° CONELEC 004-01 en la que se establece que se considera el porcentaje máximo admisible para armónicos de corriente es del 8% durante el periodo de medición.

**Tabla 18. Armónicos de corriente en el HSCJ**

ARMONICOS THDI EN LA RED ELECTRICA DEL HOSPITAL - MAXIMO 8%						
DETALLE	FASES	EVENTOS	EVENTOS CUMPLE	EVENTOS NO CUMPLE	% NO CUMPLE	ANALISIS
TRANSFORMADOR DE 500 KVA	FASE 1	944	943	1	0,11	APRUEBA
	FASE 2	944	944	0	0	APRUEBA
	FASE 3	944	937	7	0,75	APRUEBA

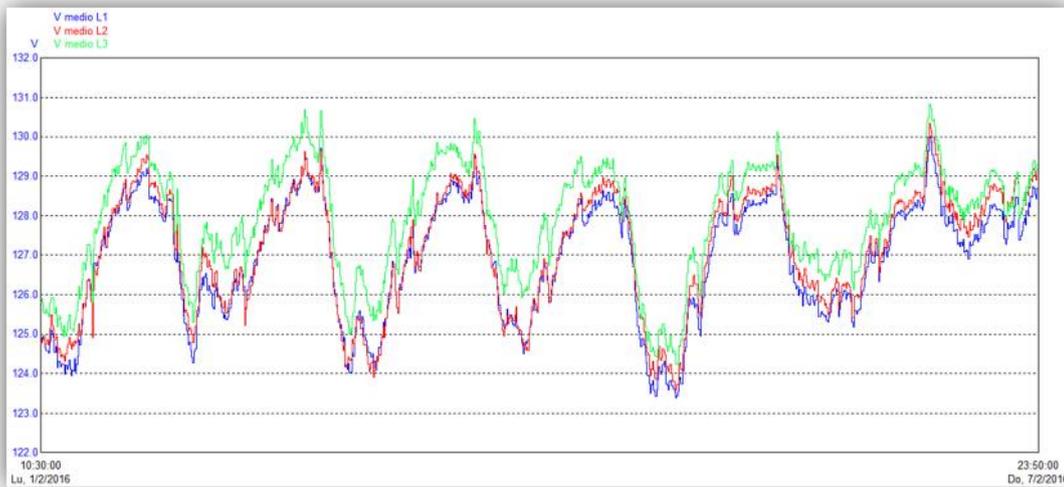
**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

#### 4.2.2.6. Análisis del nivel de voltaje

Dentro del periodo de evaluación los valores de tensión presentaron magnitud mínima de 123.39 y máximo de 130.89 voltios.

**Gráfico 7. Curva de niveles de voltaje periodo de evaluación.**



**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

Se registraron un total de 944 eventos por el analizador y aplicando lo indicado en la Regulación N° CONELEC 004-01 en la que se establece que no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje. [14]

**Tabla 19. Nivel de voltaje en el HSCJ**

INDICE DE VOLTAJE DE LA RED ELECTRICA DEL HOSPITAL - VARIACION Max 5%							
DETALLE	FASES	EVENTOS	EVENTOS CUMPLE	EVENTOS NO CUMPLE	% NO CUMPLE	ANALISIS	
TRANSFORMADOR DE 500 KVA	FASE 1	944	944	0	0	APRUEBA	
	FASE 2	944	944	0	0	APRUEBA	
	FASE 3	944	944	0	0	APRUEBA	

**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

### 4.2.3. Análisis de la cargabilidad del transformador.

#### 4.2.3.1. Factor de utilización.

De los datos registrados por el analizador de redes se tiene el valor de demanda máxima de 217.59 Kw y aplicando la fórmula de factor de utilización, se determina la cargabilidad del transformador de distribución principal.

$$FU = D_{max} / \text{Capacidad instalada.} \quad \text{Ec. 3}$$

$$FU = 217.21 \text{ Kw} / 460 \text{ Kw}$$

$$FU = 0.472$$

### 4.3. Tabulación de la información obtenida del analizador de redes.

Una vez obtenidos los datos del analizador Fluke 1744 se consolida y tabula la información para ejecutar el análisis tomando como principal referencia la **REGULACION N° CONELEC 004-01** que se encuentra disponible en la página de la ahora Agencia de Control y Regulación de la Energía ARCONEL.

**Tabla 20. Tabulación de datos del analizador**

DETALLES	VALORES TOTALES			REGULACION 004-01/PLACAS	
	FASES	MIN	MAX	NOMINAL	UNIDAD
FACTOR DE POTENCIA	TOTAL	0,92	0,99	0,92	P/U
VOLTAJE	FASE 1	123,39	130,02	127	VOLTIOS
	FASE 2	123,59	130,34		
	FASE 3	124,24	130,84		
CORRIENTE	FASE 1	160,20	642,90	1312,16	AMPERIOS
	FASE 2	144,70	595,10		
	FASE 3	131,80	581,30		
ARMONICOS DE VOLTAJE TDHV	FASE 1	0,35	0,99	5	%
	FASE 2	0,40	0,95		
	FASE 3	0,40	1,23		
ARMONICOS DE CORRIENTE TDHI	FASE 1	2,17	8,19	8	%
	FASE 2	1,44	5,26		
	FASE 3	2,07	8,59		
FLICKERS	FASE 1	0	1,168	5	%
	FASE 2	0,15	1,255		
	FASE 3	0	1,492		

**Fuente:** ANALIZADOR FLUKE 1744

**Elaborado:** Ángel Aguirre Montoya, 2016

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. Conclusiones.**

Posterior al presente análisis se logra determinar que las interrupciones, inoperatividad y el deterioro de equipos surgen a raíz de situaciones puntuales descritas a continuación:

- El sistema de distribución de energía del HSCJ muestra que existen áreas muy importantes que no están siendo abastecidas por los generadores dando lugar a situaciones en las que la vida de una persona dependa del uso y necesidad de un equipo que requiera energía para funcionar. Véase Anexo 1.
- El HSCJ evidencia un sistema eléctrico saturado producto de los incrementos de carga sin análisis de las capacidades de los tableros y centros de carga que a su vez son obsoletos, los disyuntores son descontinuados provocando interrupciones que causan malestar a los usuarios de esta casa de salud.
- El HSCJ a pesar de las falencias existentes en el sistema de distribución de la energía cumple con las regulaciones de calidad del producto impuestas por el ARCONEL ya que todos los parámetros analizados se conservan en los límites tolerables.
- Una vez realizado el análisis para la redistribución de energía eléctrica, es posible trasladar cargas importantes hasta el tablero del generador de respaldo.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda tomar las siguientes medidas correctivas:

- Se debe redistribuir las acometidas del departamento de laboratorio, emergencias y alumbrado de los exteriores hasta el generador Perkins dejando de esta manera respaldada de suministro eléctrico la carga de las áreas médicas y zonas de acceso descritas en caso de ausencia del servicio público.
- Deben instalarse centros de carga nuevos, de mayor capacidad y prever los futuros incrementos de carga.
- Se debe ejecutar el análisis de la calidad del suministro eléctrico periódicamente con el fin de mantener y/o mejorar según sea el caso los niveles impuestos por la ARCONEL.
- Se debe considerar el diagrama unifilar propuesto en el presente proyecto para que sea ejecutado a corto plazo. Véase Anexo 2.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1 Bibliografía

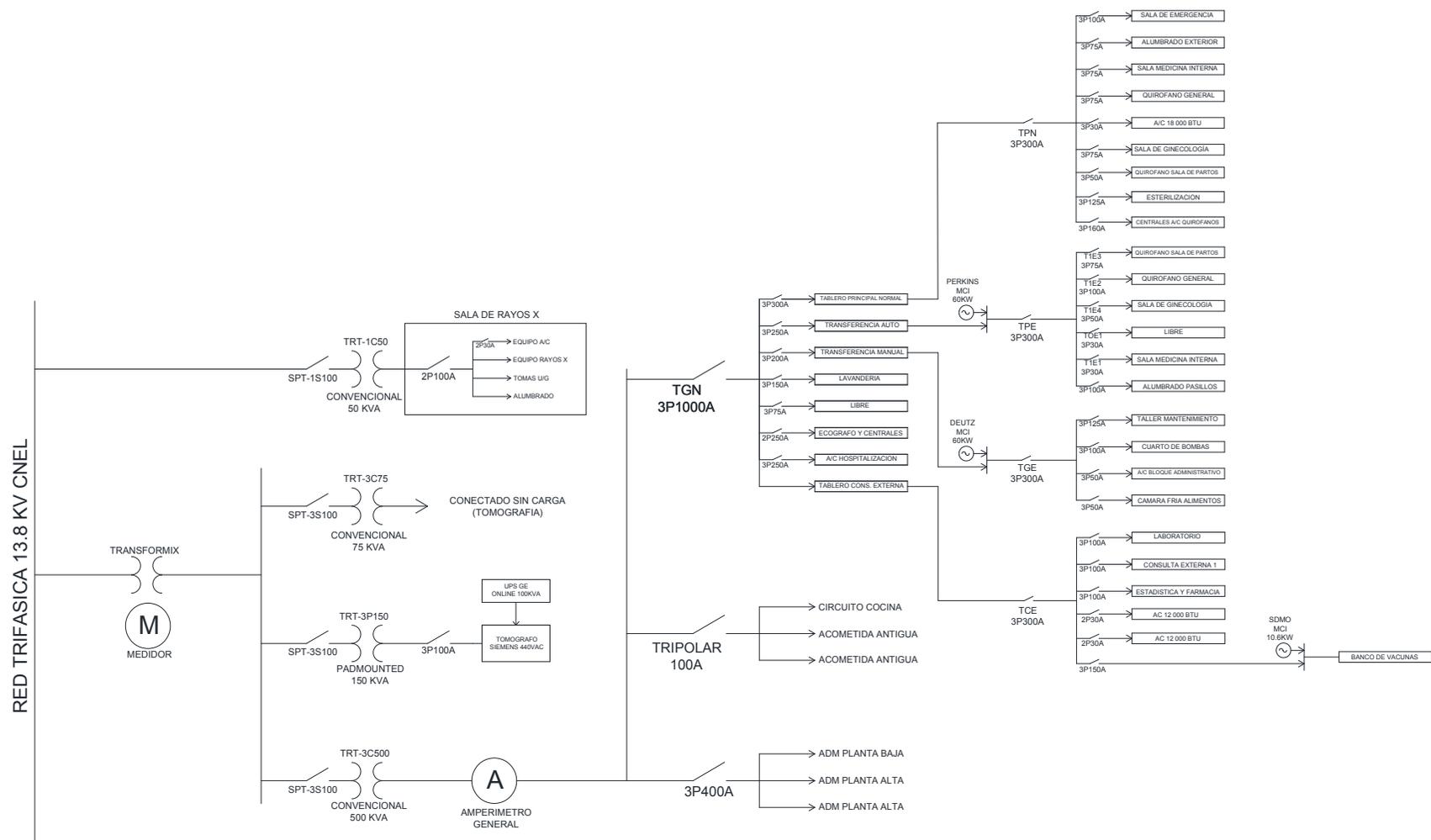
- [1] C. INEN, «CODIGO ELECTRICO NACIONAL CAPITULO 6,» 2001. [En línea]. Available: [law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.pe.cpe.19.6.2001.pdf](http://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.pe.cpe.19.6.2001.pdf).
- [2] L. Y. GUEVARA, «QUEVEDO AL DIA,» 13 02 2011. [En línea]. Available: [quevedoaldia.blogspot.com/2011/02/como-pesima-fue-catalogada-atencion-en.html](http://quevedoaldia.blogspot.com/2011/02/como-pesima-fue-catalogada-atencion-en.html).
- [3] M. G. J. E. T. Jose A. Leon, «Guía de diagnósticos en instalaciones eléctricas hospitalarias en áreas críticas conforme a la regulación colombiana.,» Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, 2013.
- [4] J. A. Acosta, «ESTUDIO DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL HOSPITAL SAN RAFAEL DE LETICIA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RETIE,» 2007. [En línea]. Available: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17004/42011001.pdf?sequence=2>. [Último acceso: 9 MAYO 2016].
- [5] WIKIPEDIA, «CALIDAD DE SUMINISTRO ELECTRICO,» MADIAWIKI, 29 NOVIEMBRE 2015. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad\\_de\\_suministro\\_el%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_suministro_el%C3%A9ctrico). [Último acceso: 23 ABRIL 2016].
- [6] C. d. electricidad, «¿Que es un diagrama unifilar?,» [En línea]. Available: <http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/2008/06/tema-34-qu-es-un-diagrama-unifilar.html>. [Último acceso: 12 mayo 2016].
- [7] S. D. P. A. T. P. E. INTELIGENTES, «SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA EDIFICIOS INTELIGENTES,» 2003. [En línea]. Available: <http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-puesta-a-tierra-para-edificios-inteligentes.html>. [Último acceso: 13 04 2016].
- [8] A. d. I. Rosa, «Armónicos,» El rincon del vago, [En línea]. Available: <http://html.rincondelvago.com/armonicos.html>. [Último acceso: 30 ABRIL 2016].
- [9] U. d. Valladolid, «Flicker (El Parpadeo),» [En línea]. Available: [https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos\\_02\\_03/interf\\_red\\_y\\_ctos\\_elec/cem/paginas/flicker%20calidad%20de%20servicio.htm](https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_02_03/interf_red_y_ctos_elec/cem/paginas/flicker%20calidad%20de%20servicio.htm). [Último acceso: 30 ABRIL 2016].
- [10] WIKIPEDIA, «FACTOR DE POTENCIA,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Factor\\_de\\_potencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia). [Último acceso: 30 ABRIL 2016].
- [11] ARCONEL, «LA AGENCIA,» MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS RENOVABLES, [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/arconel/>. [Último acceso: 23 ABRIL 2016].

- [12] ARCONEL, «VALORES, MISION Y VISION,» MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIAS RENOVABLES, [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/valores-mision-vision/>. [Último acceso: 23 ABRIL 2016].
- [13] ARCONEL, «ATRIBUCIONES DE LA ARCONEL,» MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIAS REBOVABLES, [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/ejes-estrategicos/>. [Último acceso: 23 ABRIL 2016].
- [14] CONELEC, «REGULACION No. CONELEC - 04/01,» 23 MAYO 2001. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-CalidadDeServicio.pdf>. [Último acceso: 19 ABRIL 2016].

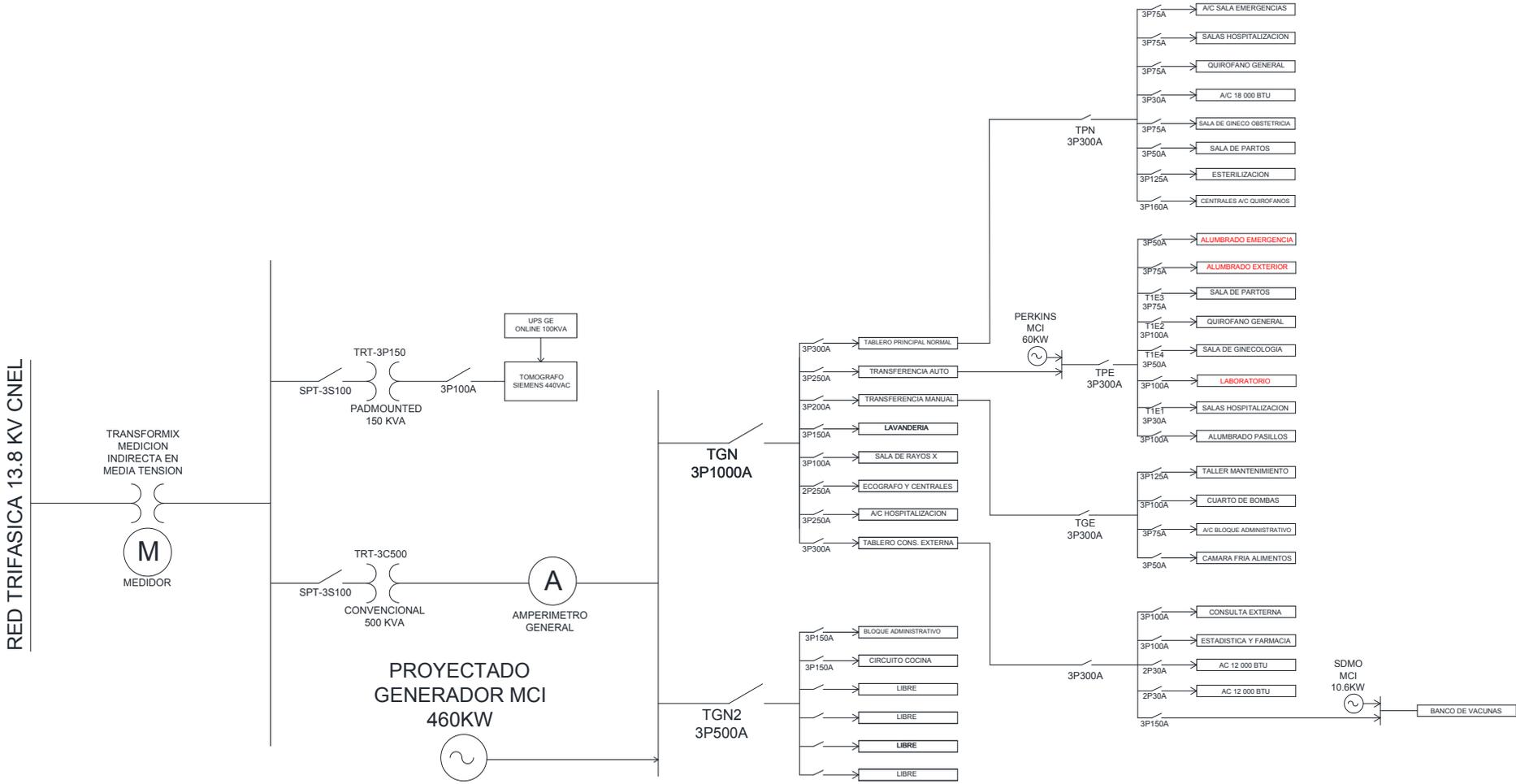
## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

# 7.1. Diagrama unifilar actual



## 7.2. Diagrama unifilar propuesto



### 7.3. Ejecución del levantamiento



#### 7.4. Conexión del analizador de redes.

