



**Propuesta de Diseño de Tablero de Distribución y  
Sistema de Transferencia Automática para Empresa  
Eléctricos Tableros Hassan Fernández S.A.S.**

**Jaider Hassan Fernández Pérez**

20441914772

**Mauricio de Jesús Castellar Rodríguez**

20441912726

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2023



**Propuesta de Diseño de Tablero de Distribución y  
Sistema de Transferencia Automática para Empresa  
Eléctricos Tableros Hassan Fernández S.A.S.**

**Jaider Hassan Fernández Pérez**

**Mauricio de Jesús Castellar Rodríguez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electrónico**

**Director (a):**

Daniel Enrique Yabrudy Mercado, MSc

**Línea de Investigación:**

Procesos Productivos

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2023



## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Cartagena, 8 de noviembre de 2023.



## **Agradecimientos**

Primeramente a Dios por su bendición y amor ya que sin el esto no hubiera Sido posible.

A nuestros docentes Bashir Yacub Bermúdez, Daniel Yabrudy, Oscar Porto, y a todos los que que hicieron parte en nuestro proceso de formación y aprendizaje.

A nuestras esposas, hijas, padres y demás familiares que nos estuvieron apoyando durante todo el proceso.



## Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Planteamiento del Problema</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Justificación</b> .....	<b>13</b>
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 Objetivo General</b> .....	15
<b>3.2 Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>4. Marco Referencial</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 Marco Teórico</b> .....	16
<b>4.1.1 Distribución de Energía Eléctrica</b> .....	16
<b>4.1.2 Tableros de Distribución Eléctrica</b> .....	20
<b>4.1.3 Sistemas de Transferencia Automática</b> .....	23
<b>4.2 Marco Legal</b> .....	27
<b>4.2.1 RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)</b> .....	27
<b>4.2.2 Requerimientos Generales para los Productos Fabricados e Instalados en los Tableros Eléctricos</b> .....	28
<b>4.2.3 Norma IEC 61439</b> .....	29
<b>4.3 Estado del arte</b> .....	31
<b>5. Diseño Metodológico</b> .....	<b>40</b>
<b>5.1 Fase 1: Determinar las Cargas Eléctricas</b> .....	40
<b>5.1.1 Inventario Detallado de las Cargas Eléctricas en el Hospital</b> .....	41
<b>5.1.2 Evaluación de la Demanda de Carga en Condiciones Normales y de Emergencia</b> 41	41
<b>5.1.3 Recopilación de información sobre el nuevo equipo electrógeno</b> .....	41

<b>5.2 Fase 2: Establecer Elementos de Protección, Medición y Automatización</b> .....	43
<b>5.2.1 Identificación y Selección de los Elementos de Protección, Medición y Automatización</b> .....	43
<b>5.3 Fase 3: Proponer Diseño Detallado de Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática</b> .....	44
<b>5.3.1 Diseño del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática</b> 44	
<b>5.3.2 Montaje del Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática</b> 45	
<b>5.3.3 Pruebas de Funcionamiento del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática</b> .....	46
<b>6. Resultados y Análisis de Resultados</b> .....	<b>48</b>
<b>6.1 Determinar las Cargas Eléctricas</b> .....	48
<b>6.1.1 Inventario Detallado de las Cargas Eléctricas en el Hospital</b> .....	48
<b>6.1.2 Recopilación de Información Sobre el Nuevo Equipo Electrónico</b> ..58	
<b>6.2 Establecer Elementos de Protección, Medición y Automatización</b> .....	61
<b>6.2.1 Identificación y Selección de los Elementos de Protección, Medición y Automatización</b> .....	61
<b>6.3 Proponer Diseño Detallado de Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática</b> .....	63
<b>6.3.1 Diseño del Tablero de Distribución</b> .....	63
<b>6.3.2 Diseño del Sistema de Transferencia Automática</b> .....	65
<b>6.3.3 Montaje de Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática</b> 66	
<b>6.3.4 Pruebas de Funcionamiento del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática</b> .....	68
<b>Conclusiones</b> .....	<b>69</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>70</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>71</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>74</b>

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> <i>Diagrama de Concepto de Sistemas de Transferencia Automática</i> .....	24
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de Funcionamiento de STA en Conmutación Cerrada</i> .....	26
<b>Figura 3.</b> <i>Diversidad de Aplicaciones de los Sistemas de Transferencia Automática</i> .....	26
<b>Figura 4.</b> <i>Esquema de Metodología Utilizada por los Autores</i> .....	34
<b>Figura 5.</b> <i>Diagrama de Flujo</i> .....	36
<b>Figura 6.</b> <i>Mapa de procesos de la metodología del proyecto</i> .....	40
<b>Figura 7.</b> <i>Grupo Electrónico</i> .....	42
<b>Figura 8.</b> <i>Montaje del Tablero de Distribución</i> .....	45
<b>Figura 9.</b> <i>Diagrama de Pareto de las zonas del hospital</i> .....	49
<b>Figura 10.</b> <i>Consumo por áreas (general)</i> .....	52
<b>Figura 11.</b> <i>Consumo de área por detalle</i> .....	53
<b>Figura 12.</b> <i>Grupo Electrónico Antiguo</i> .....	58
<b>Figura 13.</b> <i>Grupo Electrónico Nuevo</i> .....	59
<b>Figura 14.</b> <i>Diagrama Unifilar de Fuerza</i> .....	64
<b>Figura 15.</b> <i>Diagrama Unifilar de Analizador de Red</i> .....	65
<b>Figura 16.</b> <i>Diagrama de Conexiones del Sistema de Transferencia Automática</i> ..	66
<b>Figura 17.</b> <i>Tablero de Distribución</i> .....	67
<b>Figura 18.</b> <i>Sistema de Transferencia Automática</i> .....	67
<b>Figura 19.</b> <i>Mediciones de Pruebas de Funcionamiento</i> .....	68

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Componentes de un Sistema de Distribución Eléctrica</i> .....	17
<b>Tabla 2.</b> <i>Normativas Nacionales e Internacionales</i> .....	18
<b>Tabla 3.</b> <i>Características del Grupo Electrónico MP-180 en Diferentes Configuraciones de Voltaje</i> .....	42
<b>Tabla 4.</b> <i>Inventario Zona (Primer y Segundo Piso)</i> .....	48
<b>Tabla 5.</b> <i>Consumo Eléctrico</i> .....	50
<b>Tabla 6.</b> <i>Consumo Eléctrico Total por Línea</i> .....	55
<b>Tabla 7.</b> <i>Características del Grupo Electrónico</i> .....	60
<b>Tabla 8.</b> <i>Características del Motor</i> .....	60
<b>Tabla 9.</b> <i>Características del Alternador</i> .....	61
<b>Tabla 10.</b> <i>Consumo de Combustible</i> .....	61

### Lista de Anexos

<b>Anexo 1.</b> <i>Manual Básico de Operación y Mantenimiento del Sistema</i> .....	74
<b>Anexo 2.</b> <i>Especificaciones Técnicas del Analizador de Red DMG600</i> .....	83
<b>Anexo 3.</b> <i>Ficha Técnica ATL 600</i> .....	84

## Resumen

La distribución de energía eléctrica es crucial para garantizar que la electricidad llegue de manera segura y eficiente a los puntos de consumo. Esta infraestructura incluye tableros de distribución y sistemas de transferencia automática. Los tableros de distribución son esenciales para controlar y distribuir la energía eléctrica, mientras que los sistemas de transferencia automática permiten un cambio eficiente entre fuentes de energía en caso de interrupciones. Actualmente, el ESE Hospital Local Arjona cuenta con un sistema de distribución de energía eléctrica y transferencia automática que no cumple con sus demandas energéticas críticas, por lo cual objetivo principal de este proyecto es desarrollar un diseño integral de un tablero de distribución y un sistema de transferencia automática que garantice un suministro eléctrico continuo y fiable, asegurando la continuidad de sus operaciones y cumpliendo con los estándares y normativas aplicables.

Para el diseño del sistema se determinaron las cargas eléctricas del hospital, se identificaron y se seleccionaron los dispositivos de protección, medición y automatización requeridos para el tablero de distribución y el sistema de transferencia automática, y se elaboraron los planos y diagramas eléctricos de propuesta de diseño para su posterior implementación. Finalmente, se logró desarrollar un sistema capaz de garantizar una cobertura completa de la carga del hospital, incluso en situaciones de fallo en el suministro eléctrico principal, asegurando que los pacientes reciban atención ininterrumpida y segura.

**Palabras claves:** Energía Eléctrica, Tablero de Distribución, Sistema de Transferencia Automática, Cargas Eléctricas

### **Abstract**

Electrical power distribution is crucial to ensuring that electricity reaches the points of consumption safely and efficiently. This infrastructure includes distribution boards and automatic transfer systems. Distribution boards are essential for controlling and distributing electrical power, while automatic transfer systems allow efficient switching between power sources in the event of interruptions. Currently, the ESE Hospital Local Arjona has an electrical energy distribution and automatic transfer system that does not meet its critical energy demands, which is why the main objective of this project is to develop a comprehensive design of a distribution board and a control system. automatic transfer that guarantees a continuous and reliable electrical supply, ensuring the continuity of its operations and complying with applicable standards and regulations.

For the design of the system, the electrical loads of the hospital were determined, the protection, measurement and automation devices required for the distribution board and the automatic transfer system were identified and selected, and the proposed electrical plans and diagrams were prepared. design for later implementation. Finally, it was possible to develop a system capable of guaranteeing complete coverage of the hospital's load, even in situations of failure in the main electrical supply, ensuring that patients receive uninterrupted and safe care.

**Keywords:** Electric Power, Distribution Board, Automatic Transfer System, Electric Charges

## Introducción

La distribución de energía eléctrica implica la entrega de electricidad desde la fuente de generación hasta los puntos de consumo. Para garantizar que la energía llegue de manera eficaz a su destino, se requiere una infraestructura adecuada que incluye tableros de distribución y sistemas de transferencia automática (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015). Los tableros de distribución son componentes esenciales que permiten controlar y distribuir la energía eléctrica a las cargas finales de manera segura y eficiente. Por otro lado, los sistemas de transferencia automática permiten el cambio eficiente entre fuentes de energía principal y fuentes de respaldo en caso de interrupciones (PARRA ALEMÁN, 2016)

Es importante destacar que el diseño de estos sistemas debe cumplir con las normativas y estándares de seguridad eléctrica para garantizar su correcto funcionamiento y la seguridad de las operaciones tales como RETIE, Norma IEC 64439, NERC, entre otras (Consejo Colombiano de Seguridad, 2021; ESP, 2023; Ministerio de energía y medio ambiente, 2013) Además, es necesario considerar las necesidades específicas de las empresas, hospitales y negocios, así como la capacidad de adaptación a futuros aumentos en la demanda de energía (Pauca Humancha, 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, cabe destacar que en el estado del arte existen proyectos previos relacionados con la distribución eléctrica y la gestión de sistemas de transferencia automática que permiten analizar las principales problemáticas y alternativas de solución de los diversos problemas relacionados con esta temática. Investigadores como (Sánchez Camargo, 2020) realizaron el "Diseño de red eléctrica industrial de baja tensión

para la empresa Soluciones Metalmecánicas e Ingeniería del Caribe S.A.S." Autores como (Gutiérrez Caicedo, 2022) abordaron la inadecuación de una red eléctrica existente para cumplir con los estándares de seguridad y eficiencia eléctrica, alineándola con el RETIE y la NTC 2050. Por otro lado, en el trabajo de título el "Diseño De Un Sistema De Red Eléctrica Hasta Uso Final Para Una Torre De Ocho Apartamentos De Vivienda Unifamiliar En El Municipio De Restrepo (Meta)" realizado por (Reyes & Pardo Diaz, 2021) resolvieron problemas en la red interna de un conjunto habitacional para garantizar una distribución eléctrica segura y eficiente. Los autores (Cediel & Ruiz, 2021) centraron su investigación en la inadecuación de una subestación existente, mejorando así la capacidad y la confiabilidad del suministro eléctrico. La creación de una metodología para la certificación de tableros eléctricos de baja tensión según la norma IEC 61439 en el proyecto de los (ESCÁRRAGA & VAZQUEZ DE MOYA, 2021) abordaron la necesidad de establecer estándares de calidad en los tableros eléctricos. En conjunto, estos proyectos aportan experiencias y conocimientos valiosos que son esenciales para abordar los desafíos del proyecto actual.

Ahora, la distribución eficiente y confiable de energía eléctrica es una piedra angular en la operación de empresas dedicadas al sector eléctrico (Saltos et al., 2022). En un mundo cada vez más dependiente de la energía eléctrica, la capacidad de garantizar un suministro constante y seguro se convierte en una prioridad. Tal es el caso del ESE Hospital Local Arjona, en el municipio de Arjona Bolívar, que cuenta con un sistema de distribución y respaldo por debajo de las capacidades requeridas para alimentar las cargas del hospital. Es necesario entonces, para este hospital, un nuevo tablero de distribución de

energía eléctrica y sistema de transferencia automática con la capacidad necesaria para mantener todos los servicios prestados.

El objetivo principal es aplicar estos conocimientos para mejorar la infraestructura eléctrica de la empresa, garantizando una distribución segura y eficiente de la energía

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un diseño integral de un tablero de distribución y un sistema de transferencia automática que garantice un suministro eléctrico continuo y fiable. Esta solución se plantea como una propuesta destinada a satisfacer las necesidades actuales de cargas eléctricas específicas del Hospital Local Arjona. A través de este proyecto, se busca abordar las demandas energéticas críticas del hospital y asegurar la continuidad de sus operaciones, al mismo tiempo que se cumple con los estándares y normativas pertinentes.

## 1. Planteamiento del Problema

El cumplimiento de las normativas y estándares en instalaciones eléctricas es fundamental para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia del suministro eléctrico en diversas aplicaciones (Consejo Colombiano de Seguridad, 2021). En este orden de ideas el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) en Colombia, en su artículo 28, inciso 3.2.e, denominado *Instalaciones en instituciones de asistencia médica*, establece que: “Las clínicas, hospitales y centros de salud que cuenten con acometida eléctrica de media tensión, deben disponer de una transferencia automática que se conecte a otra fuente de alimentación.” Y en su inciso 3.2.f: “En los centros de atención hospitalaria debe instalarse una fuente alterna de suministro de energía eléctrica que entre en operación dentro de los 10 segundos siguientes al corte de energía del sistema normal. Además, debe proveerse un sistema de transferencia automática con interruptor de conmutador de red (bypass) que permita, en caso de falla, la conmutación de la carga eléctrica al sistema normal”(Ministerio de energía y medio ambiente, 2013).

Ahora, actualmente el hospital local de Arjona cuenta, como fuente alterna de suministro, con un grupo electrógeno de 75KVA que es accionado por una transferencia automática, pero este no supe con la capacidad total requerida por el Hospital, dejando por fuera cargas de vital importancia para la atención de los pacientes, como son aires acondicionados, rayos x, entre otros sistemas. Teniendo en cuenta, la necesidad de diseñar e implementar un sistema de distribución de energía eléctrica eficiente radica en la importancia de garantizar un suministro constante y confiable de energía a todas las cargas críticas, así como en la necesidad de mantener los equipos y sistemas en óptimas

condiciones operativas. Además, se requiere una solución que cumpla con las normativas y estándares aplicables para garantizar la seguridad de las instalaciones y la calidad de los servicios prestados por la empresa.

Este proyecto se enfocará en diseñar un sistema de distribución de energía eléctrica y transferencia automática que cumpla con los estándares y regulaciones pertinentes, considerando las necesidades específicas de la empresa Eléctricos y Tableros Hassan Fernández S.A.S y el Hospital Local de Arjona. Se abordarán aspectos como la capacidad total, la protección contra fallas, la continuidad del suministro y la eficiencia energética. La implementación de un nuevo tablero de distribución y sistema de transferencia eficiente permitirá a la empresa mejorar la calidad de sus servicios y garantizar la satisfacción de sus clientes.

Por lo tanto, el problema de investigación se plantea de la siguiente manera:

¿Cómo diseñar un sistema de distribución de energía eléctrica y transferencia automática eficiente que cumpla con los requisitos normativos y las necesidades específicas para una propuesta de la empresa “Eléctricos y Tableros Hassan Fernández S.A.S para el Hospital Local de Arjona?”

## 2. Justificación

La clasificación de las instalaciones eléctricas en instituciones de asistencia médica como instalaciones especiales, según el Reglamento Técnico Colombiano, se fundamenta en la necesidad de salvaguardar la seguridad de pacientes y trabajadores frente a los riesgos eléctricos, al tiempo que garantiza un suministro eléctrico ininterrumpido y confiable para la prestación de servicios médicos. En este contexto, la continuidad del flujo de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de un hospital o cualquier entidad de atención médica (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018).

En el contexto de este proyecto dicha capacidad no es suplida actualmente por el grupo electrógeno en uso, es decir, no satisface completamente las necesidades energéticas del hospital, lo que pone en evidencia la necesidad de un nuevo diseño que se adapte a las crecientes demandas de cargas críticas. Es imperativo destacar que el grupo electrógeno debe estar dimensionado adecuadamente para cumplir con las necesidades energéticas del hospital. En consecuencia, se propone diseñar e implementar un sistema de transferencia automática y/o manual de energía eléctrica con una cobertura total, utilizando un grupo electrógeno de 200 KVA o el que corresponda según los cálculos y el presupuesto disponible. Esta solución garantizará una cobertura completa de la carga del hospital, al tiempo que permitirá un monitoreo constante de la operatividad del sistema a través de un analizador de red.

La implementación de este proyecto tendrá un impacto directo en la prestación de servicios de salud, asegurando que los pacientes reciban atención ininterrumpida y segura, incluso en situaciones de fallo en el suministro eléctrico principal. Además, contribuirá a

cumplir con las regulaciones y normativas que rigen las instalaciones eléctricas en instituciones de asistencia médica.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar propuesta para la empresa Eléctricos y Tableros Hassan Fernández S.A.S de tablero de distribución y sistema de transferencia automática de suministro eléctrico ininterrumpido al ESE Hospital Local de Arjona.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Establecer la demanda de energía eléctrica del ESE Hospital Local Arjona de acuerdo con las cargas conectadas
- Establecer los elementos de protección y medición y automatización necesarios de acuerdo con las cargas conectadas
- Diseñar propuesta de tablero de distribución y del sistema de transferencia automática entre dos fuentes de alimentación independiente para el suministro eléctrico del ESE Hospital Local de Arjona.

## 4. Marco Referencial

### 4.1 Marco Teórico

#### 4.1.1 *Distribución de Energía Eléctrica*

La distribución de energía eléctrica es un proceso fundamental en la cadena de suministro de electricidad, que garantiza que la energía generada en las centrales eléctricas llegue de manera segura y confiable a los puntos de consumo. En este contexto, se exploran los principios, componentes, normativas y estándares que conforman este proceso esencial (Ramirez, 2004). Esta se rige por una serie de principios fundamentales que aseguran su funcionamiento eficiente y confiable:

- (1) **Transformación de Voltaje:** El proceso de distribución comienza con la transformación del voltaje, donde la electricidad generada en las centrales es convertida a niveles adecuados para la transmisión y distribución. La elección de los voltajes apropiados es esencial para minimizar las pérdidas en el sistema (Ramirez, 2004).
- (2) **Redes de Distribución:** Son sistemas complejos de cables, conductores y equipos que transportan la electricidad desde las subestaciones hasta los usuarios finales. Estas redes pueden ser aéreas o subterráneas, y su confiabilidad es esencial para evitar interrupciones en el suministro eléctrico (Ramirez, 2004).
- (3) **Calidad de Energía:** Esta se refiere a la estabilidad del voltaje y la frecuencia, así como a la minimización de fluctuaciones y perturbaciones. Garantizar una alta calidad de energía es fundamental para el funcionamiento adecuado de los equipos y dispositivos eléctricos (Ramirez, 2004).

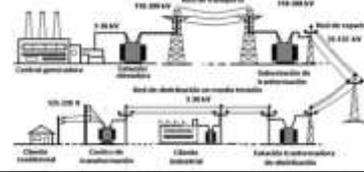
- (4) **Eficiencia Energética:** Esta busca minimizar las pérdidas de energía durante la transmisión y distribución. Esto tiene beneficios económicos y ambientales, reduciendo los costos y la huella de carbono (Ramirez, 2004).
- (5) **Protección y Control:** Se implementan sistemas de protección y control en las redes de distribución para garantizar la seguridad de las personas y la infraestructura, así como para prevenir sobrecargas y cortocircuitos. Interruptores, relés y dispositivos de protección son esenciales para responder a situaciones de emergencia (Ramirez, 2004)

Teniendo en cuenta lo anterior, un sistema de distribución eléctrica comprende una serie de componentes interconectados que permiten el suministro confiable de electricidad. Estos componentes se muestran en la siguiente **Tabla 1:**

**Tabla 1.** *Componentes de un Sistema de Distribución Eléctrica*

<p><b>Transformadores:</b> Estos dispositivos se utilizan para elevar o reducir el voltaje según sea necesario para la transmisión y distribución eficientes.</p>	
<p><b>Líneas de Transmisión:</b> Las líneas de transmisión de alto voltaje son responsables de transportar la electricidad a largas distancias desde las centrales de generación hasta las subestaciones.</p>	
<p><b>Subestaciones Eléctricas:</b> Las subestaciones son puntos de conexión críticos donde se transforma el voltaje y se distribuye la electricidad en niveles adecuados para su uso final.</p>	

**Redes de Distribución:** Estas redes, ya sean aéreas o subterráneas, llevan la electricidad desde las subestaciones hasta los usuarios finales, proporcionando acceso a la energía en hogares, empresas e industrias.



**Equipos de Protección y Control:** Estos dispositivos, que incluyen interruptores, relés y sistemas de control, garantizan la seguridad y el funcionamiento confiable de la red.



*Fuente:*(PARRA ALEMÁN, 2016; Ramirez, 2004)

#### **4.1.1.1 Normativas y estándares aplicables**

La distribución está regulada por normativas y estándares específicos que varían según la región y el país. Estas regulaciones son fundamentales para garantizar la seguridad, la calidad y la confiabilidad del suministro eléctrico, y abordan temas como la protección del medio ambiente, la eficiencia energética y los derechos de los consumidores (Consejo Colombiano de Seguridad, 2021; ESP, 2023). las principales normas se observan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** *Normativas Nacionales e Internacionales*

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>
<b>NERC (North American Electric Reliability Corporation)</b>	Establece estándares de confiabilidad eléctrica en América del Norte y promueve la operación segura y eficiente de la red eléctrica.

---

<b>IEEE 1547 (Institute of Electrical and Electronics Engineers)</b>	Se enfoca en la interconexión de sistemas de generación distribuida con la red eléctrica y establece requisitos para la calidad del suministro.
--	---

---

Continuación de la Tabla 2.

---

<b>IEC 61439 (International Electrotechnical Commission)</b>	Define estándares para tableros eléctricos de baja tensión, incluyendo requisitos de diseño, rendimiento y seguridad.
--	---

---



---

<b>NEC (National Electrical Code)</b>	Un estándar ampliamente adoptado en los Estados Unidos que establece requisitos de seguridad eléctrica en instalaciones y equipos eléctricos.
---------------------------------------	---

---



---

<b>RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)</b>	Aplicado en Colombia, regula las instalaciones eléctricas, incluyendo aspectos de seguridad y calidad eléctrica.
---	--

---



---

<b>CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)</b>	Desarrolla estándares eléctricos para Europa, abordando temas como compatibilidad electromagnética y seguridad.
---	---

---



---

<b>ANSI C84 (American National Standards Institute)</b>	Establece estándares para la calidad del suministro eléctrico, incluyendo voltaje y frecuencia de la electricidad.
---	--

---

---

<b>OSHA (Occupational Safety and Health Administration)</b>	Regula la seguridad y salud en el trabajo en los Estados Unidos, con estándares relacionados con la seguridad en instalaciones eléctricas.
---	--

---

Nota: Fuente: (ESP, 2023; Ministerio de energía y medio ambiente, 2013)

#### ***4.1.2 Tableros de Distribución Eléctrica***

Los tableros de distribución son componentes ampliamente utilizados en la infraestructura eléctrica de edificios, instalaciones industriales y comerciales. Su función principal es recibir la electricidad de la fuente de alimentación principal y distribuirla de manera segura y eficiente a los circuitos que suministran energía a los dispositivos y equipos finales. Estos cumplen una función esencial en la distribución de electricidad, ser la fuente de alimentación principal hasta los circuitos individuales que suministran energía a los dispositivos y equipos finales. Dicha función la cumplen ciertos elementos como los interruptores, circuitos y breakers, barras de distribución, medidores de energía y tablero de control (Játiva et al., 2019).

Estos se someten a una clasificación basada en múltiples criterios. Estos criterios incluyen:

- Funcionalidad
- Disposición de Montaje
- Configuración Exterior
- Forma Constructiva

#### ***4.1.2.1 Tableros según su Funcionalidad***

- a) **Tableros Generales:** En una instalación eléctrica, el tablero general se coloca después del equipo de transformación MT/BT o los generadores de energía (Játiva et al., 2019).
- b) **Tableros Secundarios de Distribución:** Están diseñados para la distribución de energía y están equipados con protección de entrada y múltiples protecciones de salida(Játiva et al., 2019).
- c) **Tableros de Control de Motores:** Estos tableros integran protecciones y controles específicos para motores y se conocen como Centros de Control de Motores (CCM).
- d) **Tableros de Control, Protección y Medición:** Estos conjuntos incluyen equipos para medir, controlar, analizar y proteger instalaciones eléctricas en procesos de producción industrial(Játiva et al., 2019).
- e) **Tableros de Integración con Máquinas:** Estos tableros, también llamados tableros de automatización, actúan como interfaz entre la fuente de energía y el operador(Játiva et al., 2019).
- f) **Tableros para Obras:** Estos tableros varían en tamaño y complejidad, desde conjuntos sencillos con una salida de alimentación hasta tableros de distribución más complejos. Algunos son móviles y desplazables(Játiva et al., 2019).

#### *4.1.2.2 Tableros por Disposición de Montaje*

- **Tableros para Montaje Interior:** Diseñados para instalación en interiores bajo condiciones normales de uso de acuerdo con las especificaciones de la norma IEC 61439-1 (Farina, 2019).
- **Tableros para Montaje en Exterior:** Diseñados para instalación en exteriores bajo condiciones normales de uso de acuerdo con las especificaciones de la norma IEC 61439-1 (Farina, 2019).
- **Tableros Fijos:** Diseñados para instalación en una posición fija en pisos o paredes, sin posibilidad de movimiento (Farina, 2019).
- **Tableros Móviles:** Diseñados con movilidad para su desplazamiento (Farina, 2019).

#### *4.1.2.3 Tableros según su Configuración Exterior*

- **Tableros Tipo Closet:** Se caracterizan por sus dimensiones y pueden instalarse en varias columnas adyacentes con diferentes funciones. Se utilizan para sistemas de control y distribución (Farina, 2019).
- **Tableros Tipo Pupitre:** También conocidos como consolas, se utilizan para el control de sistemas industriales (Farina, 2019).

- **Tableros Tipo Caja:** También conocidos como gabinetes, pueden instalarse en superficie o empotrados en pared y se utilizan en áreas comerciales, residenciales y algunos entornos industriales(Farina, 2019).
- **Tableros Multicaja:** Agrupación de cajas o gabinetes, cada uno con una función específica, interconectados entre sí mediante aberturas en las caras contiguas y pueden sujetarse a una estructura con bridas de sujeción(Farina, 2019).

#### ***4.1.2.4 Tableros por su Forma Constructiva***

La norma IEC 61439-1 distingue dos tipos constructivos de tableros:

- **Tableros Tipo Cerrado:** Estos tableros están completamente cubiertos por tapas para proporcionar un grado de protección al contacto directo. Deben instalarse en ambientes cerrados(Farina, 2019).
- **Tableros Tipo Abierto:** Estos tableros tienen acceso frontal, es decir, no tienen tapas. Se utilizan en lugares donde se espera que sean manipulados o intervenidos por personal especializado(Farina, 2019).

#### ***4.1.3 Sistemas de Transferencia Automática***

Los sistemas de transferencia automática (STA), son elementos cruciales en la gestión eficiente y segura de la distribución de energía eléctrica. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en situaciones donde la continuidad del suministro eléctrico es esencial, como en instalaciones críticas, hospitales, centros de datos, centrales eléctricas y más(Ramirez, 2004). La relevancia de estos radica en su capacidad para

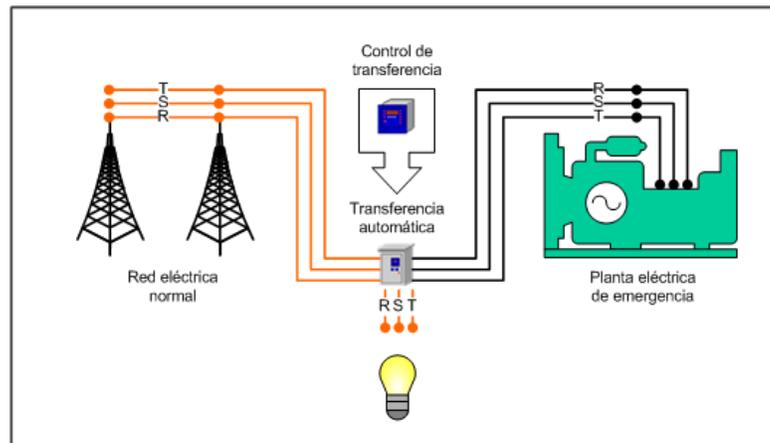
cambiar automáticamente entre distintas fuentes de energía eléctrica o entre la red de energía principal y una fuente de energía de respaldo, sin intervención humana, garantizando un suministro eléctrico ininterrumpido (Turconi et al., 2015).

Adicionalmente, aseguran la continuidad de la energía eléctrica, lo que es esencial en aplicaciones donde la pérdida de potencia puede tener consecuencias graves. Además, estos sistemas optimizan la gestión de la energía, permitiendo el uso eficiente de fuentes de energía alternativas, como generadores diésel o sistemas de almacenamiento de energía. Esto tiene un impacto significativo tanto en la reducción de costos operativos como en la disminución del impacto ambiental (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018).

La Figura 1 ilustra un diagrama de concepto de los STA, que representa su papel en la distribución de energía eléctrica.

Estos funcionan mediante la detección de cambios en la fuente de alimentación principal o en las condiciones de la red eléctrica. Una vez que se detecta una interrupción o desviación en la fuente principal, el sistema inicia automáticamente el proceso de transferencia a una fuente de respaldo. Existen varios tipos diseñados para adaptarse a diferentes aplicaciones y necesidades.

**Figura 1.** *Diagrama de Concepto de Sistemas de Transferencia Automática*

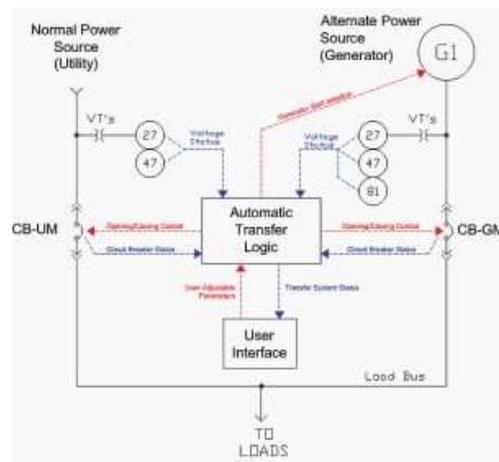


*Fuente: (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018)*

- **STA en Conmutación Abierta (Open Transition ATS):** Este tipo interrumpe momentáneamente el suministro de energía durante la transición entre la fuente principal y la fuente de respaldo. Aunque es común en aplicaciones industriales, no es adecuado para entornos sensibles a la pérdida de energía.
- **STA en Conmutación Cerrada (Closed Transition ATS):** Estos sistemas realizan una transición sin interrupción entre la fuente principal y la fuente de respaldo. Aseguran una continuidad casi ininterrumpida del suministro de energía y son ideales para aplicaciones críticas, como hospitales y centros de datos.
- **STA de Retardo en la Transferencia (Delayed Transition ATS):** Los sistemas de transferencia automática con retardo permiten una pausa controlada antes de la transferencia, lo que es útil en aplicaciones donde la sincronización precisa es esencial.

La Figura 2 muestra un diagrama de funcionamiento de un STA en conmutación cerrada, ilustrando cómo el sistema asegura una transición sin interrupción.

**Figura 2.** Diagrama de Funcionamiento de STA en Conmutación Cerrada



Fuente: (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018)

En la implementación de STA, es crucial considerar la selección del tipo adecuado según las necesidades específicas de la aplicación y el diseño de un sistema que cumpla con los estándares y regulaciones pertinentes. La Figura 3 ilustra la diversidad de aplicaciones de los STA, desde la atención médica hasta la industria y las instalaciones de telecomunicaciones (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018).

**Figura 3.** Diversidad de Aplicaciones de los Sistemas de Transferencia Automática



*Fuente: (Angulo Hernández & Yarleque Chunga, 2018)*

## 4.2 Marco Legal

### 4.2.1 *RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)*

El RETIE, conocido como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, ha estado en vigencia desde el 1 de mayo de 2005. Su objetivo principal es establecer procedimientos que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal, así como la preservación del medio ambiente, al prevenir, mitigar o eliminar los peligros de origen eléctrico (Ministerio de energía y medio ambiente, 2013). El ámbito de aplicación del RETIE abarca cualquier instalación eléctrica nueva, ampliación o remodelación en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de energía eléctrica. El conocimiento del RETIE es esencial para todas las personas involucradas de alguna manera en estas actividades (Consejo Colombiano de Seguridad, 2021).

#### ***4.2.2 Requerimientos Generales para los Productos Fabricados e Instalados en los Tableros Eléctricos***

Los productos utilizados en la fabricación e instalación deben cumplir con las especificaciones establecidas en el reglamento técnico (Ministerio de energía y medio ambiente, 2013). Para este caso específico, los componentes deben cumplir con requisitos particulares avalados por el RETIE, lo que implica:

- Ajustarse a los parámetros y demostrar su aplicabilidad mediante un Certificado de Conformidad de Producto, emitido por un organismo de certificación acreditado y respaldado por el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC).
- El Certificado de Conformidad de Producto debe ser preciso y descriptivo con respecto a los productos que abarca, proporcionando una descripción detallada de las familias y/o referencias.
- Los productos que no requieren certificación, pero están contemplados en el RETIE y describen las características de uso deben ser validados mediante otras herramientas que aseguren su veracidad, como certificados de calidad de producto.
- Los requisitos establecidos en el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 deben tratarse de la misma manera que exige el RETIE.
- Las pruebas realizadas para cada producto, tal como se detalla en el anexo de certificación, deben indicar los métodos empleados para verificar el cumplimiento de los requisitos. En el caso de productos importados que no necesitan una

conformidad de producto local, deben respaldar su origen con las certificaciones correspondientes y fichas técnicas para su correcto uso.

- Los datos relativos al producto, que son un requisito del RETIE, incluyendo su identificación y etiquetado, deben utilizarse en un lenguaje claro y comprensible que no induzca a errores y debe ser verificado como parte del proceso de certificación del producto.

#### **4.2.3 Norma IEC 61439**

La IEC, que representa la Comisión Electrotécnica Internacional, es una organización de alcance global que reúne a los comités nacionales de IEC. La IEC 61439-1 es el resultado de los esfuerzos del subcomité 17D, que se centra en conjuntos de aparatos para baja tensión y se aplica a cuadros, conjuntos y tableros de baja tensión con niveles de tensión nominal que no superan los 1000 voltios en corriente alterna o los 1500 voltios en corriente continua (Legrand, 2012). Según la IEC 61439-1, un cuadro, conjunto o tablero se considera adecuado si integra los componentes necesarios para su instalación, cumple con las normas de seguridad y satisface plenamente su propósito (Legrand, 2012). Esta norma ofrece tres tipos de verificaciones equivalentes para evaluar el diseño de un conjunto, cuadro o tablero:

- Verificación en Pruebas de Laboratorio
- Verificación por Cálculos (Modelos Matemáticos Antiguos y Nuevos)
- Verificación del Cumplimiento de las Normas de Diseño (Estudio y Reconocimiento a Partir de las Pruebas de Comprobación Física)

Las pruebas de ensayo para verificar el diseño, como lo establece la norma, son responsabilidad del fabricante inicial, quien determinará cómo llevar a cabo dichas pruebas. Estas pruebas abarcan aspectos como:

- **Verificación Relativa a la Construcción:** Incluye pruebas de resistencia de materiales y componentes del cuadro, evaluación de los grados de protección IP, distancias de aislamiento, protección contra descargas eléctricas e integridad de los circuitos de protección, instalación de dispositivos y componentes de maniobra, circuitos y conexiones eléctricas internas, terminales para conductores externos y funcionamiento mecánico (ESP, 2023).
- **Verificación Relativa al Rendimiento:** Implica evaluar propiedades dieléctricas, resistencia a cortocircuitos, límites de sobrecalentamiento y la compatibilidad electromagnética (EMC) (ESP, 2023).

### 4.3 Estado del arte

En las investigaciones acerca de diseños de tablero de distribución y sistema de transferencia automática se han presentado proyectos de diferentes partes de mundo de manera abundante, debido a que diseños e implementaciones son ampliamente utilizados en las diversas industrias. Teniendo en cuenta lo anterior, se han tomado trabajos de investigación acerca del tema a nivel nacional e internacional para determinar ventanas de procesos y enriquecer la información acerca de los diseños de los tableros de distribución.

En el trabajo realizado por(Sánchez Camargo, 2020) con título "*Diseño de red eléctrica industrial de baja tensión para la empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S.*" el objetivo general del proyecto fue analizar la red eléctrica de la empresa y proponer soluciones para mejorar su eficiencia y seguridad. Para lo anterior los autores realizaron la siguiente metodología:

Los investigadores realizaron una revisión exhaustiva de las normas y estándares establecidos por las empresas operadoras de red para garantizar que el diseño de la red eléctrica cumpliera con los requisitos técnicos y de seguridad. En segundo lugar, realizaron mediciones y simulaciones de la red eléctrica para identificar los problemas de sobrecarga y baja eficiencia energética. Finalmente, propusieron soluciones técnicas y económicas para mejorar la eficiencia y seguridad de la red eléctrica, como la instalación de un banco de capacitores y la reconfiguración de la red.

Dentro de los principales resultados los investigadores hallaron:

- **Problemas de sobrecarga y baja eficiencia energética:** los resultados de las mediciones y simulaciones mostraron que la red eléctrica de la empresa presentaba problemas de sobrecarga y baja eficiencia energética.
- **Soluciones propuestas:** Los investigadores propusieron soluciones técnicas y económicas para mejorar la eficiencia y seguridad de la red eléctrica, como la instalación de un banco de capacitores y la reconfiguración de la red.
- **Impacto de las soluciones propuestas:** se espera que la implementación de las soluciones propuestas tenga un impacto positivo en la eficiencia y seguridad de la red eléctrica de la empresa.

Las principales conclusiones de los autores fueron:

- Los investigadores evidenciaron la importancia de seguir las normas establecidas por las empresas operadoras de red para garantizar la seguridad y eficiencia de la red eléctrica.
- En segundo lugar, concluyeron que es necesario implementar soluciones técnicas y económicas para mejorar la eficiencia y seguridad de la red eléctrica de la empresa.
- Finalmente, la contribución del proyecto fue al análisis detallado de la red eléctrica de la empresa y a la propuesta de soluciones para mejorar su eficiencia y seguridad.

Por otro lado, en el proyecto "*Desarrollo de una metodología para certificación de tableros eléctricos de baja tensión de acuerdo a la norma IEC 61439 de la empresa*

*CAMES DE COLOMBIA S.A.S.*" el cual fue realizado por (ESCÁRRAGA & VAZQUEZ DE MOYA, 2021) donde el objetivo general del proyecto fue desarrollar una metodología para la certificación de tableros eléctricos de baja tensión de acuerdo a la norma IEC 61439 de la empresa CAMES DE COLOMBIA SAS.

Para alcanzar los objetivos del proyecto los autores realizaron una metodología dividida en tres fases: planificación del sistema de gestión de calidad, implementación de un prototipo de tableros eléctricos de baja tensión y confrontación mediante una auditoría interna de los resultados de las pruebas y ensayos emitidos por los laboratorios frente a la norma IEC 61439.

- La primera fase consistió en planificar el sistema de gestión de calidad para garantizar una producción acorde a los requerimientos exigidos en la norma IEC 61439.
- La segunda fase implicó la implementación de un prototipo de tableros eléctricos de baja tensión que cumpliera con los requisitos, procedimientos y lineamientos contemplados en la norma IEC 61439 de acuerdo con los requerimientos del ente certificador.
- La tercera fase consistió en confrontar mediante una auditoría interna los resultados de las pruebas y ensayos emitidos por los laboratorios frente a la norma IEC 61439, garantizando el cumplimiento de esta con el fin de acceder al otorgamiento de la certificación.

Los principales resultados y conclusiones evidenciadas por los autores fueron:

- El proyecto proporcionó una metodología para la certificación de tableros eléctricos de baja tensión de acuerdo con la norma IEC 61439 tal como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.** *Esquema de Metodología Utilizada por los Autores*



Fuente: (ESCÁRRAGA & VAZQUEZ DE MOYA, 2021)

- Adicionalmente, el proyecto proporcionó una metodología que incluyó la planificación del sistema de gestión de calidad, la implementación de un prototipo de tableros eléctricos de baja tensión y la confrontación mediante una auditoría interna de los resultados de las pruebas y ensayos emitidos por los laboratorios frente a la norma IEC 61439.
- Los resultados del proyecto permitieron a la empresa de estudio garantizar una producción acorde a los requerimientos exigidos en la norma IEC 61439 y acceder al otorgamiento de la certificación.

- Además, los autores evidenciaron que la metodología desarrollada en el proyecto puede ser útil para otras empresas que buscan certificar sus tableros eléctricos de baja tensión según la norma IEC 61439.

En el proyecto "*Diseño y construcción de un tablero didáctico de instalación eléctrica con capacidad de carga 45 KVA*" fue realizado por (Gutiérrez Caicedo, 2022) como trabajo de grado para la Universidad Antonio Nariño, Sede Villavicencio. El objetivo general del proyecto fue fortalecer las prácticas necesarias en el laboratorio de la facultad de Electromecánica de la universidad mediante el suministro de un tablero eléctrico didáctico.

La metodología utilizada se basó en el estudio de cargas, recopilación de información y datos para el diseño y saber el alcance del proyecto de acuerdo con la normativa exigida de acuerdo con la instalación proyectada. Posteriormente realizaron un análisis de la metodología a utilizar, presentando en un diagrama de flujo las actividades programadas en la ejecución del proyecto tal como se muestra en la Figura 5, así como una tabla con tiempos proyectados para su ejecución.

Los principales resultados de los autores fueron:

- Lograron identificar de manera adecuada las cargas necesarias que no afectarán en el funcionamiento del tablero junto con las pruebas que se podrán realizar en forma práctica.

- Diseñaron y contruyeron el tablero didáctico de instalación eléctrica con capacidad de carga 200 KVA. - Se realizó un análisis de materiales y estudio de cargas.
- Agregaron diversas pruebas que simulan casos reales a los cuales un profesional eléctrico está expuesto lo cual expande la garantía de un mejor manejo de lo aprendido.

**Figura 5.** *Diagrama de Flujo*



*Fuente:* (Gutiérrez Caicedo, 2022)

A nivel general los autores concluyeron que el tablero didáctico diseñado y construido en este proyecto puede ser una herramienta valiosa para mejorar la calidad de la educación acerca de estos sistemas. Adicionalmente, presentaron una serie de recomendaciones para el uso correcto del tablero.

En el ámbito internación, el trabajo titulado "*Análisis de la seguridad de las instalaciones eléctricas en ambientes críticos del Hospital de Pomabamba*" realizado por (Pauca Humancha, 2023) tuvo como objetivo general analizar la seguridad de las instalaciones eléctricas en ambientes críticos del hospital, específicamente en dos salas de operaciones y una unidad de vigilancia intensiva. Para lo anterior los autores realizaron la siguiente metodología:

- Realizaron una revisión las normas y estándares nacionales e internacionales relacionados con la seguridad de las instalaciones eléctricas en ambientes críticos.
- Por otro lado, realizaron una inspección visual de las instalaciones eléctricas en las dos salas de operaciones y la unidad de vigilancia intensiva del hospital.
- Finalmente realizaron pruebas eléctricas para evaluar la calidad de la energía eléctrica, la continuidad del suministro eléctrico y la eficiencia de los sistemas de protección.

Dentro de los principales resultados los investigadores hallaron:

- Dentro de los principales resultados, los investigadores evidenciaron que las instalaciones eléctricas no cumplían con todas las normas y estándares de seguridad.
- Identificaron consideraciones para mejorar en la seguridad de las instalaciones eléctricas, como la instalación de sistemas de protección adicionales, la mejora de la calidad de la energía eléctrica y la implementación de planes de mantenimiento preventivo.

A nivel general las principales conclusiones se resumen en que es necesario realizar inspecciones periódicas y pruebas eléctricas para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas en ambientes críticos como los hospitales. De igual forma la implementación de las recomendaciones identificadas en este pudo mejorar significativamente la seguridad de las instalaciones eléctricas en el hospital y ser motivo de aplicación en otros hospitales similares.

El Reglamento Técnico Colombiano clasifica a las instalaciones eléctricas dentro de instituciones de asistencia médica como instalaciones especiales, debido a que se debe procurar la seguridad de los pacientes y trabajadores ante los riesgos eléctricos, además de garantizar un suministro de energía adecuado para la prestación de los servicios. Así las cosas, la continuidad de flujo de electricidad permanente y segura es esencial en un hospital o cualquier otra entidad prestadora de servicios de salud. Por tanto, es necesario contar con un grupo electrógeno como respaldo en caso de falla del suministro eléctrico principal, y que el sistema de distribución y transferencia esté acorde a este. Actualmente el grupo electrógeno con el que cuenta la entidad no supe de manera total las necesidades

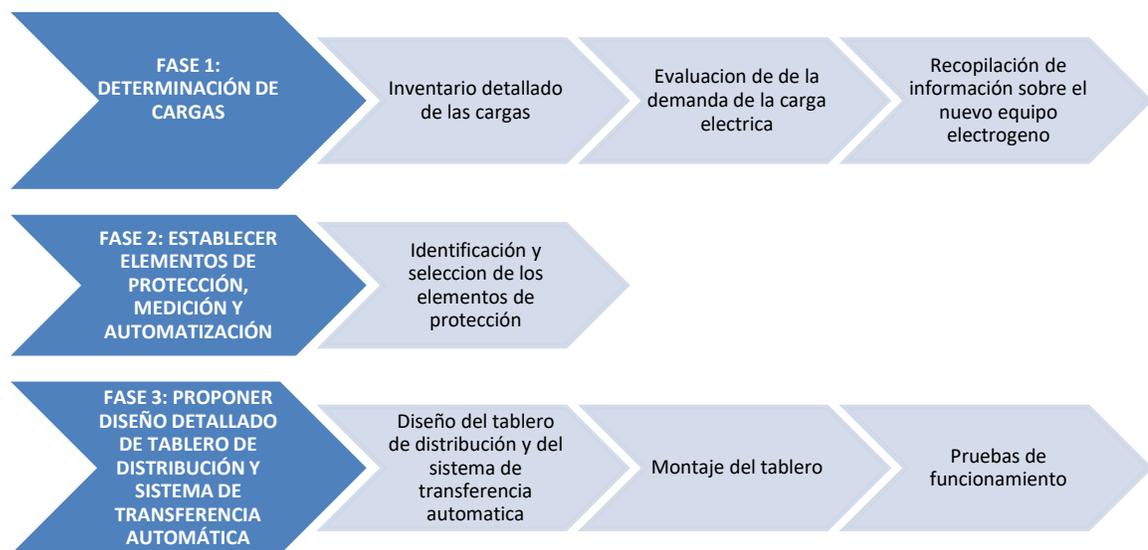
requeridas por el hospital por lo que se requiere un nuevo diseño de acuerdo las cargas que tiene el hospital.

Es importante considerar que el grupo electrógeno debe de estar debidamente dimensionado para satisfacer las necesidades energéticas del hospital. Por lo que se propone diseñar e implementar un sistema de transferencia automática y/o manual de energía eléctrica para cobertura total usando un grupo electrógeno de 200KVA, o el que corresponda de acuerdo con los cálculos y presupuesto, con el fin de tener cobertura total de la carga del Hospital y monitoreando la operatividad del sistema usando un analizador de red.

## 5. Diseño Metodológico

El tipo de metodología es de tipo experimental porque implican una planificación y un enfoque sistemático en la ingeniería de sistemas eléctricos y pueden incluir una evaluación detallada, cálculos de cargas, selección de componentes, diseño y pruebas. El presente proyecto se desarrolló en tres fases, cuyas actividades se detallan a continuación.

**Figura 6.** Mapa de procesos de la metodología del proyecto



*Fuente: Autores*

### 5.1 Fase 1: Determinar las Cargas Eléctricas

En la primera fase del proyecto se llevó a cabo el inventario de los equipos electrónicos del hospital, la determinación de las cargas eléctricas para garantizar que el nuevo grupo electrógeno, en este caso, el Grupo electrógeno MP-180 de la marca

MODASA con motor Perkins 1106A-70TAG3 y generador STAMFORD UCI 274G, satisfaga de manera eficiente las necesidades del hospital.

### ***5.1.1 Inventario Detallado de las Cargas Eléctricas en el Hospital***

Para la realización del inventario detallado de todas las cargas eléctricas presentes en el Hospital Local de Arjona, se procedió primeramente a la identificación de equipos, sistemas y dispositivos eléctricos, así como la medición de su potencia y consumo eléctrico. Se categorizaron las cargas según su importancia y criticidad para la operación del hospital.

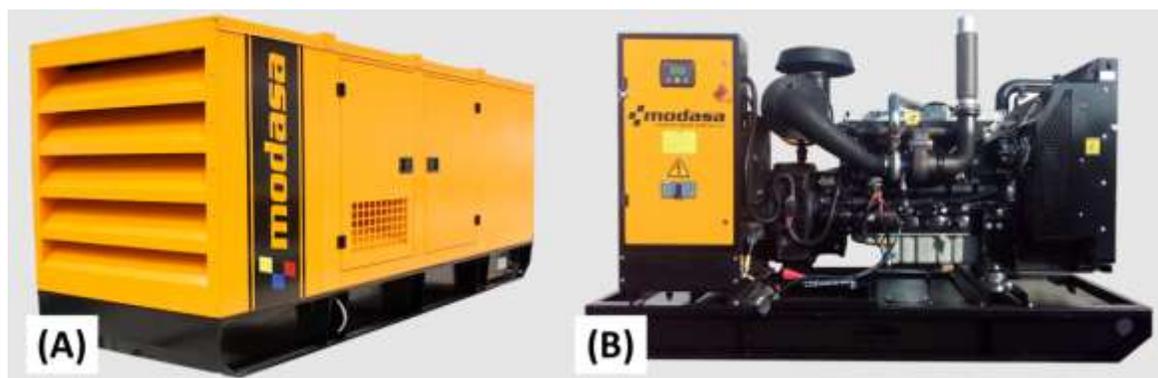
### ***5.1.2 Evaluación de la Demanda de Carga en Condiciones Normales y de Emergencia***

En esta etapa se procedió a evaluar la demanda de carga en el hospital en dos escenarios distintos: condiciones normales de operación y condiciones de emergencia en las que se requeriría la activación del grupo electrógeno. Para ello, se calculó la carga total en ambos casos (condiciones normales y de emergencia). Este análisis permitió determinar la capacidad requerida del grupo electrógeno para satisfacer las necesidades eléctricas del hospital en situaciones críticas.

### ***5.1.3 Recopilación de información sobre el nuevo equipo electrógeno***

Inicialmente, se realizó una revisión de la información técnica proporcionada por el fabricante del equipo electrógeno MODASA MP-180 (Ver Figura 7) con el fin de comprender las características específicas del grupo electrógeno. Esto incluyó la potencia en modo Prime y Standby, el voltaje de operación, la frecuencia, el factor de potencia y el amperaje tal como se muestra en la Tabla 3.

**Figura 7.** Grupo Electrónico



Nota: (A) Grupo Electrónico Insonoro y (B) Grupo Electrónico Abierto.

Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>

**Tabla 3.** Características del Grupo Electrónico MP-180 en Diferentes Configuraciones de Voltaje

Modelo	Potencia prime	Standby	Voltaje	Frecuencia	Factor de potencia	Amperaje
MP-180	159 Kw / 199 KVA	174.8 Kw / 218.5 KVA	208V	60Hz	0.8	606 A
MP-180	159.4 Kw / 199.2 KVA	177.1 Kw / 221.4 KVA	440V	60Hz	0.8	291 A
MP-180	160 Kw / 200 KVA	177.7 Kw / 222.1 KVA	480V	60Hz	0.8	267 A

Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>

Además de recopilar y analizar las características técnicas del Grupo Electrónico MP-180, se consideró la información relevante asociada al motor, el consumo de combustible y el alternador. Este análisis de datos técnicos permitió comprender de manera completa y detallada el funcionamiento y desempeño del equipo en diversas configuraciones, lo que resulta esencial para el diseño.

## **5.2 Fase 2: Establecer Elementos de Protección, Medición y Automatización**

En esta segunda fase se identificaron los elementos de protección, medición y automatización necesarios para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema, de acuerdo con las cargas que fueron determinadas en la primera fase.

### ***5.2.1 Identificación y Selección de los Elementos de Protección, Medición y Automatización***

La identificación y selección de los elementos de protección, medición y automatización es un proceso crítico que depende de las características del sistema eléctrico, las cargas y las necesidades de protección. Por tanto, para su selección se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de sobrecarga y cortocircuito
- Capacidad nominal (Amperios)
- Tipo de Circuito
- Características de disparo

- Voltaje nominal
- Ubicación y entorno
- Capacidad de interrupción
- Nivel de coordinación
- Normativas y estándares
- Facilidad de mantenimiento
- Tipo de carga

### **5.3 Fase 3: Proponer Diseño Detallado de Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática**

En esta última fase, una vez se determinaron las cargas y se seleccionaron los elementos de protección, medición y automatización se procedió a diseñar el tablero de distribución como responsable de la distribución segura de la electricidad en el hospital; y el sistema de transferencia automática el cual es crucial cuando se requiere una fuente de alimentación de respaldo en caso de cortes de energía.

#### ***5.3.1 Diseño del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática***

Para el diseño del tablero de distribución y del sistema de transferencia automática se realizó la especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, se calcularon las protecciones contra sobrecorrientes, y se realizaron cálculos

económicos de los conductores y accesorios necesarios teniendo presente el presupuesto para las adquisiciones.

Para la elaboración de diagramas, planos y esquemas para realizar la implementación se utilizó el software de diseño asistido por computadora AUTOCAD. Este programa proporciona herramientas específicas que permiten crear diagramas eléctricos, diseñar tableros y generar listas de materiales.

Es importante resaltar que el diseño fue revisado y ajustado por la empresa Eléctricos y Tableros Hassan.

### ***5.3.2 Montaje del Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática***

Una vez diseñado el tablero de distribución y el sistema de transferencia automática, se procedió a su montaje y ubicación dentro del Hospital Local Arjona.

En la Figura 8 se puede observar el proceso de armado del tablero de distribución.

**Figura 8.** *Montaje del Tablero de Distribución*



Fuente: Autores

### ***5.3.3 Pruebas de Funcionamiento del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática***

Las pruebas de funcionamiento del tablero de distribución y del sistema de transferencia automática son esenciales para garantizar que el sistema eléctrico opere de manera segura y eficiente. Por tanto, las pruebas realizadas se realizaron teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Se verificaron todas las conexiones eléctricas que estuvieran bien aseguradas, en buen estado y correctamente cableadas.

2. Se simularon condiciones de fallo controlado con el fin de observar si los dispositivos de protección actuaban según lo esperado, es decir, si cortan la corriente eléctrica de manera oportuna y adecuada.
3. Se compararon las lecturas de los medidores con los valores esperados para verificar su precisión.
4. Se realizaron pruebas de medición de corriente y voltaje para verificar que los valores medidos fueran coherentes con las condiciones del sistema.
5. Se realizaron pruebas de control simulando situaciones reales para garantizar que los dispositivos de automatización funcionen correctamente.
6. Finalmente, se realizaron pruebas de carga para asegurarse de que el sistema pueda manejar las cargas previstas sin problemas de sobrecarga.

## 6. Resultados y Análisis de Resultados

### 6.1 Determinar las Cargas Eléctricas

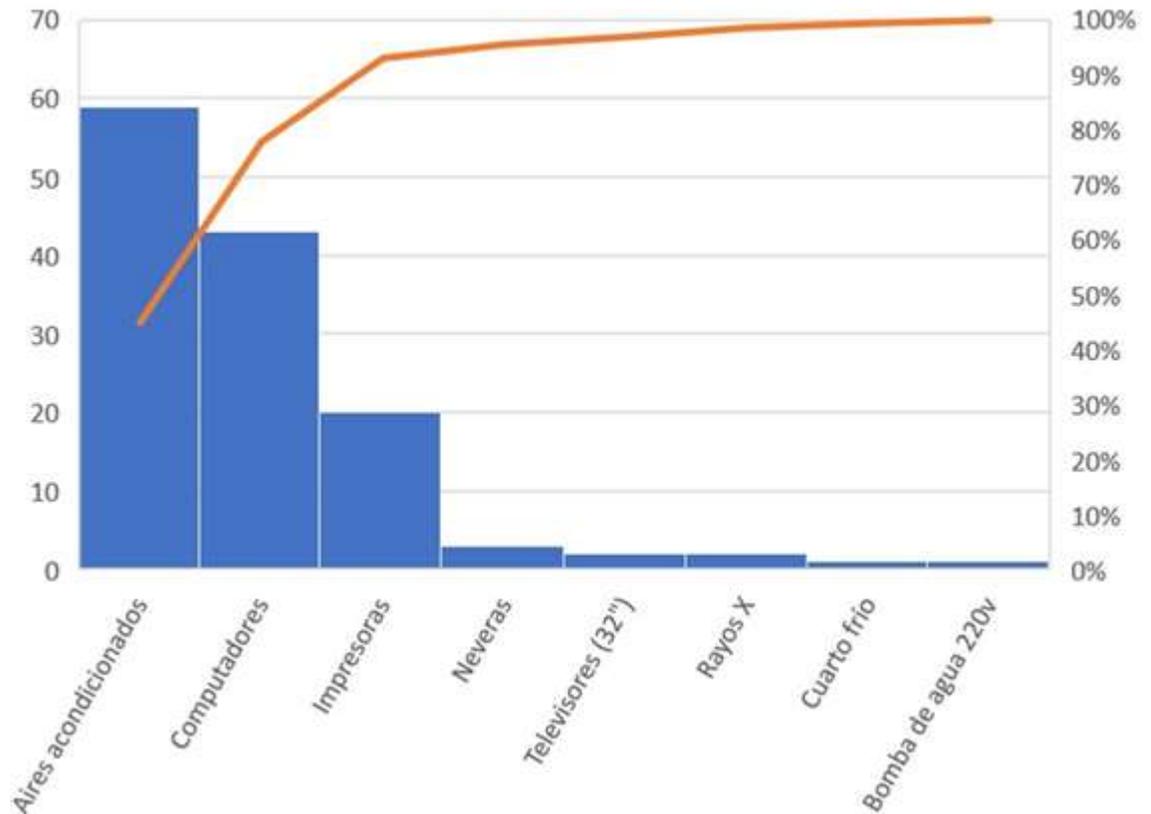
#### 6.1.1 *Inventario Detallado de las Cargas Eléctricas en el Hospital*

El inventario de equipos con los que cuenta el ESE Hospital Local Arjona se puede apreciar en la Tabla 4.

**Tabla 4.** *Inventario Zona (Primer y Segundo Piso)*

<b>Carga</b>	<b>Cantidad</b>
Aires acondicionados	59
Computadores	43
Televisores (32")	2
Impresoras	20
Cuarto frío	1
Rayos X	2
Neveras	3
Bomba de agua 220v	1

**Figura 9.** Diagrama de Pareto de las zonas del hospital



El diagrama de Pareto que se muestra en **Figura 9** representa la cantidad de inventario en una zona. Las barras representan la cantidad de inventario en cada región de la zona.

La barra principal, que representa la región A, representa el 50 % del inventario total. Esto significa que el 50 % de las cargas se deben a los equipos en la región A. Las otras regiones representan el 50 % restante del inventario, pero contribuyen a la misma cantidad de carga.

**Tabla 5.** *Consumo Eléctrico*

**Tabla 5** se puede observar el consumo de los equipos del Hospital Local Arjona junto con su identificación y líneas a las que están conectados. El consumo total por línea se tuvo de referencia para definir los requerimientos generales del sistema de distribución y transferencia, de tal forma que cumpla con la demanda actual del hospital

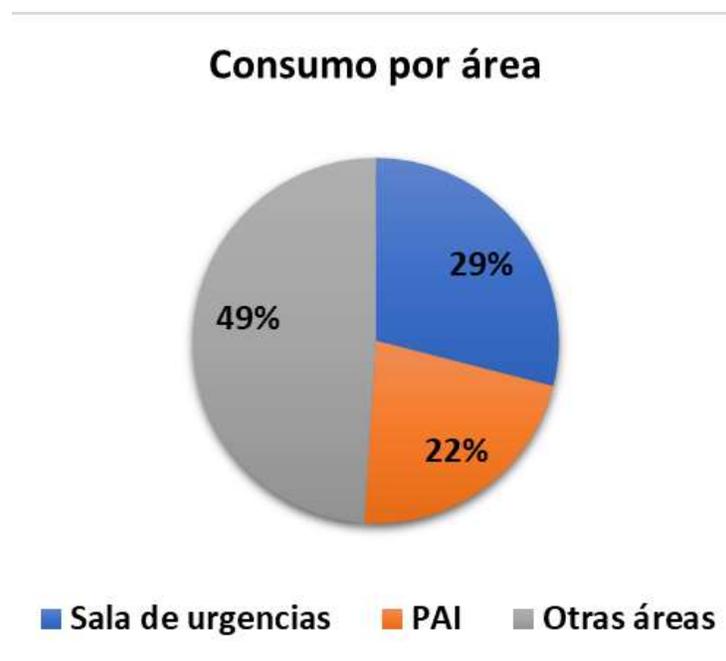
<b>Ident.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Línea</b>	<b>Consumo</b>
Q10	Aires Acondicionados PAI	L1	18 A
		L2	18 A
		L3	20 A
Q11	Sala de parto Hospitalización	L1	19 A
		L2	8.0 A
		L3	2.6 A
Q12	Sala Urgencias	L1	26 A
		L2	34 A
		L3	2.3 A
Q13	Área PAI	L1	14 A
		L2	15.9 A
		L3	0
Q14	Laboratorio	L1	13 A
		L2	20 A
		L3	10.9 A
Q15	Consulta Externa	L1	0
		L2	0
		L3	3.8 A

Ident.	Descripción	Línea	Consumo
Q16	Sistema	L1	5.8 A
		L2	0
		L3	6.0 A
Q17	UPS	L1	1.1 A
		L2	6.4 A
		L3	1.5 A
Continuación de la <i>Tabla 5</i>			
Q18	Aires Acondicionado Administración	L1	5.7 A
		L2	0
		L3	0
Q1	Aires Acondicionado Maternidad	L1	0
		L2	13,5 A
		L3	6.1 A
Q2	Bomba de Agua Potable	L1	0
		L2	0
		L3	0
Q1	Cuarto Generador	L1	0
		L2	0
		L3	0

En la Tabla 6 se resume el consumo eléctrico total por línea. Para analizar los datos de la tabla, se obtuvo una gráfica circular (Ver **Figura 10**) donde muestra que la sala de urgencias es el área que consume más electricidad, con un 29 % del consumo total. Le

sigue el área de PAI, con un 22 %. Las otras áreas representan el 49 % restante del consumo.

**Figura 10.** Consumo por áreas (general)

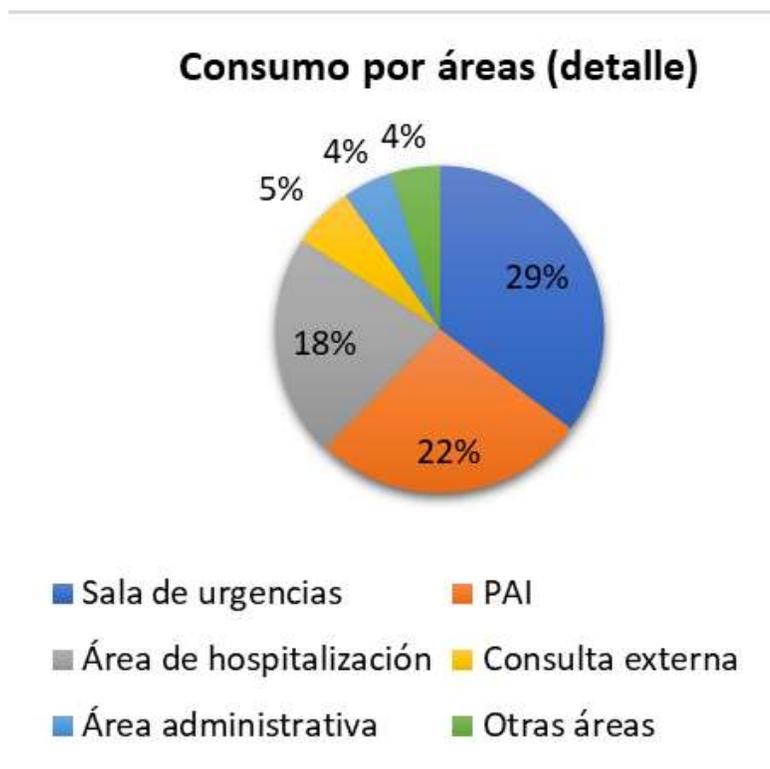


Esta grafica fue importante para identificar las áreas que representan el mayor consumo de electricidad. En este caso, la sala de urgencias es la de mayor consumo, ya que representa el 29 % del consumo total. Esto podría deberse a una variedad de factores,

como el uso de aires acondicionados, equipos médicos de alta potencia y el uso de iluminación artificial durante largos períodos de tiempo.

En la **Figura 11** se observa el consumo por áreas de manera detallada, haciendo énfasis en cada una

**Figura 11.** Consumo de área por detalle



- **Sala de urgencias:** Esta área consume el 29 % del consumo total de electricidad. El consumo se debe al uso de aires acondicionados, equipos médicos de alta potencia, como monitores cardíacos, respiradores y máquinas de rayos X.
- **Área de PAI:** Esta área consume el 22 % del consumo total de electricidad. El consumo es alto debido al uso de aires acondicionados, como incubadoras y máquinas de anestesia.
- **Área de hospitalización:** Esta área consume el 18 % del consumo total de electricidad. El consumo es debido al uso de equipos médicos de menor potencia, como monitores de signos vitales y también aires acondicionados.
- **Área de laboratorio:** Esta área consume el 13 % del consumo total de electricidad. El consumo es debido al uso de aires acondicionados, equipos menores de laboratorio y otros equipos.
- **Consulta externa:** Esta área consume el 5 % del consumo total de electricidad. El consumo es bajo debido al uso de equipos de menor potencia, como computadoras e impresoras.
- **Áreas administrativas:** Estas áreas consumen el 4 % del consumo total de electricidad. El consumo es bajo debido al uso de equipos de menor potencia, como computadoras y fotocopadoras.
- **Otras áreas:** Estas áreas consumen el 4 % del consumo total de electricidad. El consumo es bajo debido al uso de equipos de menor potencia, como bombas de agua potable y cuartos de generadores.

Cabe resaltar que las áreas del hospital se encuentran completamente acondicionadas de temperatura lo cual asegura un consumo alto debido a estos equipos, y adicionalmente, se prevén planes de inversión de equipos que generen un mayor consumo lo cual aumentaría en mayor cantidad la carga que se necesita en condiciones normales y de emergencia.

**Tabla 6.** *Consumo Eléctrico Total por Línea*

<b>Consumo Total</b>		
<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
83 A	116.2 A	58 A

El consumo total es de 257.2 A, distribuidos de la siguiente manera:

- L1: 83 A (32 %)
- L2: 116.2 A (45 %)
- L3: 58 A (23 %)

El análisis de estos datos muestra que la línea L2 es la que consume más electricidad, con un 45 % del consumo total. Le sigue la línea L1, con un 32 %, y la línea L3, con un 23 %.

La línea L2 es la que suministra electricidad a las áreas de mayor consumo del hospital, como la sala de urgencias, el área de PAI y el área de hospitalización. La línea L1 suministra electricidad a las áreas de menor consumo, como la consulta externa y las áreas administrativas. La línea L3 suministra electricidad a las áreas de apoyo, como el sistema de UPS y el cuarto de generadores.

El consumo de electricidad del hospital es alto, especialmente en la línea L2. Esto se debe a una variedad de factores, como el uso de equipos médicos de alta potencia o el uso de iluminación artificial durante largos períodos de tiempo.

Teniendo en cuenta la norma RETIE (Ministerio de energía y medio ambiente, 2013), las líneas están desbalanceadas. La norma establece que la relación entre las cargas en cada fase no debe exceder el 10 %. En este caso, la línea L2, que suministra electricidad a las áreas de mayor consumo, tiene una relación de 2.15. Esto significa que la carga en la fase L2 es más del doble que la carga en la fase L1.

El desequilibrio de las líneas puede provocar una serie de problemas, como:

- Aumento de las pérdidas de energía
- Calentamiento de los cables
- Mal funcionamiento de los equipos
- Peligro de incendio

Teniendo en cuenta lo anterior y para corregir el desequilibrio de las líneas, se tomaron las siguientes medidas:

- Distribuir las cargas de manera más uniforme entre las fases mediante el diseño del tablero y sistema de transferencia automática.
- Seleccionar un equipo electrógeno nuevo para suministrar las cargas de emergencia necesarias sin afectar el funcionamiento de los equipos del hospital



### 6.1.2 Recopilación de Información Sobre el Nuevo Equipo Electrónico

Anteriormente el Hospital poseía un grupo electrógeno obsoleto y con muchas horas de servicio lo que lo hace un equipo que no brinda confiabilidad al momento de usarlo tal como se muestra en la Figura 12.

**Figura 12.** Grupo Electrónico Antiguo



Fuente: Autores

Dentro de las características de este equipo podemos encontrar:

- Potencia = 75 KVA

- Marca = Sin identificación ya que no es visible

El Grupo de electrógeno fue remplazado por uno con una mejor eficiencia de consumo combustible y con una mayor confiabilidad; este está equipado con un módulo de control DCI, capaz de visualizar las fallas al momento de que se presente una novedad

(Ver Figura 13). Dentro de las características más relevantes encontramos:

- Grupo electrógeno MP-180
- Marca = MODASA
- Motor = Perkins 1106A-70TAG3
- Generador = STAMFORD UCI 274G
- Potencia = 200 KVA

**Figura 13.** *Grupo Electrónico Nuevo*



*Fuente: Autores*

De igual forma, en la Tabla 7, Tabla 8 y

**Tabla 9** se brinda más información más detallada de las características del grupo electrógeno, del motor, el alternador y el consumo de combustible.

**Tabla 7. Características del Grupo Electrónico**

<b>Características</b>	<b>Valores (60Hz)</b>	<b>Valores (50Hz)</b>
<b>Modelo</b>	MP-180	MP-180
<b>Motor</b>	PERKINS 1106A-70TAG3	PERKINS 1106A-70TAG3
<b>Alternador</b>	STAMFORD UCI 274G	STAMFORD UCI 274G
<b>Módulo de control</b>	Electrónico	Electrónico
<b>Fases</b>	Trifásico	Trifásico
<b>Tanque de combustible</b>	82 galones	105 galones
<b>Sistema Eléctrico</b>	12V	12V
<b>Frecuencia</b>	60Hz	50Hz
<b>Radiador (flujo de aire)</b>	250 m <sup>3</sup> /min	221 m <sup>3</sup> /min
<b>Combustión (flujo de aire)</b>	16.37 m <sup>3</sup> /min	13.87 m <sup>3</sup> /min
<b>Gases de escape (flujo)</b>	38.35 m <sup>3</sup> /min	33.85 m <sup>3</sup> /min
<b>Temperatura de gases de escape</b>	485°C	491°C

*Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>*

**Tabla 8. Características del Motor**

<b>Características del Motor</b>	
<b>Número de cilindros</b>	6 en línea
<b>Sistema de Gobernación</b>	Mecánica
<b>Ciclo</b>	4 tiempos
<b>Aspiración</b>	Turbocargador post enfr.
<b>Combustible</b>	Diesel
<b>Sistema de Combustión</b>	Inyección directa
<b>Sistema de Enfriamiento</b>	Refrigerante
<b>Diámetro del pistón</b>	105.0 mm
<b>Desplazamiento del pistón</b>	135.0 mm
<b>Capacidad</b>	7010cc
<b>Relación de compresión</b>	16.5:1
<b>Capacidad del Sistema de Lubricación</b>	18.0 litros
<b>Capacidad del Sistema de Refrigeración</b>	21.0 litros

*Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>*

**Tabla 9.** *Características del Alternador*

<b>Características Alternador</b>	
<b>Aislamiento</b>	Clase "H"
<b>Sistema de Excitación</b>	Propia
<b>Tarjeta Reguladora de Voltaje</b>	AS440 $\pm$ 1.0%
<b>Grado de Protección</b>	IP 23

*Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>*

**Tabla 10.** *Consumo de Combustible*

<b>Velocidad del Motor</b>	<b>Potencia Stand By</b>	<b>Potencia Prime</b>	<b>75% Potencia Prime</b>	<b>50% Potencia Prime</b>
1800 RPM	50.5 l/hr	46.4 l/hr	35.3 l/hr	22.7 l/hr
1500 RPM	45.1 l/hr	41.4 l/hr	32.0 l/hr	20.2 l/hr

*Fuente: <https://modasa.com.pe/sistema-energia/grupos-electrogenos>*

## **6.2 Establecer Elementos de Protección, Medición y Automatización**

### **6.2.1 Identificación y Selección de los Elementos de Protección, Medición y**

#### ***Automatización***

Dentro de los elementos de protección, medición y automatización se utilizaron los siguientes:

- Interruptores termomagnéticos 3x630A para protección principal para el suministro de red eléctrica por parte del operador de red Afinia) y Generador eléctrico (Planta 200KVA).
- Contactares para la red eléctrica y generador para controlar la maniobra automática y/o manual del suministro de energía eléctrica ya sea por la RED o por generador; los contactares son gobernados por un módulo de transferencia ATL 600 de la marca LOVATO el cual se encarga de las señales de conmutación hacia los contactores, en caso de que cuando esté en servicio el contactor de la RED y por algún motivo o daño o ausencia de tensión por parte de afinia o el operador de red, el módulo saca de funcionamiento el contactor de red y procede con enviar el start del generador; y posteriormente cuando se tenga presencia de tensión por parte del generador procede con colocar en servicio el contactor de Generador.
- Analizador de RED DMG 600 de Lovato, el cual se encarga de visualizar las corrientes y voltajes proveniente de cada línea de barrajes (L1, L2 y L3) por medio de unos transformadores de corriente.
- Interruptores de 3x80A, 3x63A, 3x200A, 3x150A... para distribución parcial de cada tablero eléctrico que alimentan zonas y equipos.
- En la parte de control, se cuenta con minibreker de 1x4A para la toma de muestras de tensiones tanto para la red como para el generador eléctrico, también contamos con relevo de 14 pines, 2NO para la RED y 2NC para el GENERADOR, bloques de contactos auxiliares para enclavamientos

eléctricos y señalizaciones de contactores en marcha, luz piloto verde para visualización de contactor de RED en marcha, luz piloto Rojo para visualización de contactor de Generador en marcha.

### **6.3 Proponer Diseño Detallado de Tablero de Distribución y Sistema de Transferencia Automática**

#### ***6.3.1 Diseño del Tablero de Distribución***

El diseño del tablero de distribución de un hospital es un aspecto fundamental para garantizar el suministro de energía eléctrica a todas las áreas del hospital. El tablero de distribución debe ser capaz de soportar la demanda de potencia de las cargas conectadas a él, y debe estar diseñado para garantizar la seguridad y la confiabilidad del sistema eléctrico.

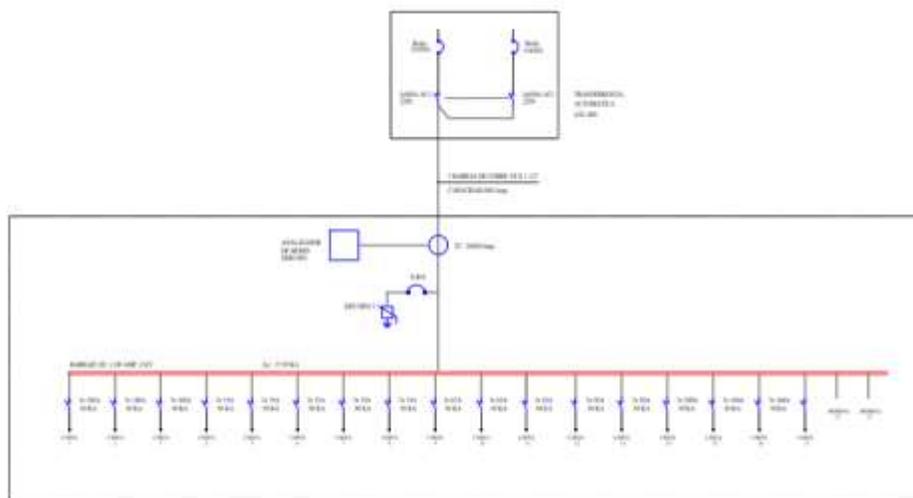
En el caso del diseño del hospital, el tablero de distribución tiene una capacidad de 200 kVA, lo que es suficiente para soportar la demanda de potencia de las 17 cargas de 50 kVA conectadas a él. El tablero de distribución está equipado con un sistema de transferencia automática (ATL-600) que permite cambiar la alimentación del tablero de distribución entre dos fuentes de alimentación, como la red eléctrica y un generador. El STA es una característica importante para garantizar la continuidad del servicio eléctrico en caso de interrupción de la red eléctrica.

El tablero de distribución también está equipado con un analizador de red (DMG 600) que permite visualizar las medidas de la red eléctrica, como la tensión, la corriente y la potencia.

En la Figura 14 se observa el diagrama de conexión del tablero de distribución con el sistema de transferencia automática ATL-600 y al analizador de red DMG 600. En dicho diagrama, se puede observar que el tablero de distribución permite conectar 17 cargas de 50KVA.

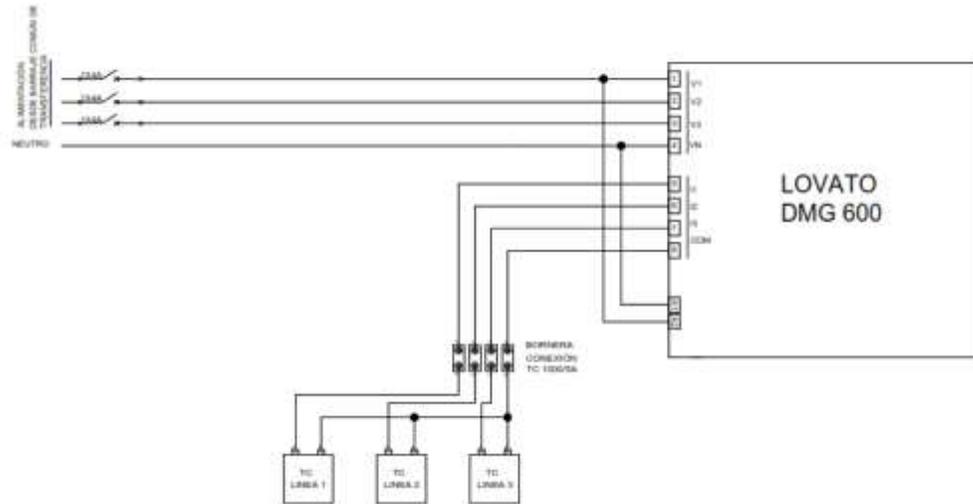
El analizador de red DMG 600 permite visualizar todas las medidas necesarias para el control de la red eléctrica. Su conexión se presenta en la Figura 15

**Figura 14.** *Diagrama Unifilar de Fuerza*



*Fuente: Autores*

**Figura 15.** Diagrama Unifilar de Analizador de Red



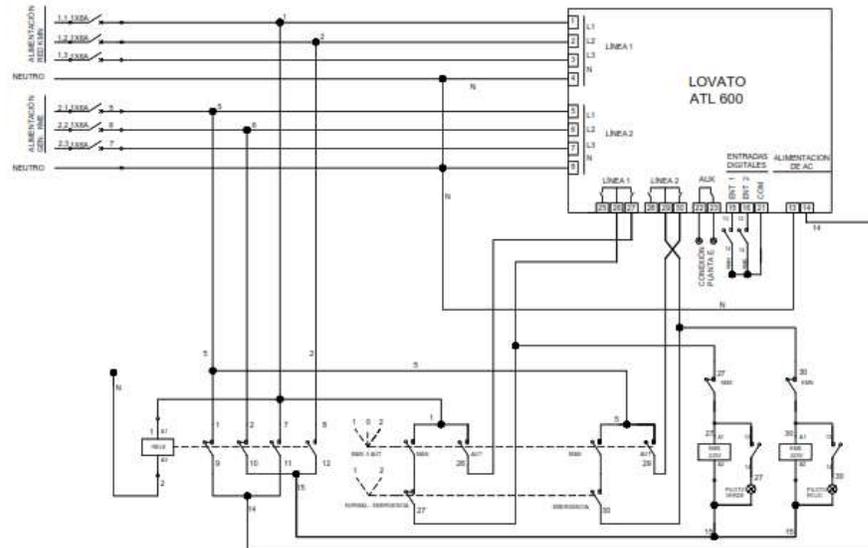
*Fuente: Autores*

### 6.3.2 Diseño del Sistema de Transferencia Automática

A continuación, se presenta el diagrama de conexiones del sistema de transferencia automática en la Figura 16.

Para el sistema de transferencia se utilizó el sistema ATL 600, el cual es un equipo de control automático que incorpora funciones de protección y control avanzadas. Además, controla el arranque remoto del generador, y es compatible con transferencias de tipo ACB, conmutador, contactor, y muestra valores TRMS de alta precisión.

**Figura 16.** Diagrama de Conexiones del Sistema de Transferencia Automática



*Fuente: Autores*

### 6.3.3 Montaje de Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática

Una vez diseñado el tablero de distribución y el sistema de transferencia automática junto con la selección y adquisición de los dispositivos de protección, medición y automatización se procedió al montaje y ubicación del sistema en el lugar previsto por el ESE Hospital Local Arjona.

En la Figura 17 y Figura 18 se pueden observar el tablero de distribución y el sistema de transferencia automática respectivamente, terminados e instalados correctamente.

**Figura 17.** *Tablero de Distribución*



*Fuente: Autores*

**Figura 18.** *Sistema de Transferencia Automática*



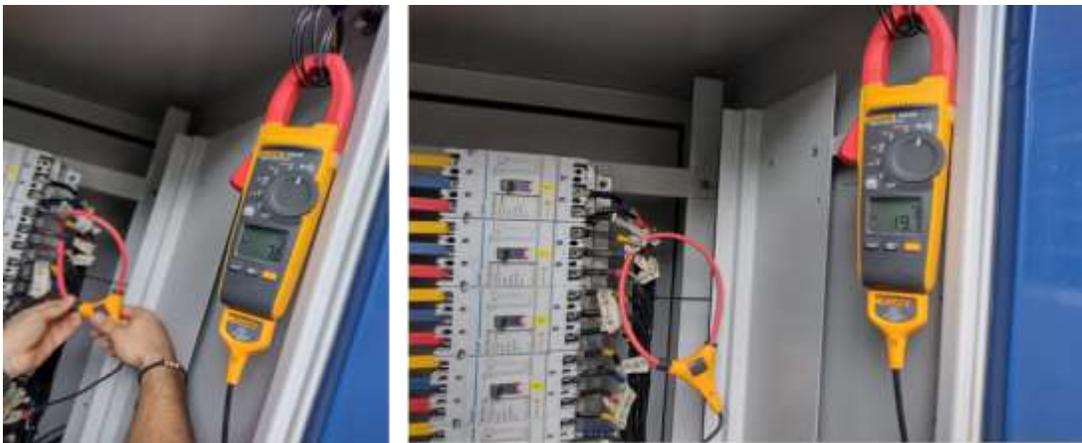
*Fuente: Autores*

#### ***6.3.4 Pruebas de Funcionamiento del Tablero de Distribución y del Sistema de Transferencia Automática***

Las pruebas de funcionamiento del tablero de distribución y del sistema de transferencia automática fueron realizadas por los ingenieros eléctricos expertos de la empresa Eléctricos y Tableros Hassan Fernández, debido a las restricciones del RETIE 2013. Sin embargo, se realizó el acompañamiento a las pruebas y puesta en servicio del sistema realizadas por la empresa.

En la Figura 19, se muestra algunos de los procesos realizados para la verificación del correcto funcionamiento del sistema.

**Figura 19.** *Mediciones de Pruebas de Funcionamiento*



*Fuente: Autores*

## Conclusiones

En conclusión, el presente proyecto ha alcanzado con éxito sus objetivos fundamentales, enfocados en la mejora y optimización del suministro eléctrico en el ESE Hospital Local Arjona, considerando la adquisición de un nuevo grupo electrógeno. Los principales logros y hallazgos incluyen:

Se ha realizado una evaluación exhaustiva para determinar con precisión las cargas eléctricas requeridas por el hospital, teniendo en cuenta el nuevo equipo generador. Esta etapa fue esencial para garantizar que el sistema pueda satisfacer las demandas de energía de manera confiable y eficiente.

Se identificaron y se seleccionaron los dispositivos de protección adecuados para el tablero de distribución del hospital. Además, se definieron los elementos de medición y automatización necesarios para supervisar y controlar el sistema de manera efectiva.

En tercer lugar, se diseñó el sistema que permitirá que el hospital cuente con un suministro eléctrico ininterrumpido y confiable, lo que es esencial para garantizar la seguridad y el bienestar de los pacientes y el personal médico. Además, se identificaron y seleccionaron los dispositivos de protección adecuados para el tablero de distribución. También se definieron los elementos de medición y automatización necesarios para supervisar y controlar el sistema de manera efectiva. Todo esto permitió que el sistema pueda funcionar de manera segura y eficiente.

### **Recomendaciones**

- Para un adecuado dimensionamiento del tablero de distribución debe tenerse en cuenta las cargas eléctricas actuales y futuras de la instalación.
- El tablero de distribución debe diseñarse con capacidad para expansiones futuras.
- El acceso y el mantenimiento del tablero deber ser de fácil acceso, garantizando una conexión segura y accesible para los técnicos.
- El tiempo de conmutación del sistema de transferencia automática debe ser mínimo para evitar interrupciones en el suministro eléctrico. Esto es especialmente importante en entornos críticos como hospitales.
- Se debe capacitar al personal encargado para operar y mantener el sistema de transferencia automática de manera segura y eficiente.

### Referencias Bibliográficas

- Angulo Hernández, S. H., & Yarleque Chunga, J. A. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO DEL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE* [Tesis de grado]. Universidad Señor de Sipán.
- Cediel, C. G., & Ruiz, J. K. (2021). *Diseño de una subestación eléctrica a 34.5 kV con un transformador de potencia de 500 kVA a 440/254 V para la Empresa Bolivariana de Minerales Ltda.* [Tesis de grado]. Universidad Antonio Nariño.
- Consejo Colombiano de Seguridad. (2021). *HERRAMIENTAS BÁSICAS DE INSTALACIONES ELECTRICAS CON ENFASIS EN RETIE.*
- ESCÁRRAGA, W., & VAZQUEZ DE MOYA, R. (2021). *DESARROLLO DE UNA METODOLOGIA PARA CERTIFICACIÓN DE TABLEROS ELECTRICOS DE BAJA TENSION DE ACUERDO A LA NORMA IEC 61439 DE LA EMPRESA CAMES DE COLOMBIA S.A.S.* [Tesis de grado]. Universidad Antonio Nariño.
- ESP. (2023). *IEC 61439 standar for low voltage switchgear and controlgear assemblies.*  
[https://Electrical-Engineering-Portal.Com/Download-Center/Books-and-Guides/Power-Substations/Introduction-to-Iec-61439.](https://Electrical-Engineering-Portal.Com/Download-Center/Books-and-Guides/Power-Substations/Introduction-to-Iec-61439)
- Farina, L. A. (2019). *Tableros eléctricos.*

Banco Interamericano de Desarrollo, Pub. L. No. IDB-TN-897, NOTA TÉCNICA N°

IDB-TN- 897 1 (2015).

Gutiérrez Caicedo, B. (2022). *Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico de instalación Eléctrica con Capacidad de carga 45 KVA*. Universidad Antonio Nariño.

Játiva, J., Maldonado, J., & Mena, V. (2019). Diseño y Construcción de un Transformador Trifásico para Control de Voltaje en el Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia . *Escuela Politécnica Nacional*, 43(1), 1–13.

Legrand. (2012). *CONSTRUCCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE CONJUNTOS DE CONFORMIDAD CON IEC 614391 y 2*.

Ministerio de energía y medio ambiente. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>.

PARRA ALEMÁN, S. (2016). *DISEÑO Y FABRICACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION – PROYECTO SUBESTACION EDIFICIO BANCO AGRARIO DIRECCION GENERAL [TESIS DE GRADO]*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Paucca Humancha, L. (2023). *Seguridad de las instalaciones eléctricas en ambientes críticos del Hospital de Pomabamba [Tesis de grado]*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Ramirez, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía*.
- Reyes, C., & Pardo Diaz, J. (2021). *Diseño De Un Sistema De Red Eléctrica Hasta Uso Final Para Una Torre De Ocho Apartamentos De Vivienda Unifamiliar En El Municipio De Restrepo (Meta)*. [Tesis de grado]. Universidad Antonio Nariño.
- Saltos, M., Velásquez, A., Aguirre, M., Villamarín, A., Ortíz, D., & Haro, R. (2022). Planificación Óptima de Recursos Energéticos Distribuidos para Mejorar la Resiliencia de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica frente a Desastres Naturales: Caso en Lahares Volcánicos. *Revista Técnica "Energía,"* 18(2), 13–24. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.488>
- Sánchez Camargo, G. A. (2020). *Diseño de red eléctrica industrial de baja tensión para la empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S.* [Tesis de grado]. Universidad Antonio Nariño.
- Turconi, D., Agüero, J., Campero, I., Farina, J., Lupi, D., & Zaradnik, I. (2015). Sistema de transferencia automática para grupos electrógenos. *Congreso Argentino de Sistemas Embebidos, 1(1)*, 1–5.

## Anexos

### Anexo 1.

*Manual Básico de Operación y Mantenimiento del Sistema*



# MANUAL DE OPERACIÓN

## 1. Manual de operación transferencia hospital de Arjona

### *Aviso de Seguridad*

No opere el módulo sin antes leer el manual, y si no cuenta con las competencias eléctricas para realizar operaciones

### *Como usar el manual*

Este manual está diseñado para brindar información a las personas encargadas del sistema de mantenimiento del Hospital de Arjona

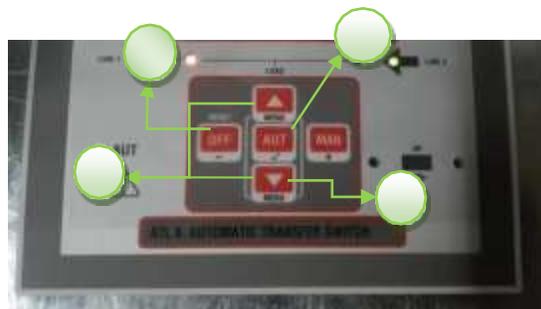
El módulo descrito a continuación es el encargado de realizar la transferencia cuando el sistema se encuentra en operación automática

#### ➤ ATL 600

- 5 teclas de función y configuración.
- Texto de medidas, configuración y mensajes en 5 idiomas. ▪ 4 LED indicadores de sistema (estado de fuente e interruptores) ▪ 2 LED indicadores de alarma y modo automático activo.
- Funciones avanzadas de I/O programables.
- Alarmas definidas por el usuario
- Medición de alta precisión
- Línea 1 y línea 2: 3 fases + neutro, lectura de voltaje de entrada
- Cambio entre: línea-línea, línea-generator y generator-generator
- Control del motorizado de los interruptores
- Control del voltaje de redes trifásicas, bifásicas y monofásicas.
- Control de voltaje entre fases y/o de fases.
- Control de sub-voltaje, sobrevoltaje, pérdida de fase, asimetría, mínima frecuencia, máxima frecuencia, con activación y retardo de intervención independientes.
- Umbrales de tensión con histéresis programable

- 6 entradas digitales programables
  - 6 + 1 salidas digitales
  - 6 relés con contactos Normalmente Abiertos 8A – 250VAC.
  - 1 relé con contacto conmutado 8A – 250VAC.
  - Almacenamiento de los últimos 100 eventos
- Energización
- Las funciones de operación del sistema tienen como condición de prioridad trabajar con la Red.
  - La planta funciona como respaldo cuando no se cuenta con el suministro de energía por Red
  - El sistema es de 220VAC
  - ATL600 tiene una alimentación de 100-240 V CA.
  - El dispositivo suele estar en modo OFF cuando se enciende.
  - Para que mantenga el modo de funcionamiento en que se encontraba antes de apagarlo por última vez.
  - Durante la energización todos los LED parpadean para verificar el funcionamiento.
- ATL600 Botones de configuración
- **Botón OFF (1)** – Selección modo de operación apagado
  - **Botón AUT (2)** – Selección en modo automático.
  - **Botón MAN (3)** – Selección en modo de operación Manual.
  - **▲ ▼ (4)** – Use el desplazamiento del display para seleccionar en el menú las páginas en la lista. Presione de manera simultánea ▼ + ▲ para regresar al menú principal con rotación de iconos.

Figura 2. Botones del ATL600



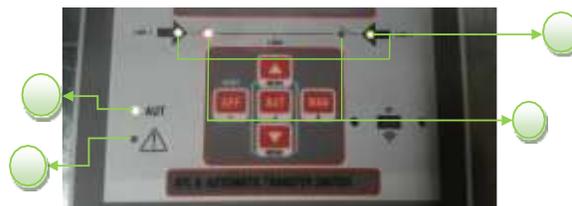
## *Elaboración propia*

### 1.1 LED Frontales figura 3

#### ➤ ATL600

- **AUT LED (Verde) (1)** – Indica que el modo automático está activo.
- **Alarma LED (Roja) (2)** – Cuando parpadea, indicación de una alarma activa.
- **Estado de voltaje de línea 1 LED (Verde) (3)** – Indica que el voltaje de la fuente 1 está dentro de los límites de tensión programados.
- **Estado de voltaje de línea 2 LED (Verde) (3)** – Indica que el voltaje de la fuente 2 está dentro de los límites de tensión programados.
- **Estado del interruptor 1 LED (Amarillo) (4)** – Cuando esta fijo, indica el estado de apertura o cierre del interruptor de la fuente 1. Cuando parpadea, indica un desajuste entre el estado deseado del interruptor y el estado verdadero detectado por la entrada de realimentación.
- **Estado del interruptor 2 LED (Amarillo) (4)** – Cuando esta fijo, Indica el estado de apertura o cierre del interruptor de la fuente 2. Cuando parpadea, indica un desajuste entre el estado deseado del interruptor y el estado verdadero detectado por la entrada de realimentación.

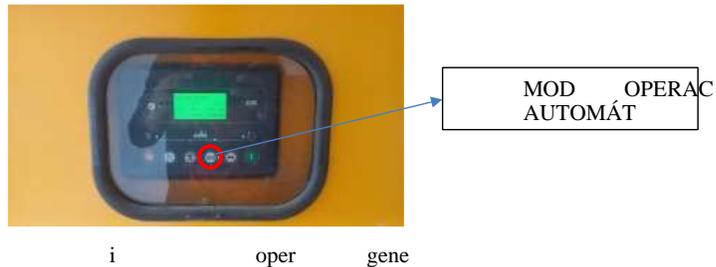
Figura 3. Indicadores LED del módulo ATL600



## MODOS DE OPERACIÓN

### ➤ MODO AUTOMÁTICO

Para la puesta en marcha del sistema automático de la transferencia se debe garantizar las siguientes condiciones.



El módulo del generador se debe encontrar en modo automático tal y como lo indica la *figura 4*, esta debe indicar a través de un led de color rojo que se encuentra en modo automático

Una vez validada esta condición se debe garantizar que el tablero este en modo automático tal y como lo muestra la *figura 5*

Figura 5: Selección automática del sistema.



Una vez confirmada estas dos operaciones, se garantiza que el sistema se encuentra en modo automático, y el sistema por si solo garantizara que el hospital

cuenta con un sistema de energía constante, cabe aclarar que el sistema tiene las siguientes preferencias.

- Como primera instancia el servicio de red normal tendrá prioridad sobre el del generador, esto para garantizar que mientras el servicio de red este activo el sistema va a trabajar con este
- El generador funcionara como respaldo del servicio de Red normal, garantizando que mientras no se cuente con este, el generador se active
- Cuando el sistema se encuentre trabajado con la red se mostrará un indicador piloto de color Verde indicando que este esta trabajando don la red, tal y como se muestra en la *figura 6*.

Figura 6: Indicador piloto de red normal.



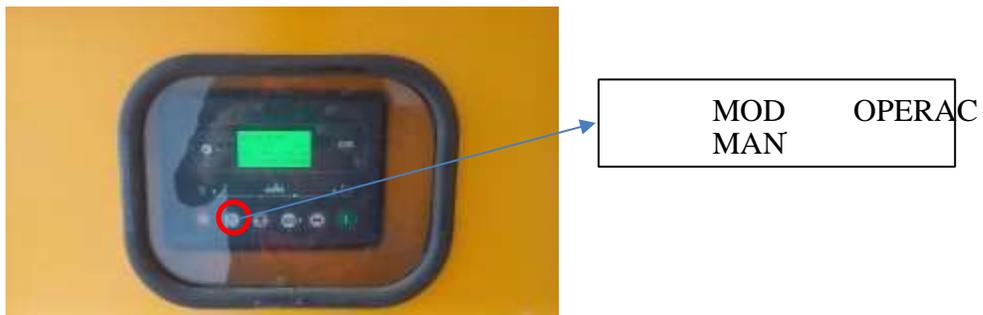
- De igual forma cuando el sistema se encuentra operando con la transferencia se indicará por medio de una luz piloto roja, de acuerdo con la *figura 7*.

Figura 7: Indicador piloto de planta



➤ **MODO MANUAL**

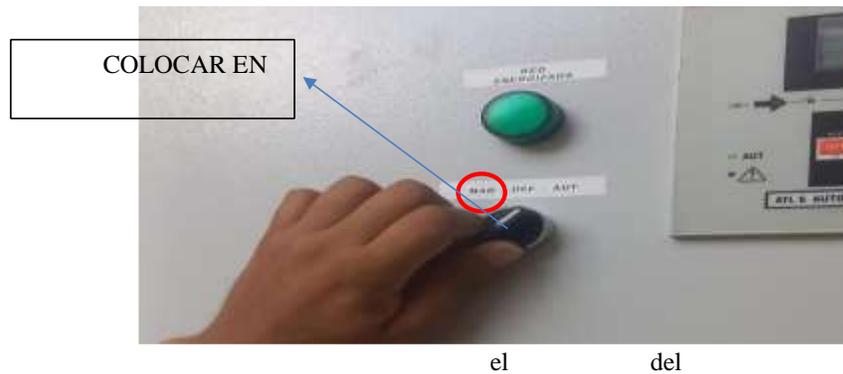
Para trabajar en modo manual se debe garantizar que el generador se encuentra en modo manual, tal y como lo muestra la *figura 8*



mo oper del

El módulo del generador se debe encontrar en modo manual tal y como lo indica la *figura 8*, esta debe indicar a través de un led de color rojo que se encuentra en modo manual

Una vez validada esta condición se debe colocar el tablero de transferencia en modo manual, rotando la perilla del selector a modo “**MAN**”



Luego de seleccionar el modo de operación manual se debe seleccionar con qué tipo de suministro se desea trabajar, esto se selecciona a través de la perilla de operación

Figura 10: Selección de suministro



Si se selecciona modo Normal, esto indica que trabajará con el suministro de red de afinia, y tendrá como indicador de operación la luz led piloto verde mostrada en la *figura 6*

Por el contrario, si selecciona modo Emergencia. Este trabajar por medio del generador instalado y la indicación de estado corresponde a la estipulada en la *figura 7*

**Anexo 2.**

*Especificaciones Técnicas del Analizador de Red DMG600*

**Anexo 3.**

*Ficha Técnica ATL 600*

