

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES ELECTROMECAÁNICAS  
DE UNA ESTACIÓN DE TELECOMUNICACIONES PARA  
IDENTIFICAR LAS MEJORAS REQUERIDAS EN LOS  
SISTEMAS INSTALADOS**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA  
EN ELECTROMECAÁNICA**

**MARISELA MONGE BADILLA**

**TUTOR: JEFFREY PERALTA UMAÑA**

**SEDE ARANJUEZ**

**Abril, 2024**

## CONTENIDO

CAPÍTULO I. PROBLEMA .....	10
1.1 Planteamiento del problema .....	10
1.2 Objetivos .....	13
1.2.1 Objetivo general .....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.2.3 Pregunta de investigación.....	13
1.3 Justificación.....	14
1.4 Antecedentes.....	15
1.4.1 Antecedentes nacionales e internacionales .....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Identificación de reglamentos aplicables a los servicios prestados en la estación de análisis .....	18
2.1.1 Reglamento de prestación de servicios de telecomunicaciones. Capítulo sétimo 18	
2.2 ¿Qué son las telecomunicaciones? .....	20
2.3 Un servicio de misión crítica .....	20
2.4 Edificios de misión crítica.....	20
2.4.1 Riesgos para un edificio de misión crítica .....	21
2.5 Centro de datos de telecomunicaciones (Data Center).....	21
2.5.1 Estándar en la infraestructura de un centro de datos.....	21
2.6 Estándar ANSI/TIA-942 .....	24
2.7 Sistemas de corriente alterna .....	24
2.7.1 Transformador eléctrico.....	25
2.7.2 Grupo electrógeno.....	25
2.7.3 Transferencia automática .....	25
2.7.4 Tableros eléctricos.....	26
2.8 Sistemas de corriente directa .....	27
2.8.1 Fuentes de alimentación de corriente continua.....	27
2.8.2 Banco de baterías .....	27
2.9 Sistemas de aire acondicionado .....	28
2.10 Confiabilidad y disponibilidad de un sistema de telecomunicaciones.....	28
2.10.1 Confiabilidad.....	28
2.10.2 Disponibilidad .....	28
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1 Enfoque de la investigación .....	29
3.2 Método de la investigación .....	29

3.3	Fuentes de información .....	29
3.4	Variables de análisis.....	30
3.5	Instrumentos.....	32
3.6	Proceso para recolección y análisis de datos .....	33
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>34</b>
4.1	Identificación del estado actual de la infraestructura electromecánica de los sistemas críticos de la estación de telecomunicaciones .....	34
4.1.1	Condiciones actuales del sistema de corriente alterna .....	34
4.1.2	Condiciones actuales del sistema de corriente directa.....	36
4.1.3	Condición actual sistema de aire acondicionado .....	37
4.1.4	Proyecciones de demanda de energía y climatización de equipos por instalar 38	
4.2	Analizar qué apartados de la norma ANSI/TIA-942, con respecto a los sistemas de respaldo son aplicables para la estación en estudio.....	39
4.3	Identificación de acciones de mejora en los sistemas electromecánicos de la estación.....	40
4.3.1	Identificación de acciones de mejora para el sistema de aire acondicionado 41	
4.3.2	Identificación de acciones de mejora en el sistema de corriente alterna.....	41
4.3.3	Recomendaciones y acciones de mejora en el sistema de corriente directa	43
4.4	Dimensionamiento de costos de equipamiento necesario para implementar las acciones de mejora .....	45
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>47</b>
5.1	Conclusiones .....	47
5.2	Recomendaciones .....	50
6	Bibliografía.....	52
7	Anexos. ....	55
	Anexo 1. Cable PAWC.....	55
	Anexo 2. Cotización Transformador.....	56
	Anexo 3. Cotización Planta de Fuerza. ....	58
	Anexo 4. Cotización Generador. ....	59
	Anexo 5. Referencia de costo Disyuntor .....	65
	Anexo 6. Referencia de costo módulo medición de variables eléctricas.....	66

## TABLAS

TABLA 1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN POR OBJETIVO ESPECÍFICO.....	31
TABLA 2. DEMANDAS ACTUALES DE POTENCIA AC. ....	35
TABLA 3. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA.....	35
TABLA 4. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA.....	36
TABLA 5. DEMANDAS ACTUALES DE POTENCIA DC. ....	37
TABLA 6. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE CARGAS EN CORRIENTE DIRECTA. ....	37
TABLA 7. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y CLIMATIZACIÓN PARA INSTALACIÓN DE EQUIPOS....	38
TABLA 8. CARGA ACTUAL Y REQUERIMIENTO FUTURO PARA EL TRANSFORMADOR. ....	42
TABLA 9. PROYECCIÓN DE CARGAS DEL NUEVO TRANSFORMADOR.....	42
TABLA 10. CARGA ACTUAL Y REQUERIMIENTO FUTURO PARA EL GENERADOR. ....	43
TABLA 11. CARGA ACTUAL Y REQUERIMIENTO FUTURO PARA PLANTAS DE FUERZA.....	44
TABLA 12. DIMENSIONAMIENTO DE COSTOS.....	46

## FIGURAS

IMAGEN 1. TRÁFICO DE ACCESO A INTERNET EN LA RED MÓVIL.....	10
IMAGEN 2. TRÁFICO DE ACCESO A INTERNET EN LA RED FIJA.....	11
IMAGEN 4. DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE UNA TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	26

## DEFINICIONES

A: amperios.

AC: corriente alterna.

ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).

ANSI/TIA-942: Estándar de calidad.

BTU: British Thermal Unit, mide la cantidad de calor que una unidad de aire acondicionado puede extraer de una habitación.

*Data center*: centro de datos.

DC: corriente directa.

FR: factor de rigurosidad.

HVAC: *Heating ventilation and air conditioning* (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

kVA: kilovoltiamperio.

RTT (*Round Trip Time*): tiempo de ida y vuelta; se refiere al tiempo que tarda un paquete de datos, enviado desde un emisor, en volver a ese mismo emisor habiendo pasado por el receptor destino.

SUTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

Tera Byte: es una unidad de almacenamiento de información, cuyo símbolo es el TB y equivale a 10<sup>12</sup> bytes.

TIA: Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones).

TIER: capa o nivel.

TR: tonelada de refrigeración.

UPS: *Uninterruptable Power Supply* (fuente de alimentación ininterrumpida).

Uptime Institute: Institución de mayor prestigio y reconocimiento a nivel mundial en la creación y administración de los Estándares y Certificaciones TIER para el Diseño de Data Center.

V: voltios

## RESUMEN

Las estaciones de telecomunicación tienen un papel importante en el establecimiento de las telecomunicaciones a nivel global; estas se pueden considerar como estaciones de misión crítica, debido a los equipos de redes de comunicaciones como transporte y acceso fijo y móvil que albergan en su interior. Por lo tanto, el servicio de datos es cada vez más relevante para la sociedad actual, además, está regulado por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), mediante el Reglamento de Prestación y Calidad de Servicios.

Por lo anterior, es importante contar con sistemas electromecánicos con alta disponibilidad y confiabilidad, que le permitan a los equipos de telecomunicaciones brindar los servicios de manera eficiente y sin interrupción. En este sentido, es fundamental identificar las condiciones actuales del sistema en busca de definir mejoras.

Tras el análisis realizado, se logra identificar que se requieren mejoras en los sistemas de corriente directa con la instalación de una nueva planta de fuerza, corriente alterna, mediante la actualización del transformador y generador por equipos de mayor capacidad. Estas medidas buscan satisfacer tanto la demanda actual como la proyectada en corto plazo. Asimismo, se propone un rediseño de los sistemas de aire acondicionado para mejorar la disponibilidad y rendimiento del sistema, en línea con los estándares internacionales, como es el estándar ANSI/TIA-942, el cual es aplicable a este tipo de edificaciones.

Finalmente, se evidencia la importancia de contar con sistemas electromecánicos fiables para asegurar el funcionamiento óptimo de la estación, por ende, de los servicios de telecomunicaciones que ofrece como punto de conexión de redes. El dimensionamiento adecuado y flexibilidad de los equipos electromecánicos son relevantes para satisfacer las nuevas demandas de manera eficiente y oportuna, permitiendo así la implementación ágil de soluciones de capacidad y mejorando la competitividad en un mercado tan dinámico como el de las telecomunicaciones.

## CAPÍTULO I. PROBLEMA

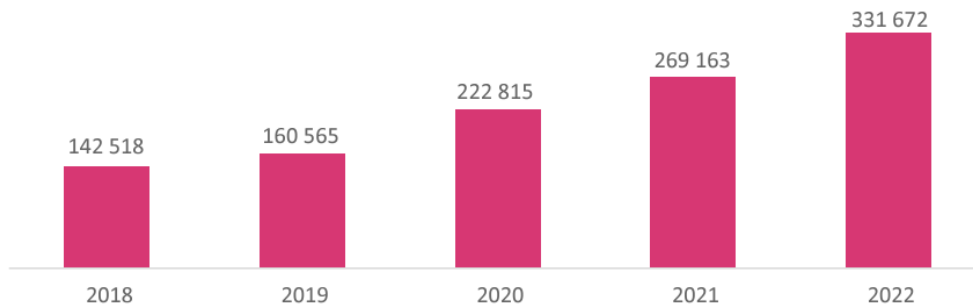
### 1.1 Planteamiento del problema

La situación actual de las telecomunicaciones ha experimentado una transformación significativa, la cual se vio impulsada en gran medida por la pandemia de COVID-19. Esta situación ha generado una creciente demanda de servicios de datos de alta velocidad para las actividades como el teletrabajo, la educación en todos los niveles, así como el respaldo al sector comercial. Dicha evolución en el uso de las tecnologías digitales redefinió la manera de comunicarse de los individuos, donde se visualiza un aumento en la preferencia por las comunicaciones a través de internet como las videollamadas (conmutación de paquetes) en lugar del uso de las tradicionales llamadas de voz por conmutación de circuitos.

El cambio en la dinámica del uso de datos se puede visualizar en lo indicado en el Informe de Estadísticas del Sector de Telecomunicaciones 2022, Costa Rica, elaborado por SUTEL, en cuanto a que el crecimiento del tráfico de datos de internet en la red móvil se ha duplicado en los últimos cinco años. Este comportamiento se puede verificar en la imagen 1, donde se detalla el tráfico de internet anual en terabyte en un periodo que comprende desde el año 2018 al 2022.

*Imagen 1. Tráfico de acceso a internet en la red móvil*

**Gráfico n.º 87. Costa Rica: Tráfico, acceso a Internet en la red móvil, 2018-2022**  
(cifras anuales en TB)



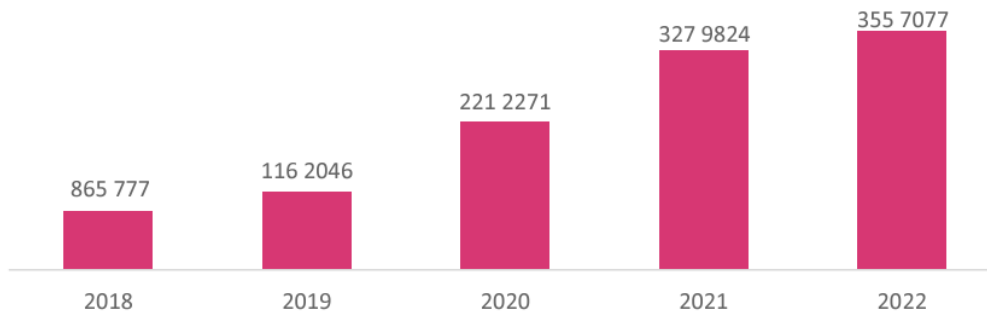
Fuente: SUTEL (2022)

El comportamiento del tráfico para la red fija se muestra en la imagen 2, identificando que el crecimiento en el uso de datos aumenta significativamente en el periodo de los años 2018 al 2022. Este aumento podría estar relacionado con el desarrollo de redes de fibra óptica de los diferentes proveedores, las cuales han permitido a los usuarios de esta red aumentar los anchos de banda contratados y, de esta manera, disfrutar de distintas aplicaciones y servicios que demandan mayores velocidades de internet.

Por otro lado, analizando el comportamiento de la red en los años de pandemia y postpandemia (periodo comprendido entre 2019-2021), el tráfico creció de forma diferente y se podría asociar este crecimiento a los nuevos requerimientos que los usuarios tienen en sus hogares y oficinas.

*Imagen 2. Tráfico de acceso a internet en la red fija*

**Gráfico n.º 117. Costa Rica: Tráfico, acceso a Internet en la red fija, 2018-2022**  
(cifras anuales en TB)



*Fuente: SUTEL (2022)*

En este contexto, las estaciones de telecomunicaciones juegan un papel fundamental al facilitar la interconexión y el intercambio de datos a nivel global, así como integrar diferentes equipos de redes de telecomunicaciones. Para garantizar la continuidad del servicio en estas estaciones, es relevante contar con sistemas electromecánicos confiables y de alta disponibilidad, que aseguren el funcionamiento óptimo de los equipos instalados y que cumplan con estándares de calidad tanto a nivel nacional como internacional.

Un sistema electromecánico crítico es el que desempeña una función vital para la operación del sistema, en este caso de telecomunicaciones, para el cual un fallo o mal funcionamiento podría tener consecuencias importantes, como pérdida del servicio, pérdida de ingresos, así como impacto operativo en los servicios prestados. Por lo que se espera que estos sistemas estén disponibles y operativos la mayor parte del tiempo posible.

Además, se debe considerar que los servicios prestados desde una estación de telecomunicaciones deben cumplir con lo indicado en el Reglamento de Prestación y Calidad de Servicios de la Superintendencia de Telecomunicaciones; por lo que es muy importante que las estaciones tengan sistemas electromecánicos confiables de alta disponibilidad y con capacidad de crecimiento para el funcionamiento de los equipos instalados y nuevos equipos requeridos para ampliar los servicios de telecomunicaciones.

Dada la importancia estratégica de las estaciones y la naturaleza dinámica del sector de las telecomunicaciones, se hace necesario analizar las condiciones actuales de los sistemas electromecánicos críticos y de respaldo instalados en una estación de telecomunicaciones. Esto permitirá identificar y recomendar acciones requeridas para mejorar su rendimiento y garantizar el cumplimiento de los requerimientos de energía actuales, así como los futuros derivados del avance de la tecnología y los servicios que la empresa comercializa.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Analizar las condiciones actuales de una estación de telecomunicaciones, para conocer las características y estado de los sistemas electromecánicos instalados, a fin de identificar las acciones de mejora necesarias para asegurar la disponibilidad en los sistemas críticos y de respaldo.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de las condiciones electromecánicas de los sistemas críticos y de respaldo de una estación de telecomunicaciones.
- Analizar los apartados aplicables del estándar ANSI/TIA-942, respecto a redundancia eléctrica y mecánica, que permitan mejorar la disponibilidad del sistema.
- Identificar las acciones de mejora para garantizar la disponibilidad en los sistemas electromecánicos de la estación.
- Dimensionar los costos de equipamiento necesario para implementar las acciones de mejora identificadas.

### 1.2.3 Pregunta de investigación

¿De qué forma se pueden mejorar los sistemas electromecánicos críticos de respaldo actuales en una estación de telecomunicaciones, en busca de garantizar sistemas de respaldo que permitan aumentar la disponibilidad de los equipos que prestan los servicios de telecomunicaciones, además, que permita atender requerimientos eléctricos futuros derivados del crecimiento y evolución de las redes de comunicaciones?

### 1.3 Justificación

Las estaciones de telecomunicaciones tienen un papel vital para las comunicaciones a nivel global, dado que estas son las que permiten el intercambio de información. Por lo que este estudio tiene como objetivo llevar a cabo un análisis de las condiciones presentes en los sistemas electromecánicos críticos y redundantes de una estación de telecomunicaciones, en busca de identificar deficiencias y proponer mejoras en la infraestructura existente en la estación de análisis. Conociendo el papel relevante que tienen estas estaciones como punto de conexión para la comunicación global.

Este análisis no solo aborda aspectos técnicos, sino que también considera su relevancia en el contexto social. Desde el punto de vista técnico, es importante identificar las condiciones actuales de los sistemas; a partir de esta información base y del análisis de las normas internacionales aplicables, se podrán definir las mejoras necesarias en los sistemas electromecánicos y así garantizar la alta disponibilidad y continuidad de los servicios prestados (voz, datos, video) desde esta estación.

Por otra parte, desde el aspecto social, se debe tener muy presente que esta es una era digital en la que la conectividad global representa un bien tanto para las personas como los negocios, instituciones y centros educativos que hacen uso de las herramientas digitales y virtuales en sus actividades diarias. Por esta razón, es relevante contar con una alta disponibilidad del servicio generando confianza en la sociedad y, de esta forma, no enfrentar interrupciones en las comunicaciones ni pérdidas de datos que obstaculicen la realización óptima de las actividades cotidianas.

Esta investigación pretende analizar e identificar los sistemas electromecánicos dentro de la estación que requieren mejoras, con el fin de aumentar la disponibilidad del sistema. Para este objetivo, se verifica la aplicación de la norma ANSI/TIA-942 (Telecommunications Industry Association [TIA], 2014), específicamente en lo que se refiere a temas de redundancias, el cual es un aspecto fundamental para garantizar la disponibilidad de los sistemas, proporcionando directrices para el diseño e implementación de infraestructuras críticas, como lo son las estaciones de telecomunicaciones. Se busca garantizar la disponibilidad del sistema para evitar interrupciones ocasionadas por fallas en la operación de los sistemas eléctricos y mecánicos de la estación; los cuales podrían impactar negativamente los servicios de telecomunicaciones y con ello en las actividades personales, académicas y comerciales.

## 1.4 Antecedentes

### 1.4.1 Antecedentes nacionales e internacionales

#### 1.4.1.1 *Reglamento*

- “Reglamento de prestación y calidad de servicios. Elaborado por la Superintendencia de Telecomunicaciones”.

El reglamento tiene como objetivo establecer los indicadores necesarios para evaluar la calidad de los servicios de telecomunicaciones y el servicio de mensajería de texto, así como el proceso de definición de los umbrales de cumplimiento respectivos, desde la perspectiva del usuario final.

Están sometidas al reglamento de prestación y calidad de servicios, así como a la jurisdicción costarricense, las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que cuenten con un título habilitante otorgado dentro del territorio nacional; operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones. La aplicación de este reglamento hace uso de una metodología de mediciones de calidad de los servicios prestados por las compañías de telecomunicaciones.

En conclusión, el reglamento es de acatamiento obligatorio para las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones. Además, la SUTEL puede y realiza mediciones para verificar el cumplimiento de los parámetros de los servicios, por lo que las empresas proveedoras de servicios deberán cumplir con lo dispuesto por la Superintendencia. (SUTEL, 2016)

#### 1.4.1.2 *Tesis nacionales*

- *Automatización del sistema de emergencia de la estación de cable submarino Bribri del Instituto Costarricense de Electricidad y Telecomunicaciones* (Matarrita, 2010).

Este proyecto de graduación se desarrolla con el fin de optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electrónica, 2010.

Esta tesis trata de la importancia de contar con energía de respaldo en la estación de telecomunicaciones para reducir el riesgo de fallas eléctricas en el sitio. Para elaborar el documento, se utilizó una metodología de obtención y análisis de datos aportada por las áreas técnicas a cargo de la operación de los sistemas.

Se tiene como conclusión la importancia de contar con energía de respaldo para los sistemas críticos de una estación de telecomunicaciones, debido a que respaldar sistemas críticos ayuda con el cumplimiento del reglamento de prestación y calidad de servicios. Esta tesis también muestra una propuesta de automatización del sistema de respaldo de energía.

- *Diseño del sistema de protección contra distorsiones en la red de distribución eléctrica para la central telefónica de San José del Instituto Costarricense de Electricidad.* (Campos-Araya, 2011)

Este Informe de Proyecto de Graduación se presenta para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado de Licenciatura, en la Escuela de Ingeniería Electrónica, 2011.

La tesis comenta la necesidad de contar con un suministro eléctrico de calidad, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos electrónicos delicados. Ante esta premisa, es importante la protección de los equipos que se identifiquen como críticos para el correcto funcionamiento y continuidad del servicio.

Se concluye de esta tesis, la importancia de garantizar la protección a las alimentaciones eléctricas de los equipos identificados como delicados o críticos, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de estos, así como la continuidad de los diferentes servicios de telecomunicaciones.

#### 1.4.1.3 Tesis internacionales

- *Nicaragua: Norma de alimentación eléctrica de cargas especializadas de quirófanos, data center y centros de transmisión* (Gaitán, 2019)

Este trabajo monográfico se presenta para optar al título de ingeniero electrónico, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Esta tesis analiza la aplicación de normas de instituciones internacionales como lo son IEEE e TIA, sobre la alimentación eléctrica, las cuales deben ser aplicadas a la hora del diseño de centros especializados. Por otro lado, menciona los equipos de respaldo eléctrico necesarios para la operación de los sistemas de *data center* y centros de transmisión (estaciones de telecomunicaciones); mismos que deben tener disponibilidad las 24 horas, 7 días a la semana. Además, toca el tema de los sistemas de puesta a tierra, requeridos tanto para resguardar equipos de comunicaciones como la vida humana.

- *Bolivia: Instalación de equipos eléctricos de energía de respaldo para los sitios de ENTEL S.A. a nivel nacional* (Tola, 2016).

Este informe de pasantía se presenta para la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología y carrera de electricidad.

Se busca en este proyecto identificar acciones para incrementar la disponibilidad del suministro de energía para los sitios de ENTEL, donde se ubican equipos de comunicaciones, con el fin de contar con energía de respaldo mediante un grupo electrógeno, para que los usuarios de esta compañía de comunicaciones no tengan afectación ante un corte de energía. Además, se enfoca en buscar otras acciones para garantizar la confiabilidad en otros sistemas de la estación como son: tableros eléctricos, rectificadores, así como en los cableados y conexiones de la estación, a

fin de garantizar el correcto funcionamiento tanto de los equipos instalados como los que a futuro se instalarán en el edificio.

La metodología utilizada consistió en conocer a fondo las tareas de la empresa de comunicaciones, visitas a estaciones para participar en labores de mantenimiento y mediciones de las variables que se utilizarán para el estudio.

Se puede concluir de esta tesis, la importancia que tiene para las empresas de telecomunicaciones aumentar la confiabilidad en los sistemas eléctricos de las estaciones de comunicaciones, con el afán de garantizar la continuidad de servicios que en la actualidad son relevantes para los clientes, como lo son los servicios de datos (internet).

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Identificación de reglamentos aplicables a los servicios prestados en la estación de análisis

Es importante para este análisis conocer los reglamentos que rigen la prestación de servicios de telecomunicaciones en el país y, específicamente, capítulos aplicables al tema de internet y salida de datos internacionales. En este caso, se trata del Reglamento de prestación y calidad de servicios, el cual fue elaborado por SUTEL y se encuentra publicado en el sistema costarricense de información jurídica. Están sometidos a este reglamento los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Este reglamento tiene como objetivo establecer los indicadores necesarios para evaluar la calidad de los servicios de telecomunicaciones y de mensajería de texto, así como el proceso de definición de los umbrales de cumplimiento respectivos, desde la perspectiva del usuario final (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos [ARESP], 2009). Por lo cual, es aplicable a los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

El reglamento consta de 11 capítulos, sin embargo, para este análisis, debido a la naturaleza del servicio prestado en la estación de estudio, se debe tener presente lo dispuesto en el capítulo séptimo *Indicadores particulares para servicios de acceso a internet*.

#### 2.1.1 Reglamento de prestación de servicios de telecomunicaciones. Capítulo séptimo

Este capítulo tiene como alcance la definición de los indicadores aplicables a los servicios de acceso a internet tanto en redes móviles como en redes fijas, independientemente de la tecnología utilizada para brindar el servicio.

En el artículo 45 del reglamento analizado, hace referencia a la manera de realizar el cálculo de retardo internacional (ID-17). Este será calculado como una razón porcentual de las mediciones que cumplen con el retardo máximo (umbral) establecido por SUTEL, respecto de la totalidad de mediciones efectuadas. La fórmula por utilizar es:

$$ID-17 = \frac{\text{cantidad de mediciones de RTT internacional que cumplen como el umbral establecido}}{\text{Cantidad total de mediciones de RTT internacional}} \times 100\%$$

*Cantidad total de mediciones de RTT internacional.*

Si bien SUTEL no establece un cumplimiento y un umbral establecido para este indicador, los resultados de las evaluaciones se publican como un valor de referencia de carácter informativo (ARESEP, 2009).

El artículo 46 calcula la relación entre velocidad de transferencia de datos local o

internacional respecto a la velocidad provisionada (ID-18). Esta se calcula como la razón porcentual de la cantidad de mediciones que cumplen con el umbral establecido por SUTEL, respecto de la cantidad total de mediciones efectuadas de acuerdo con la fórmula:

$$ID = \frac{\text{cantidad de mediciones de RV que cumplen con el umbral establecido}}{\text{Cantidad total de mediciones}} \times 100\%$$

La relación entre velocidad de transferencia de datos local o internacional respecto de la velocidad provisionada será evaluada utilizando la relación entre la velocidad de referencia (en bits por segundo) que experimentan los usuarios y la velocidad provisionada (en bits por segundo) por el operador/proveedor al usuario contratante del servicio, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$RV (\text{Relación velocidades}) = \frac{\text{velocidad de referencia}}{\text{velocidad provisionada}} \times 100\%$$

Esta velocidad de referencia será utilizada por SUTEL para efectos de analizar el desempeño del servicio proporcionado por el proveedor. Esta es aplicable tanto para comunicaciones locales como internacionales.

El incumplimiento de este indicador será del 100%, caso contrario, el indicador se calcula con la fórmula:

$$\% \text{ cumplimiento ID-18} = \frac{ID-18}{FR (ID-18)}$$

Donde FR corresponde al factor de rigurosidad aplicable a los porcentajes de cumplimiento.

El factor de rigurosidad (FR) utilizado en las fórmulas para calcular el porcentaje de cumplimiento de cada uno de los indicadores de calidad corresponde a un número entero, con un valor igual a 1 e incrementa en aquellos casos en los que el desempeño del indicador en particular por parte de un operador permanezca por debajo del umbral de cumplimiento durante cuatro períodos trimestrales consecutivos.

En caso de que el desempeño trimestral del indicador sea mayor o igual al umbral de cumplimiento, el factor de rigurosidad regresará a su valor inicial de 1. (ARESEP, 2009).

Por lo anterior, la afectación o falla de los sistemas albergados en la estación podrían afectar las mediciones e indicadores tomados por SUTEL; mismos que luego son publicados anualmente como parte de la evaluación de calidad de los servicios presentada por esta entidad. En caso de que no se cumplan los umbrales de cumplimiento, la SUTEL podrá solicitar a los operadores la definición y remisión de un plan de mejoras con un plazo de implementación no mayor a cuatro trimestres y, en caso de no cumplir con este plan, se aplicará lo dispuesto en el régimen sancionatorio de la Ley N.º 8642.

## **2.2 ¿Qué son las telecomunicaciones?**

Según SISSA Monitoring Integral (2023):

Como suele pasar con los servicios más esenciales, las telecomunicaciones, al funcionar correcta y adecuadamente, pasan completamente desapercibidas para la mayoría de las personas; en cambio, si llegasen a fallar por tan sólo un segundo, las consecuencias de este suceso podrían ser catastróficas para la operación y economía de las organizaciones.

Definimos en pocas palabras este concepto. Entendemos por telecomunicaciones al conjunto de procesos y dispositivos conectados a una red de datos para la transmisión y recepción de información a distancia. En este sentido, podemos decir que las telecomunicaciones funcionan como una portadora de señales de audio y video, datos, documentos, y cualquier tipo de información digital para dar funcionamiento a múltiples dispositivos, como teléfonos, computadoras, cámaras de seguridad, sistemas de control biométrico, entre otros. (párr. 1)

## **2.3 Un servicio de misión crítica**

SISSA Monitoring Integral (2023) indica que:

Las telecomunicaciones se destacan por brindar un servicio de misión crítica, el cual se encarga de asegurar la operación ininterrumpida de todos los sistemas de una organización especialmente de los sistemas de seguridad, garantizando así el funcionamiento continuo e ininterrumpido de todas las tecnologías que convergen en un centro de monitoreo y control, como cámaras de videovigilancia, sensores y teléfonos. En otras palabras, las telecomunicaciones ofrecen un servicio de misión crítica para instalaciones de alta criticidad. (párr. 3)

## **2.4 Edificios de misión crítica**

Según Ingenium (2023):

Los edificios de misión crítica son infraestructuras fundamentales para muchas organizaciones, ya que albergan equipos y sistemas esenciales para su funcionamiento. Estos edificios son comunes en sectores como las instituciones financieras, los centros de datos, los hospitales y las instalaciones de comunicaciones. Sin embargo, debido a la importancia de su función, están expuestos a una serie de riesgos que pueden tener un impacto devastador si no se gestionan adecuadamente. (párr. 1).

Una estación de telecomunicaciones puede catalogarse como un edificio de misión catártica, debido a los servicios que se prestan desde estos edificios. Una falla en los sistemas que se alojan en esta estación significa la pérdida de datos o comunicación, así como la pérdida de transacciones, afectando con esto las actividades de las personas, empresas y organizaciones.

#### 2.4.1 Riesgos para un edificio de misión crítica

##### 2.4.1.1 Fallos en la energía eléctrica

Estos edificios dependen en gran medida de la electricidad para mantener sus operaciones. Por lo que un corte de energía puede resultar en la interrupción de los servicios críticos. Para abordar este riesgo, es crucial contar con sistemas de energía de respaldo, como generadores y sistemas UPS que puedan proporcionar electricidad ininterrumpida durante apagones

##### 2.4.1.2 Fallos en los sistemas de refrigeración

La mayoría de los equipos en un edificio de misión crítica generan calor y un fallo en el sistema de refrigeración puede provocar un sobrecalentamiento, dañando los equipos y causando paradas no planificadas. La solución es implementar sistemas de refrigeración redundantes y monitorear constantemente las temperaturas.

### 2.5 Centro de datos de telecomunicaciones (Data Center)

Un centro de datos está conformado por unas instalaciones físicas centralizadas donde se alojan ordenadores, redes, almacenamiento y otros equipos de TI que permiten el funcionamiento de una empresa. Los ordenadores de un centro de datos contienen o facilitan aplicaciones, servicios y datos esenciales para la compañía (VMware, 2023).

#### 2.5.1 Estándar en la infraestructura de un centro de datos.

Debido a que los centros de datos contienen datos o servicios esenciales para las empresas, se debe cumplir con estándares internacionales que permitan garantizar la disponibilidad de los servicios. CISCO (2023) indica lo siguiente:

El estándar más ampliamente adoptado para el diseño y la infraestructura de un centro de datos es ANSI/TIA-942, que garantiza el cumplimiento con una de las cuatro categorías de niveles de centro de datos, calificadas según los niveles de redundancia y tolerancia a fallas.

- Nivel 1: Infraestructura básica del sitio. Un centro de datos de Nivel 1 ofrece una protección limitada contra eventos físicos. Cuenta con componentes de capacidad única y una sola ruta de

distribución no redundante.

- Nivel 2: Infraestructura del sitio del componente con capacidad redundante. Este centro de datos ofrece una protección mejorada contra eventos físicos. Cuenta con componentes de capacidad redundante y una sola ruta de distribución no redundante.
- Nivel 3: Infraestructura del sitio con mantenimiento simultáneo. Este centro de datos protege prácticamente contra cualquier evento físico, ya que ofrece componentes con capacidad redundante y varias rutas de distribución independientes. Cada componente se puede eliminar o reemplazar sin interrumpir los servicios a los usuarios finales.
- Nivel 4: Infraestructura del sitio con tolerancia a fallas. Este centro de datos ofrece los más altos niveles de tolerancia a fallas y redundancia. Los componentes con capacidad de redundancia y las varias rutas de distribución independiente permiten un mantenimiento simultáneo y falla única de manera omnipresente en la instalación, sin causar tiempo de inactividad. (párr. 12)

### 2.5.1.1 Clasificación TIER

Según Ascenty (2024):

La calificación TIER es un tipo de certificación que pretende avalar el desempeño y la confiabilidad de las infraestructuras de los data centers. Se trata de un sistema creado y aplicado por Uptime Institute desde hace más de 25 años.

El conjunto de normas ANSI/TIA/EIA-942 define los parámetros mecánicos, eléctricos, arquitectónicos y de comunicación para la mejor ejecución de los data centers.

La clasificación TIER es independiente del tamaño, y certifica puntos como la disponibilidad y el desempeño para orientar las inversiones de las empresas. Así, al conocer la clasificación TIER de un proveedor, usted entiende rápidamente su nivel de prestación, es decir, si es capaz o no de satisfacer sus demandas.

Cabe mencionar que la palabra “tier” tiene origen inglés y significa “capa” o “nivel”. Por lo tanto, en la clasificación TIER existen diferentes niveles de certificación: TIER I, TIER II, TIER III y TIER IV. Entre los puntos críticos evaluados, el propio Uptime Institute enumera los principales:

- Basado en el desempeño: es necesario que el proyecto cumpla los requisitos de disponibilidad, redundancia y tolerancia a fallas.
- Neutralidad tecnológica: la clasificación TIER no exige ni depende de tecnologías estándar, por lo que se mantiene abierta a las innovaciones.
- Independencia de los proveedores: no existe ninguna relación

- o dependencia del instituto con los proveedores.
- Flexibilidad: la empresa es libre de cumplir la normativa local.
- Ciclo de vida: la certificación pretende avalar todas las necesidades que hay detrás de un data center.
- Certificación: la certificación es independiente y otorgada por ingenieros expertos.
- Naturalmente, cuanto más alto sea el TIER, más sólida será la infraestructura del data center. (párr. 3)

#### *2.5.1.2 Cómo se realiza el sistema de clasificación TIER*

Solo Uptime Institute puede ser consultado con respecto a la clasificación TIER, además de ser la única institución autorizada para certificar a las empresas. Por ello, todo el control es muy estricto y sigue las normas y estándares internacionales.

#### *2.5.1.3 TIER I*

TIER I es el nivel más sencillo de los niveles de la clasificación. En este, la empresa está certificada en la operación de servidores que siguen los criterios básicos de cumplimiento, sin presentar componentes redundantes. Cuenta con un sistema de climatización, así como con subsistemas de distribución eléctrica.

En el TIER I, la infraestructura tiene disponibilidad para procesar alrededor del 99,671 % de las aplicaciones. En el año, sus tiempos de inactividad alcanzan las 28,8 horas. Además, anualmente, debe apagarse por completo para realizar un mantenimiento preventivo y correctivo.

#### *2.5.1.4 TIER II*

TIER II cumple, automáticamente, los requisitos anteriores. Cabe destacar que se trata de una certificación que acredita la presencia de una infraestructura parcialmente redundante. Está más dirigido a las pequeñas empresas, cuya infraestructura no funciona más allá del horario de trabajo y no requiere asistencia en línea.

En el TIER II, la disponibilidad anual corresponde aproximadamente al 99,749 %. De este modo, pueden tener un tiempo de inactividad anual de hasta 22 horas.

#### *2.5.1.5 TIER III*

TIER III, además de cumplir todos los requisitos de los niveles anteriores, es totalmente redundante. Es ideal para atender a las empresas modernas que operan en cualquier momento y necesitan un apoyo constante para sus herramientas tecnológicas y soluciones de automatización. El tiempo de inactividad anual tolerado es de solo 1,6 horas, ya que su disponibilidad debe ser del 99,98 %. Un detalle es que las infraestructuras del nivel TIER III no pueden estar a menos de 1,6 km de los aeropuertos.

### 2.5.1.6 TIER IV

Ascenty (2024) indica lo siguiente:

En la última clasificación se encuentra el TIER IV (que también cumple todos los requisitos de los niveles anteriores). Su principal característica es la solidez: sigue en operación, aunque haya fallas en su sistema o en algún elemento de este.

Además de la redundancia, es necesario ofrecer varios sistemas y subsistemas eléctricos que deben funcionar simultáneamente. Es adecuado para atender a empresas multinacionales, con operaciones que requieren una atención ininterrumpida.

Un ejemplo de organización que podría estar interesada en este TIER son los grandes operadores de tarjetas de crédito.

Su disponibilidad debe ser del 99,999 % y el tiempo de inactividad tolerado es de solo 26 minutos al año. (párr. 17)

## 2.6 Estándar ANSI/TIA-942

Es un estándar que tiene como propósito brindar los requisitos y directrices para el diseño y la instalación de un centro de datos o sala de equipos. Está destinado a ser utilizado por los diseñadores que necesitan una comprensión integral del diseño de centro de datos, incluida la planificación de la instalación, el sistema de cableado y el diseño de la red. La planificación adecuada durante la construcción o renovación de un *data center* es significativamente menos costosa y disruptiva que después de que la infraestructura esté operativa (TIA, 2014).

En el caso de esta investigación, se analiza la factibilidad de aplicar específicamente los apartados anexo F5 y F6 de la norma ANSI/TIA-942 (TIA, 2014). Estos hacen referencia a los sistemas de respaldo eléctrico y mecánica respectivamente. Para los diferentes tipos de *data center*, se toma este capítulo a fin de adecuar las necesidades de la estación de telecomunicaciones internacional (*data center*) e identificar las mejoras relacionadas con los sistemas de respaldo de energía, con el objetivo de conseguir la confiabilidad y disponibilidad de los servicios prestados desde la estación.

## 2.7 Sistemas de corriente alterna

Howard (2023) indica que:

La corriente alterna (CA) es un formato estándar de electricidad que procede de una central eléctrica. La dirección de la corriente se invierte, o alterna periódicamente, 60 veces por segundo (en EE. UU.) o 50 veces por segundo (en Europa).

En un centro de datos de corriente alterna, la corriente se distribuye a la instalación a 600 V CA o 480 V CA. A continuación, esta

energía se reduce a 208 V CA o 120 V CA mediante transformadores para su distribución a los bastidores que utilizan los servidores y otros equipos informáticos. (párr. 1)

### 2.7.1 Transformador eléctrico

Según EATON (s.f.a):

Un transformador es un dispositivo eléctrico que se utiliza en los sistemas de distribución de energía de CA para “subir” o bajar” voltajes de manera segura para cumplir con los requisitos de potencia de entrada del equipo conectado. Los transformadores logran este objetivo sin modificar la frecuencia o la cantidad de energía eléctrica para ayudar a garantizar que los dispositivos conectados puedan funcionar de manera confiable.

Los transformadores son dispositivos estáticos, lo que significa que no contienen piezas mecánicas en movimiento continuo. Esto contribuye a su largo ciclo de vida y a los requisitos mínimos de mantenimiento. Pueden variar en tamaño, desde enormes dispositivos que pesan varias toneladas, comúnmente utilizados en subestaciones de energía, hasta dispositivos muy pequeños que pesan solo unos pocos gramos y que se encuentran comúnmente en equipos eléctricos compactos. (párr. 1)

### 2.7.2 Grupo electrógeno

Según Rojas (2018):

Un grupo electrógeno se refiere a una composición de máquinas rotativas, tanto eléctrica como de combustión, acopladas entre sí, en las que se produce una doble conversión de energía: de térmica a mecánica y de mecánica a electromecánica. A estos grupos también se les denomina plantas eléctricas.

La característica más relevante es la capacidad de funcionar independientemente a la red de suministro eléctrico, siendo su principal utilidad las situaciones en las que no se disponga del servicio de la red eléctrica, bien sea debido a fallos o por la ausencia de las instalaciones eléctricas necesarias. (p. 1)

### 2.7.3 Transferencia automática

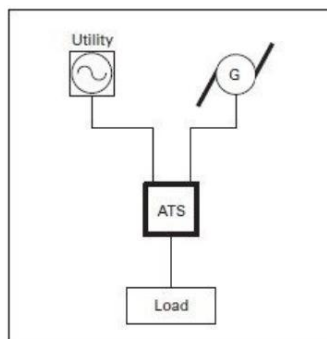
Un interruptor de transferencia automática (ATS) es un dispositivo de conmutación de energía inteligente y de acción automática gobernado por una lógica de control dedicada. El objetivo principal de un ATS es garantizar el suministro continuo de

energía eléctrica desde una de dos fuentes de energía a un circuito de carga conectado (equipo eléctrico: luces, motores, computadoras, etc.).

La lógica de control o controlador automático suele estar basada en un microprocesador y monitorea constantemente los parámetros eléctricos (voltaje, frecuencia) de las fuentes de energía primarias y alternativas. En caso de falla de la fuente de energía conectada, el ATS transferirá (cambiará) automáticamente el circuito de carga a la otra fuente de energía (si está disponible). Como regla general, la mayoría de los interruptores de transferencia automática buscan la conexión a la fuente de energía primaria (servicio público) de forma predeterminada y solo se conectarán a la fuente de energía alternativa (motor-generador, servicio público de respaldo) cuando sea necesario (falla de la fuente primaria) o cuando se le solicite hacerlo (comando del operador).

Los ensamblajes de interruptores de transferencia automática de bajo voltaje proporcionan un medio confiable para transferir conexiones de carga esenciales entre fuentes primarias y alternativas de energía eléctrica. Los centros de datos, hospitales, fábricas y una amplia gama de otros tipos de instalaciones que requieren un tiempo de actividad continuo o casi continuo, por lo general, utilizan una fuente de energía de emergencia (alternativa), como un generador o una fuente de energía de respaldo cuando su fuente de energía normal (primaria) no está disponible. (EATON, s.f.b, párr. 1)

*Imagen 3. Diagrama de configuración de una transferencia automática*



Fuente: EATON (s.f.b)

#### 2.7.4 Tableros eléctricos

Farina (2019) indica que:

Los tableros eléctricos son una parte fundamental de las instalaciones eléctricas. Se los puede considerar como sus puntos vitales. Toda la

energía eléctrica de un inmueble circulará por los tableros con diversos objetivos, como medición, distribución y protección las distintas líneas que comienzan en ellos.

Los tableros eléctricos son equipos constituidos por un gabinete, armario o caja que alojan elementos necesarios para cumplir con las funciones asignadas en el proyecto del tablero mismo, por ejemplo, medición, protección, maniobra, señalización, alarmas, conexas, etc. de los circuitos de una instalación eléctrica. (p. 64)

## **2.8 Sistemas de corriente directa**

Los sistemas de corriente directa funcionan mediante la conversión de la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua. Para ello, utilizan un proceso de rectificación y filtrado, en el que se eliminan las ondulaciones de la corriente alterna y se filtra el ruido eléctrico, para obtener una corriente continua estable y constante.

### **2.8.1 Fuentes de alimentación de corriente continua**

Según EnerSys (2023b):

Las fuentes de alimentación de corriente continua son dispositivos eléctricos que convierten la corriente alterna de la red eléctrica en corriente continua. Esta corriente continua es una fuente de energía eléctrica más estable y constante, lo que la hace ideal para muchos dispositivos electrónicos ya que proporciona un suministro de energía eléctrica continuo y adecuado.

La importancia de las fuentes de alimentación de corriente continua radica en que muchos dispositivos electrónicos, especialmente los más sensibles y críticos, necesitan una fuente de energía eléctrica estable para funcionar correctamente. (párr. 1)

### **2.8.2 Banco de baterías**

Según Enersys (2023a):

Un banco de baterías es un conjunto de baterías que se utilizan para almacenar energía eléctrica. Estas baterías están conectadas en serie o paralelo para suministrar la energía necesaria para un sistema o dispositivo en particular. Son utilizados en sistemas de respaldo de energía en caso de interrupciones en el suministro.

En aplicaciones industriales, los bancos de baterías proporcionan energía de emergencia en caso de interrupciones en la red eléctrica o fallas en el suministro de energía. Esto asegura la continuidad del funcionamiento de equipos esenciales, protege procesos críticos y evita pérdidas económicas. (párr. 1)

## **2.9 Sistemas de aire acondicionado**

Según Carel (s.f.):

El aire acondicionado es el proceso que permite crear y mantener unas determinadas condiciones de temperatura, humedad relativa y pureza del aire en ambientes cerrados. Este proceso se aplica habitualmente para mantener un nivel de confort personal. También se utiliza en el ámbito industrial para garantizar el correcto funcionamiento de aparatos o máquinas que operan en condiciones ambientales limitadas o para preservar el desarrollo de algunas fabricaciones industriales particulares.

Un sistema de aire acondicionado debe ser eficaz prescindiendo de las condiciones climáticas externas, y se basa en el control de cuatro variables fundamentales: temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire.

La distinción entre aplicaciones industriales o para el confort personal no está siempre clara. El aire acondicionado industrial habitualmente necesita una mayor precisión en el control de la temperatura y la humedad. Algunas aplicaciones también demandan un algo grado de filtración y la eliminación de agentes contaminantes.

El principal proceso en el que se basa la climatización (aire acondicionado) es el intercambio de calor y vapor de agua entre el ambiente externo y el interno y las personas dentro de ese espacio. (párr. 2)

## **2.10 Confiabilidad y disponibilidad de un sistema de telecomunicaciones**

### **2.10.1 Confiabilidad**

Según la Universidad Nacional Autónoma de México (2021):

Medida de cuánto tiempo un elemento de configuración o servicio de TI puede ejecutar su función acordada ininterrumpidamente. El término confiabilidad también puede ser utilizado para definir la probabilidad de que un proceso, función, entre otros, responda de la forma esperada. (p. 4)

### **2.10.2 Disponibilidad**

Montoya-Cadena (2008) indica:

Es una medida del tiempo durante el cual un sistema está disponible y operativo ininterrumpidamente. Normalmente se usa como una medida de estabilidad de un sistema, y podría representar el tiempo durante el que el sistema se podría dejar desatendido sin que caiga o falle. (p. 4)

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Enfoque de la investigación**

La investigación para mejorar los sistemas electromecánicos críticos de respaldo para la estación de telecomunicaciones internacional es mixta, en este caso, se combinan los enfoques cuantitativos y cualitativos.

Los datos cuantitativos aportan los datos numéricos de la situación actual de los equipos electromecánicos, así como de las cargas o requerimientos técnicos para cada caso, para lo cual se realizan inventarios de cargas de los sistemas, así como mediciones de variables.

Los datos cualitativos se obtienen de las observaciones del estado de los equipos, datos de vida útil de los mismos, así como experiencias presentadas durante la operación de los equipos. Además, la combinación de estos enfoques permite abordar la investigación de forma integral.

### **3.2 Método de la investigación**

Como método de investigación, se utiliza una combinación de acciones que incluyen:

- Revisión de informes anteriores generados por las áreas de operación y mantenimiento, donde se expone parte de la situación actual.
- Entrevistas con los profesionales a cargo del diseño de los sistemas electromecánicos en la estación para conocer a fondo la situación actual presentada.
- Para la obtención y análisis de la información, se debe identificar los equipos críticos, por lo que se realizan sesiones de trabajo con el área de Diseño Electromecánico, a fin de conocer más los equipos bajo esta condición para dicha estación.
- Verificar la aplicación de las recomendaciones de redundancia electromecánica incluidos en el estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), para definir los puntos de mejora basados en este estándar.

### **3.3 Fuentes de información**

En cuanto a las fuentes de información para la investigación de mejoras en los sistemas electromecánicos críticos de respaldo para la estación de telecomunicaciones internacional, se recopilan datos a través de fuentes primarias como personal de las áreas a cargo de la planificación, diseño y la operación de los sistemas

Se utilizan, además, fuentes secundarias que permitan respaldar los datos de esta investigación, como es el caso de normas técnicas internacionales, así como informes generados por las fuentes primarias antes mencionadas.

### 3.4 Variables de análisis

Dentro de las variables de análisis que se consideran para esta investigación, se tienen:

**Kilo voltamperios:** Los kilovoltios amperios son una medida de la potencia aparente en un circuito eléctrico. La potencia aparente es el producto de la tensión y la corriente en un circuito. Los kVA se utilizan comúnmente para dimensionar y calcular la capacidad de equipos eléctricos, como transformadores y generadores (Polaridad, s.f, párr. 3)

**Amperios:** Los amperios son una medida de la corriente eléctrica. Indican la cantidad de carga eléctrica que fluye por un circuito en un segundo determinado. Los amperios se representan con la letra «A» y son una unidad básica en el Sistema Internacional de Unidades (SI). (Polaridad, s.f, párr. 4)

**Tonelada de Refrigeración:** es una unidad nominal de extracción de carga térmica (enfriamiento) empleada para referirse a la capacidad de enfriamiento de los equipos de aire acondicionado. (Portal electromecánico, s.f., párr. 2)

#### **Análisis de los apartados del estándar que se refieren a los sistemas eléctricos y mecánicos redundantes**

Se busca verificar los anexos F5 y F6 del estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), para determinar mejores prácticas en temas de redundancia electromecánica aplicables a una estación de telecomunicaciones; el cual, por su relevancia en la prestación del servicio, es un punto principal del sistema de telecomunicaciones.

#### **Cotización de elementos y equipos por parte de proveedores**

En este apartado se busca obtener datos de los costos asociados a las acciones de mejora que se propongan, para obtener un sistema electromecánico robusto y que permita operar de forma confiable.

Tabla 1. Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Identificar el estado actual de las condiciones electromecánicas de los sistemas críticos de la estación de telecomunicaciones.	Unidades eléctricas: kVA, A. Toneladas de refrigeración	Los kilovoltiamperios son importantes porque representan la potencia total que puede suministrar un sistema eléctrico. Los amperios son la unidad de medida de la corriente eléctrica, la cual se refiere al flujo de cargas eléctricas a través de un conductor.	Se analizan los reportes e informes electromecánicos presentados por las áreas de Diseño y Mantenimiento, para identificar el estado actual de los sistemas que son parte de la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados de mediciones destacadas en informes técnicos.</li> </ul>
Analizar los apartados aplicables del estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), respecto a redundancia eléctrica y mecánica.	Análisis de los apartados del estándar que se refieren a los sistemas eléctricos y mecánicos redundantes.	El estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), es un conjunto de especificaciones desarrolladas para establecer los requisitos y pautas para el diseño e implementación de un centro de datos.	Se verifican los apartados del estándar que ofrecen recomendaciones en temas de redundancia eléctrica y mecánica para las estaciones de misión crítica o <i>data center</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estándares internacionales.</li> </ul>
Identificar las acciones de mejora en los sistemas electromecánicos de la estación.	Unidades eléctricas: kVA, A. Toneladas de Refrigeración	Análisis de la cantidad y tipo de averías presentadas en los sistemas electromecánicos de la estación, identificando las causas	Conociendo el estado actual de los sistemas electromecánicos de la estación, además teniendo en cuenta lo recomendado en el estándar ANSI/TIA-942 (TIA,	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados de mediciones destacadas en informes técnicos.</li> <li>Normativa nacional.</li> <li>Estándares internacionales.</li> </ul>

		asociadas.	2014),, se generan las acciones de mejora identificadas para aumentar la disponibilidad de los sistemas.	
Dimensionar los costos de equipamiento necesario para implementar las acciones de mejora identificadas.	Cotización de elementos y equipos por parte de proveedores.	La cotización busca conseguir datos de costos del equipamiento necesario para la implementación de la solución propuesta, la misma se basa en los requerimientos que el cliente plantea.	Se plantea de forma técnica las características de los elementos que deberán ser adquiridos, de forma que el proveedor puede brindar un costo asociado para cada elemento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cotización de elementos.</li> </ul>

Fuente: Estación de Telecomunicaciones (2024)

### 3.5 Instrumentos

Se definen como instrumentos de esta investigación las siguientes acciones:

#### Entrevistas

La entrevista, de acuerdo con Díaz (2013) es: "una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar". Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos.

En este caso, se pretende realizar entrevistas al personal de las áreas técnicas a cargo de la planificación, diseño y operación de la estación en análisis.

#### Informes técnicos

Se estudian los reportes técnicos presentados por las áreas de diseño y operaciones, donde se presenta el detalle de la situación actual de los sistemas en estudio, así como los datos de consumos y cargas actuales tanto eléctricas como de refrigeración.

#### Normativa nacional y estándar internacionales

“La normativa es el conjunto de leyes que regula un tema o ámbito determinado. Es

una recopilación de las normas que se encuentran vigentes” (Trujillo, 2021, párr. 1). En este caso, se pretende identificar la normativa nacional que aplica para las compañías proveedoras de servicios de telecomunicaciones, con el fin de verificar el cumplimiento de la estas.

Respecto a los estándares internacionales, se verifica la adopción de apartados de la norma ANSI/TIA-942 (TIA, 2014) para mejorar los sistemas de redundancia electromecánica.

### **Cotización de elementos**

El proceso de cotización de elementos consiste en determinar el costo de los elementos electromecánicos necesarios para la implementación de la solución propuesta. Para ello, se utilizan las especificaciones técnicas de los componentes por adquirir, los cuales se enviarán al proveedor con el fin de determinar los costos asociados.

### **3.6 Proceso para recolección y análisis de datos**

Con el fin de asegurar que la información que se obtenga sea relevante para los siguientes pasos, se define la siguiente forma de recolección de datos: se estudian los informes técnicos aportados por las áreas de Mantenimiento, así como Diseño Electromecánico. Estos informes presentan el detalle de la situación actual de los sistemas por analizar, en lo referente a los problemas presentados, así como deficiencias identificadas; de esta manera, se pueden identificar las medidas correctivas necesarias para garantizar la disponibilidad que ameritan los servicios que brinda esta estación.

Además, en conjunto con el área a cargo de Planificación, se analizan los nuevos requerimientos derivados de proyectos y soluciones, a fin de contemplar como parte de la mejora, estas nuevas cargas eléctricas y de climatización.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los servicios prestados desde las estaciones de telecomunicaciones están regulados por el Reglamento de prestación y calidad de servicio de SUTEL. Por lo tanto, es muy importante que los equipos electromecánicos de la estación cuenten con alta disponibilidad, es decir, que estén operativos y funcionando correctamente la mayor parte del tiempo.

La alta disponibilidad es relevante en los sistemas críticos, como lo son las estaciones de telecomunicaciones o en centros de datos, donde la interrupción del servicio puede tener consecuencias graves, como pérdidas el servicio, afectación de clientes, así como multas de parte de SUTEL, según lo establecido en el Reglamento de prestación y calidad de servicio.

Con base en estas premisas, las propuestas presentadas en este capítulo se centran en fortalecer los sistemas electromecánicos críticos de la estación, utilizando para esto el conocimiento del sistema actual y aplicando las mejores prácticas para mejorar la confiabilidad del sistema.

### **4.1 Identificación del estado actual de la infraestructura electromecánica de los sistemas críticos de la estación de telecomunicaciones**

Para conocer el estado actual de la infraestructura electromecánica de la estación de telecomunicaciones, se analizan los informes y notas presentadas por las áreas de Diseño, Operación y Planificación. Además, se toman los datos que este proceso tiene como requerimientos de energía y climatización de nuevas soluciones o proyectos, con el fin de determinar si las capacidades actuales y las disponibilidades de carga son suficientes para cumplir con el crecimiento de capacidades futuras en esta estación.

#### **4.1.1 Condiciones actuales del sistema de corriente alterna**

El sistema de corriente alterna es trifásico 120/208VAC, el mismo lo componen los siguientes elementos:

- Transformador de 150 kVA.
- Generador de 156 kVA.
- Tablero gran normal, TGN.
- Tablero gran emergencia, TGE.
- Transferencia automática.
- Tableros secundarios.

La demanda actual de potencia en la estación se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Demandas actuales de potencia AC.

Tablero	Carga (kVA)
Gran Normal	23.29
Gran emergencia	89.03
Total	112.32

Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación

(Estación de Telecomunicaciones, 2023)

Analizando la situación actual del total del sistema de corriente alterna, se genera la tabla 3 que muestra las cargas actuales, así como la disponibilidad de carga para los equipos de AC.

Tabla 3. Análisis de disponibilidad de cargas en corriente alterna.

Elemento	Capacidad nominal	Carga actual	Disponibilidad de carga
Transformador (kVA)	150.00	112.32	37.68
Generador de emergencia (kVA)	156.00	89.03	66.97
Tablero Gran Normal (A)	1000.00	306.22	693.78
Tablero Gran Emergencia (A)	800.00	241.57	558.43

Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación.

(Estación de Telecomunicaciones, 2023)

#### 4.1.1.1 Condición actual del transformador.

El transformador actual tiene una capacidad nominal de 150 kVA, con una carga actual de 112.32 kVA, la cual corresponde a un 74,8% de su capacidad. Se debe tener presente que solamente se tiene una disponibilidad de carga de 37.68 kVA, sin embargo, el uso de esta carga disponible en el futuro implicaría que el transformador funcione al 100% de capacidad nominal, lo cual no es recomendable, dado que compromete la vida útil del mismo y con esto el correcto funcionamiento de la estación.

#### 4.1.1.2 Condición actual del generador de emergencia

El generador de emergencia tiene carga disponible de 66.97 kVA, de la misma forma el uso de la capacidad nominal al 100% no es recomendable. Según recomendaciones del fabricante, la carga máxima sugerida para el generador es de 80% de su capacidad, lo que implicaría que la máxima carga que se puede obtener

es 124.80 kVA. Por lo que utilizando este factor se tendría únicamente 35.77 kVA disponibles para alimentar nuevos equipos. Estos datos se muestran en la tabla 4.

*Tabla 4. Análisis de disponibilidad de cargas en corriente alterna.*

Elemento	Capacidad nominal(A)	Carga sugerida (80%)	Carga actual	Disponibilidad de carga
Generador (kVA)	156.00	124.80	89.03	35.77

*Fuente Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación*

*(Estación de Telecomunicaciones, 2023)*

#### 4.1.1.3 Condición actual del tablero gran normal

Este tablero tiene una protección principal de 800 A, el cual podría cargarse hasta el 80% de su capacidad nominal, lo que equivale a 640 A de carga total en este tablero; por lo anterior y teniendo en cuenta la carga que actualmente entrega el sistema es de 306.22 A, deja una capacidad de 333.78 A para ampliación de cargas. Además, este tablero no tiene medidor de variables eléctricas que permita monitorear el consumo de energía en este.

Según lo indicado en los informes generados por el Proceso de Diseño Electromecánico, los alimentadores eléctricos de este tablero son 3 x 300 MCM PAWC, los cuales tienen una capacidad de carga de hasta 930 A. Sin embargo, este tipo de cables PAWC no deben considerarse para instalaciones de AC permanentes (ver anexo 1), por lo que será necesario generar los diseños correspondientes para la sustitución de estos.

#### 4.1.1.4 Condición actual del tablero gran emergencia.

El tablero tiene capacidad nominal de 800 A, con una carga actual 241.57 A y una disponibilidad teórica de 558.43 A, sin embargo, la protección de este tablero es de 400 A (transferencia automática). El disyuntor puede cargarse hasta 80% de su capacidad nominal, esto permite obtener 320 A. Teniendo en cuenta los datos de carga actual, se tiene una carga disponible de 78.43 A.

Los alimentadores eléctricos de este tablero son 3x 2/0, los cuales tienen una capacidad de carga de hasta 525 A, por lo que, si se cambia el disyuntor de este tablero, se puede aumentar la capacidad de carga.

#### 4.1.2 Condiciones actuales del sistema de corriente directa

Actualmente, en la estación se cuenta con dos plantas de fuerza instaladas y en operación, de la marca Lorain y Delta. La distribución de las cargas actuales del sistema de corriente directa se muestra en la tabla 5.

*Tabla 5. Demandas actuales de potencia DC.*

Planta	Carga (A)
Lorain	155.00
Delta	294.00
Total	449.00

*Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación.*

*(Estación de Telecomunicaciones, 2023)*

Con respecto al sistema de corriente directa, en la tabla 6, se muestra el resumen de las capacidades nominales, cargas actuales y disponibilidad de carga para las plantas de fuerza DC de las marcas Lorain y Delta.

*Tabla 6. Análisis de disponibilidad de cargas en corriente directa.*

Planta	Capacidades de corriente				Carga actual (A)	Carga disponible (A)	Capacidad disponible ante salida de la otra planta (A)
	Cantidad de rectificadores	Capacidad de rectificadores (A)	Capacidad total instalada (A)	Capacidad total disponible (por N+1) (A)			
Lorain	12	50	600.00	550.00	155.00	395.00	101.00
Delta	28	50	1400.00	1350.00	294.00	1056.00	901.00

*Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación*

*(Estación de Telecomunicaciones, 2023)*

Otro dato importante de resaltar de la tabla 6 es que el sistema de corriente continua muestra una configuración N+1, la cual consiste en que, además de los rectificadores principales que proporcionan la energía para los equipos, hay al menos un rectificador adicional que funciona como respaldo. Este rectificador adicional entrará en funcionamiento si uno de los rectificadores principales falla, de manera que no se vea afectada la continuidad del suministro de energía.

Este tipo de configuración brinda redundancia y mayor confiabilidad al sistema de alimentación en -48VDC.

#### 4.1.3 Condición actual sistema de aire acondicionado

La estación de telecomunicaciones cuenta actualmente con seis unidades de aire acondicionado, estas tienen una capacidad de suministrar en conjunto 40 toneladas de refrigeración. Las cuales solamente cubren las necesidades actuales de climatización, considerando los equipos actualmente instalados.

Las condiciones de operación del aire acondicionado identificadas son:

- Existen dos unidades de aire que no cuentan con respaldo de energía desde el grupo electrógeno, por lo que, de presentarse una incidencia en el servicio

eléctrico, se tendría el riesgo de una afectación de los equipos debido a aumento de temperatura, implicando esto la posible afectación en los servicios de telecomunicaciones. El consumo máximo de cada unidad de aire acondicionado es de 20 A.

- Actualmente se tiene instalada una unidad de aire acondicionado de precisión, la cual se encuentra operando con descarga libre.
- Se conocen históricos de incidencias presentados por el área de operación y mantenimiento, donde se muestran situaciones de deficiencia del sistema de enfriamiento, así como sobrecalentamientos en ciertas áreas de la estación. (Estación de Telecomunicaciones, 2022)
- No se tiene disponibilidad de BTU para cubrir nuevos requerimientos de enfriamiento ante la instalación de nuevos equipos en la estación.

#### 4.1.4 Proyecciones de demanda de energía y climatización de equipos por instalar

Para conocer si se tienen visualizadas necesidades de alimentación de nuevos equipos en esta estación, se consulta al área de Planificación si se tienen visualizados requerimientos de conexión eléctrica en el corto plazo, esto para considerar estos como parte de las cargas por estudiar.

De esta consulta se recibe un requerimiento inicial de energía para equipos en AC y DC, así como de climatización, sin embargo, el detalle de los equipos no se describirá por temas de confidencialidad. La tabla 7 muestra el resumen de nuevas necesidades.

*Tabla 7. Requerimientos de energía y climatización para instalación de equipos.*

Requerimiento sistema de corriente alterna		
Corriente Alterna	KVA	A
	39.36	164
Requerimiento sistema de corriente continua		
Corriente Directa	A	
	164	
Requerimiento de Climatización		
Climatización	TR	
	12	

*Fuente: Estación de Telecomunicaciones (2024)*

#### **4.2 Analizar qué apartados de la norma ANSI/TIA-942, con respecto a los sistemas de respaldo son aplicables para la estación en estudio.**

El estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014) especifica los requerimientos mínimos para la infraestructura de telecomunicaciones de los centros de datos y salas de ordenadores. Los requisitos y directrices dadas por el estándar están destinadas para ser aplicables a cualquier tamaño de centro de datos.

En este caso, las estaciones de telecomunicaciones se pueden considerar edificios de misión crítica por la importancia de los equipos que se alojan en estos, como lo son los equipos de las redes de telecomunicaciones que facilitan la prestación de servicios de comunicación a nivel nacional e internacional. Una falla en la estación de telecomunicaciones puede afectar un importante número de clientes, debido a la pérdida parcial o total de los servicios de las redes fijas y móviles.

Como se mencionó en el apartado 2.2, los servicios de conexión a internet están regidos por el Reglamento de prestación y calidad de servicios de SUTEL, por lo que una falla en esta estación compromete, además de la calidad del servicio, el cumplimiento de dicho reglamento.

Por lo anterior, se analiza la aplicación de recomendaciones del estándar, a fin de factibilizar redundancias que permitan una alta disponibilidad y confiabilidad de los equipos y elementos necesarios para que la comunicación internacional se realice de forma satisfactoria. El estándar en el anexo F.5.1 y F.5.2, hace referencia a los sistemas de respaldo eléctrico y componente redundante de HVAC respectivamente, además, realiza una clasificación de cuatro tipos de *data center*, según los sistemas de redundancia aplicada.

Así mismo, se debe tener presente que, conforme más alta la clasificación, mayores inversiones se deben realizar.

Es importante tener claro que no se busca contar con una certificación de *data center* (TIER), sino que se utilicen las recomendaciones y mejores prácticas a nivel de redundancia para robustecer los sistemas electromecánicos; de forma que permitan la operación sin afectación o mínima afectación ante incidentes del sistema eléctrico, o bien ante acciones de mantenimiento, mejorando de esta manera la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas electromecánicos. Considerando lo anterior, se toma como referencia lo solicitado para redundancia eléctrica y mecánica en el estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014) para un *data center* de clasificación TIERII.

Las siguientes son las indicaciones que el estándar define para un *data center* TIER II en cuanto a redundancias eléctricas y mecánicas.

En el caso de los sistemas eléctricos, TIER II solicita:

- Fuentes redundantes para los componentes críticos.

- Mantenimiento sin interrupción: capacidad de que el sistema redundante soporte la carga total durante acciones de mantenimiento.
- Distribución de energía redundante: múltiples rutas de distribución de energía para redundancia en caso de fallas.

TIER II solicita un nivel de redundancia en los sistemas mecánicos, los aspectos a considerarse son:

- Sistemas de enfriamiento redundante: se pueden tener múltiples unidades de enfriamiento que pueden operar de manera independiente y, en caso de falla de una unidad, las demás deben mantener la temperatura adecuada.
- Distribución de aire redundante: los sistemas de HVAC deben diseñarse de manera que, si un conducto o unidad de ventilación falla, haya redundancia suficiente para mantener una distribución adecuada del frío.
- Monitoreo y control automatizado: se debe monitorear constantemente los sistemas mecánicos y ser capaz de realizar ajustes automáticos para compensar cualquier falla o desviación en el rendimiento.
- Mantenimiento programado sin interrupciones: los sistemas mecánicos deben ser diseñados para permitir el mantenimiento programado sin afectar significativamente la operación del centro de datos. Por lo que se debe tener capacidad de cambiar la carga a sistemas de respaldo temporales durante el mantenimiento.

Los requerimientos para un TIER II se tomarán como insumo en el apartado de recomendaciones y acciones de mejora de los sistemas.

#### **4.3 Identificación de acciones de mejora en los sistemas electromecánicos de la estación**

Se toman los siguientes datos para generar las recomendaciones y acciones de mejora:

- El estado actual de los sistemas identificados en el punto 4.2.
- La proyección de demanda de energía del apartado 4.3.4.
- El análisis de los apartados de la norma ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), desarrollados en el apartado 4.4.

El propósito de este apartado es la identificación de acciones que promuevan la mejora en la confiabilidad y disponibilidad del sistema electromecánico. Se busca un sistema capaz de mantenerse operativo ante fallas, ya sea por mantenimientos preventivos o ante un fallo en el sistema principal de energía.

La confiabilidad en un sistema define la probabilidad de que un sistema continúe funcionando, durante un periodo de tiempo determinado, dadas las condiciones operativas definidas. Mientras que la disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un sistema está disponible para su uso (Bradley, 2016).

Ambos aspectos son críticos en un sistema de telecomunicaciones para asegurar

la continuidad del servicio. Las siguientes son recomendaciones y acciones de mejora identificadas para incrementar la confiabilidad y disponibilidad del sistema electromecánico en la estación.

#### 4.3.1 Identificación de acciones de mejora para el sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado presenta una situación compleja, debido a que las unidades instaladas solamente cumplen con los requerimientos actuales, además, se tienen condiciones de operación desfavorables, mismas que se reflejan en las incidencias presentadas por deficiencia del sistema y puntos calientes en la sala de equipos. Esto según datos encontrados en el informe presentado por el área de Diseño electromecánico (Estación de Telecomunicaciones, 2022). El detalle de los incidentes no se describe, dado que están catalogados como información sensible para la empresa. Ante esta situación, se proponen las siguientes acciones de mejora.

Realizar un rediseño completo del sistema de aire acondicionado de la estación, donde se considere lo indicado en el estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), en el apartado F.5.2, el cual refiere a los requerimientos de redundancia de los sistemas mecánicos.

La siguiente lista muestra algunas acciones relevantes para revisar:

- Considerar la instalación de unidades de aire acondicionado con capacidad de enfriamiento para mantener la temperatura adecuada de la estación en caso de falla o mantenimiento de una de las unidades.
- Mejorar el sistema de distribución de aire acondicionado, donde se consideren ductos redundantes y múltiples puntos de suministro, asegurando así que, en caso de falla de un conducto o unidad, se tenga redundancia para mantener una distribución adecuada.
- Implementar sistemas de control y monitoreo automatizado, que permita tener información en tiempo real de la operación del sistema, además de permitir realizar ajustes de manera automática.
- Incluir las alimentaciones eléctricas para las unidades de aire acondicionado al tablero de emergencia TGE, para garantizar energía eléctrica en caso de falla del servicio eléctrico y que las unidades sigan funcionando sin interrupciones, de manera que los equipos en la sala no se vean afectados por calentamiento.

Cumpliendo las acciones anteriores, se podría tener garantía de que la prestación de servicios no se verá afectada por incidencias que se presenten en las unidades de aire acondicionado.

#### 4.3.2 Identificación de acciones de mejora en el sistema de corriente alterna

Para el caso de los sistemas de corriente alterna, las acciones de mejora consideran tener fuentes redundantes para los componentes críticos, facilidad de realizar el mantenimiento sin interrupción de los servicios. Se toma en cuenta, además de las

cargas actuales, los requerimientos futuros identificados.

#### 4.3.2.1 Transformador

Tabla 8. Carga actual y requerimiento futuro para el transformador.

Elemento	Capacidad nominal	Carga actual	Disponibilidad de carga	% de carga actual	Requerimiento de carga	Nueva carga para considerar
Transformador (kVA)	150.00	112.32	37.68	74,8%	39.36	151.68

Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación.

(Estación de Telecomunicaciones, 2023)

Como se puede observar en la tabla 8, el transformador no tiene la capacidad teórica necesaria para cubrir el nuevo requerimiento de energía, dado que se estaría superando la capacidad nominal del transformador, comprometiendo la disponibilidad del sistema.

Por lo anterior, se propone la compra e instalación de un transformador de mayor capacidad para sustituir el actual, considerando las cargas actuales y futuras, así como un rango de crecimiento posterior, este deberá ser de, al menos, 250 kVA. En la tabla 9, se pueden observar los datos de la proyección del porcentaje de consumo de las cargas en el nuevo transformador propuesto.

Tabla 9. Proyección de cargas del nuevo transformador.

Nuevo Elemento	Capacidad nominal	Carga actual + proyección	% de carga proyectado
Transformador (kVA)	250,00	151,68	61%

Fuente: Estación de Telecomunicaciones (2024)

#### 4.3.2.2 Generador

Para el caso del generador, este deberá asumir la carga de 39.36 kVA de los equipos por instalar, además de 10 kVA asociados a los equipos de aire acondicionado que actualmente no están respaldados por el grupo electrógeno; sin embargo, el generador no tiene la capacidad actualmente para cubrir los nuevos requerimientos, los datos se muestran en la tabla 10. Por lo que se deberá considerar la sustitución de este elemento por uno de mayor capacidad que permita dar respaldo de energía a los elementos del sistema de telecomunicaciones actuales y futuros. La capacidad de nuevo generador deberá ser de, al menos, 250 kVA, coincidiendo con la capacidad el transformador propuesto, dado que este será el respaldo de alimentación.

Tabla 10. Carga actual y requerimiento futuro para el generador.

Elemento	Capacidad nominal	Carga sugerida (80%)	Carga actual	Disponibilidad de carga	Requerimiento de carga	Nueva carga para considerar
Generador (kVA)	156.00	124.80	89.03	35.77	49.36	138.39

Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación. (Estación de Telecomunicaciones, 2023)

#### 4.3.2.3 Tablero gran normal

Para el tablero gran normal, se tiene capacidad disponible para asumir los nuevos requerimientos de carga, el cual es de 164 A. En este caso, se recomiendan las siguientes acciones de mejora:

- Instalación de un medidor de variables eléctricas, que favorezca el monitoreo del consumo de energía de este tablero.
- Cambiar los cables de alimentación de este tablero de PAWC a cables para conexiones permanentes. Estos cambios serán dimensionados a la hora de realizar el diseño definitivo de la solución.

#### 4.3.2.4 Tablero gran emergencia

El tablero de emergencia tiene una capacidad disponible de 78.43 A, por lo cual en las condiciones actuales no es posible asumir la nueva carga. Se debe tener en cuenta que el tablero actual tiene una capacidad nominal de 800 A, sin embargo, está limitado en su capacidad por la protección de 400 A (transferencia automática) desde el tablero principal. Para este caso, se visualizan las siguientes acciones:

- La transferencia automática tiene capacidad de 600 A, por lo que, si se realiza el cambio de los alimentadores de este tablero por 3X 2/0AGW, permitirá aumentar la capacidad de este.
- Cambiar el disyuntor de protección de la transferencia automática por uno de 600 A.

#### 4.3.3 Recomendaciones y acciones de mejora en el sistema de corriente directa

Los nuevos requerimientos de carga en corriente directa son de 164 A. La situación actual de este sistema muestra que se cuenta con dos plantas de fuerza con capacidad disponible para cubrir la nueva carga, sin embargo, no se debe dejar de lado lo que solicita la norma ANSI/TIA-942 (TIA, 2014) en cuanto a redundancia eléctrica. Por tanto, aunque se cuente con capacidad suficiente para cubrir la nueva

carga, es necesario evaluar si se está cumpliendo con lo que solicita el estándar para garantizar la confiabilidad y disponibilidad del suministro de energía ante fallas que se puedan producir.

Por lo anterior, se debe contar con dos plantas eléctricas capaces de cubrir el 100% de las cargas. La tabla 11 muestra las capacidades de las plantas actuales, así como el total del nuevo requerimiento de carga, el cual será de 777 A. Este deberá ser cubierto por ambas plantas, para que, en caso de una falla o salida de una de las plantas eléctricas, la otra puede asumir sin problema el total de la capacidad demandada.

Tabla 11. Carga actual y requerimiento futuro para plantas de fuerza.

Planta	Capacidades de corriente				Carga actual (A)	Nueva carga (A)	Total de carga por planta (A)	Total Carga en Corriente Directa (A)
	Cantidad de rectificadores	Capacidad de rectificadores	Capacidad total instalada	Capacidad total disponible (por N+1) (A)				
Lorain	12	50	600	550	155	164	319	777
Delta	28	50	1400	1350	294	164	458	

Fuente: Estudio de la capacidad de fuentes del sistema eléctrico de la estación.

(Estación de Telecomunicaciones, 2023)

Dadas las nuevas condiciones de operación para las plantas eléctricas donde, además de considerar nuevos requerimientos, se busca redundancia de fuente, se recomienda la sustitución de la planta Lorain por una de 1000 A de capacidad. Esta permitirá atender de forma correcta los requerimientos actuales y de corto plazo, dando la posibilidad de atender otras necesidades de carga. Es importante que la nueva planta mantenga la configuración de rectificadores N+1, para garantizar la redundancia eléctrica y confiabilidad del sistema de alimentación.

Además del cambio de la planta de fuerza y ante la importancia del sistema de corriente continua, se recomienda realizar pruebas al banco de baterías asociado al sistema. Algunas pruebas por realizar son: prueba de capacidad, resistencia interna, carga y descarga, para con ello evaluar el estado y eficiencia de las baterías.

La elaboración de estas pruebas permite obtener datos relevantes tanto para acciones de mantenimiento, así como para la planificación del reemplazo. De esta manera, se podría asegurar la continuidad de energía y la protección de las cargas críticas, ante eventualidades que se presenten por averías.

#### **4.4 Dimensionamiento de costos de equipamiento necesario para implementar las acciones de mejora**

El dimensionamiento de los costos asociados a las mejoras propuestas para la estación de telecomunicaciones permite tener visión del monto de presupuesto CAPEX que se requería para tener un sistema electromecánico que garantice la disponibilidad y confiabilidad del servicio de telecomunicaciones que se presta tanto a nivel nacional como internacional desde la estación. Estos son pilares importantes para la satisfacción del cliente y la competitividad en este mercado.

Al invertir en acciones de mejora que fortalezcan la infraestructura electromecánica de la estación no solo se está garantizando la operación continua y confiable del servicio, sino que permite reforzar el compromiso de la empresa de cumplir con los estándares y buenas prácticas aplicables para el sector de telecomunicaciones, además del compromiso de cumplir con los reglamentos vigentes y aplicables como es el Reglamento de prestación de servicios de telecomunicaciones.

Por otro lado, estas inversiones estarían aportando con la estabilidad operativa, además de brindarle a la empresa la oportunidad de responder efectivamente ante futuros proyectos de crecimiento de capacidad, nuevos servicios y nuevas tecnologías a implementar.

La presentación de los costos de estas mejoras considera únicamente los costos para adquisición de equipamiento, no así los costos asociados a diseño, materiales misceláneos, mano de obra, costos indirectos u otros que podrían ser requeridos para la evaluación financiera posterior.

Por su parte, las mejoras que corresponden a las de cableado eléctrico y del sistema de aire acondicionado no están detalladas, debido a que, para tomar en cuenta estos montos, será necesario contar con los diseños finales de la solución. De manera que se puedan obtener los datos del total de metros de cables, calibres, cantidad de metros de ducto, total de unidades de aire acondicionado, así como sus capacidades.

En cuanto a los costos para el disyuntor termomagnético de 3 polos de 600 A y el módulo de medición de variables, se utilizarán valores de sitios de internet locales. Esto debido a que no fue posible ubicar una cotización formal por parte de un distribuidor de estos elementos. Estos datos se observan en los anexos 5 y 6 respectivamente.

La tabla 12 enlista el equipamiento identificado como parte de la solución planteada tanto en equipos de corriente alterna como corriente continua.

Tabla 12. Dimensionamiento de costos.

Elemento cotizado	Costo CRC	Elemento
Transformador de 300 kVA, 120/208 V, trifásico, 60 Hz, uso industrial tipo pedestal.	₡ 17 620 889,64	
Generador de 250 kVA 120/208 V, 3 fases, 60 Hz, de uso "prime", sin carcasa insonorizado, con tanque en la subbase	₡ 20 912 452,35	
Planta de fuerza 1000 A, alimentación trifásica 120/208 VCA para conexión de 10 breaker de 70 A	₡ 20 918 840,93	
Disyuntor termomagnético 3 polos 600 A, 25 kVA, Schneider, modelo MGA3600	₡ 1 998 269,00	
Módulo de medición de variables eléctricas	₡ 1 104 747,00	
<b>Total de inversiones</b>	<b>₡ 62 555 198,92</b>	

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

1. Las telecomunicaciones han adquirido una relevancia crítica para la sociedad actual, por lo que los servicios de datos son indispensables para realizar las actividades cotidianas como el teletrabajo, educación a distancia y actividades comerciales. Asimismo, la evolución en la tecnología ha modificado la forma de comunicarse y socializar, dependiendo de internet y plataformas de *streaming*. Este cambio en el comportamiento de los usuarios hace que se requieran infraestructuras electromecánicas capaces de brindar disponibilidad y a los equipos encargados de brindar los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional.
2. Es importante para las empresas de telecomunicaciones cumplir con lo que establece el Reglamento de prestación de servicios de SUTEL; para cumplir con este, es fundamental contar con sistemas eléctricos y mecánicos confiables y redundantes, capaces de garantizar la disponibilidad y correcto funcionamiento de los equipos actuales y futuros.
3. Dado que el mercado de las telecomunicaciones es muy dinámico y se encuentran en constante evolución, analizar regularmente las condiciones de los sistemas electromecánicos de la estación permitirá identificar puntos de mejora que faciliten contar con energía a tiempo para la entrada de servicios, proyectos o soluciones que requieran capacidad internacional, siempre en busca de asegurar la disponibilidad del servicio.
4. Es importante considerar lo indicado por el estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), en cuanto a temas de redundancia eléctrica y mecánica de los sistemas. A pesar de que el sitio no es nombrado un *data center*, la aplicación de este estándar busca garantizar la disponibilidad del servicio. En esta investigación, se propone el uso de las recomendaciones para un data center TIER II, dado que brinda redundancias que se consideran adecuadas para los sistemas eléctricos y mecánicos.
5. Es prioritario atender las situaciones detectadas en la operación del sistema de aire acondicionado, en busca de mejorar la operación actual del sistema, así como garantizar que se apliquen las recomendaciones del estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014). Por lo que, en busca de garantizar la redundancia y eficiencia del sistema, será necesario cambiar el diseño actual, considerando la redundancia de energía para el sistema, mejorar la distribución del aire acondicionado; además, dimensionar el sistema para contar con aire acondicionado con capacidad de enfriamiento para mantener la temperatura adecuada en la estación en caso de falla de alguna de las unidades, valorar incluir un sistema de control y monitoreo automatizado. Estas medidas, además de mitigar riesgos por la interrupción del servicio

debido a falla del sistema de aire acondicionado, brinda la posibilidad de mejorar la capacidad de respuesta ante posibles implementaciones futuras derivadas de nuevos proyectos.

6. Para mejorar el sistema de corriente alterna, es necesario realizar el cambio de algunos de sus componentes claves:
  - Es indispensable cambiar el transformador principal, por uno de al menos 250 kVA de capacidad.
  - Cambiar el generador de emergencia, por uno de capacidad de 250 kVA, para garantizar una fuente confiable de energía en caso de falla del sistema comercial de corriente alterna.
  - Cambio y actualización de los alimentadores de la transferencia automática hasta el tablero gran emergencia.
  - Instalación de un medidor de variables eléctricas en el tablero principal, que permita monitorear y gestionar el consumo y distribución de energía.

Estas mejoras buscan implementar un sistema de corriente alterna robusto que permita atender la demanda actual y futura, proporcionando la capacidad necesaria y asegurando la operación en caso de fallos del sistema principal. Por otro lado, se visualiza una reserva de capacidad de manera que se obtenga un sistema flexible, que facilita conectar nuevas cargas de forma oportuna.

7. El sistema de corriente continua requiere de mejoras para asegurar una operación ininterrumpida en todo momento. Para lo cual, se requiere contar con dos plantas de fuerza de -48 VDC capaces de asumir la carga completa, en caso de que una de ellas presente un fallo o necesite de mantenimiento. Para lograr esta mejora, se considera el cambio de la planta Lorain (de menor capacidad) por una planta de, al menos, 1000 A. Con esta capacidad ampliada, se garantiza que ambas plantas pueden manejar la carga sin problemas ante cualquier situación de afectación que se pueda presentar.
8. Es importante llevar a cabo pruebas periódicas en el banco de baterías que forma parte del sistema de cada planta de fuerza. Estas pruebas aportan información relevante sobre el estado del elemento, permitiendo tomar medidas de mantenimiento y planificación de forma oportuna, asegurando que el sistema de corriente continua no se vea afectado por posibles fallos, garantizando así la continuidad del servicio.
9. El costo de las acciones de mejora propuestos como parte de esta investigación asciende a ₡62 555 198,92.
10. Los sistemas electromecánicos y de respaldo crítico tienen un papel fundamental en la operatividad de una estación de telecomunicaciones,

asegurando la continuidad de los servicios de telecomunicaciones tanto a nivel nacional como internacional. Por lo que se requiere contar con sistemas confiables para garantizar una disponibilidad óptima del sistema y con esto de los servicios proporcionados desde la estación.

El adecuado dimensionamiento y flexibilidad de los equipos electromecánicos es importante para poder satisfacer los nuevos requerimientos de carga de manera eficiente y oportuna. De esta forma, no solo se asegura la capacidad de respuesta ante las demandas de carga y servicios, sino también le da la posibilidad a la empresa para implementar nuevas soluciones de capacidad internacional de manera ágil, mejorando así su competitividad en un mercado tan dinámico como el de las telecomunicaciones.

## 5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar las inversiones necesarias en la infraestructura electromecánica, esto para asegurar la disponibilidad y correcto funcionamiento del servicio, dada la importancia de las telecomunicaciones para la sociedad actual.
2. Se sugiere contar con sistemas eléctricos y mecánicos redundantes que garanticen la disponibilidad del servicio la mayor parte del tiempo, esto favorecerá el cumplimiento de las regulaciones establecidas a nivel nacional por SUTEL.
3. Se recomienda realizar análisis periódicos de los sistemas electromecánicos para identificar áreas de mejora.
4. Implementar las recomendaciones establecidas por el estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014) relacionadas con la redundancia eléctrica y mecánica de los sistemas, incluso en sitios que no sean oficialmente un *data center*. La aplicación de este estándar puede garantizar la disponibilidad del servicio y proporcionar una infraestructura confiable para las operaciones de telecomunicaciones. En este caso, se sugiere seguir las recomendaciones para un *data center* TIER II, dado que ofrece redundancias adecuadas para los sistemas eléctricos y mecánicos contribuyendo a mejorar la disponibilidad de los servicios ofrecidos.
5. Se recomienda instalar un medidor de variables eléctricas en el tablero gran normal, de manera que permita monitorear el consumo de energía en este tablero.
6. Se sugiere rediseñar por completo el sistema de aire acondicionado, en donde se tomen en cuenta las mejores prácticas del estándar ANSI/TIA-942 (TIA, 2014), para el diseño de este tipo de sistemas, esto puede implicar cambios en el diseño para mejorar la redundancia, la distribución del aire, así como la capacidad de enfriamiento.
7. Realizar el cambio de componentes del sistema de corriente alterna como lo son el transformador principal y el generador de emergencia, esto para garantizar fuentes confiables de energía y una capacidad adecuada para atender la demanda actual y futura.
8. Se recomienda llevar a cabo el cambio de la planta Lorain por una planta de mayor capacidad al menos 1000 A, esto para contar con dos plantas con capacidad de manejar la demanda de energía en CC.
9. Se sugiere realizar pruebas al banco de baterías asociado al sistema de corriente continua y mediciones a los bancos de baterías de los sistemas de corriente continua actuales para evaluar el estado y eficiencia de estas. Algunas pruebas para realizar son las siguientes:
  - a. Capacidad

- b. Resistencia interna
- c. Carga
- d. Descarga.

10. Finalmente, se sugiere validar las acciones de mejora propuestas para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos que forman parte del sistema de telecomunicaciones.

## Bibliografía

- Ascenty. (2024). *Clasificación TIER: sepa cuál es su importancia en los data centers*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://ascenty.com/es/blog/articulos/clasificacion-tier-sepa-cual-es-su-importancia-en-los-data-centers>
- Bradley, E. (2016). *Reliability Engineering: A Life Cycle Approach*. CRC Press.
- Campos-Araya, K. (2011). *Diseño del sistema de protección contra distorsiones en la red de distribución eléctrica para la central telefónica de San José del Instituto Costarricense de Electricidad* [Trabajo de grado, Instituto Tecnológico De Costa Rica]. RepositorioTEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2985>
- Carel. (s.f.). *¿Qué es el aire acondicionado?* Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://www.carel.es/what-s-air-conditioning->
- CISCO. (2023). *¿Qué es un centro de datos?* Recuperado el 22 de abril de 2024 de [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html)
- EATON. (s.f.a). *Conceptos fundamentales de los transformadores de tipo seco*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/transformers/transformer-fundamentals-.html>
- EATON. (s.f.b). *Fundamentos de los interruptores de transferencia automática (ATS)*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://www.eaton.com/co/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/automatic-transfer-switches/automatic-transfer-switch-fundamentals.html>
- EnerSys. (2023a, 14 de abril). *Banco de baterías en subestaciones eléctricas: definición, características y aplicaciones*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://enersys.com.mx/blog/banco-de-baterias/>
- EnerSys. (2023b, 24 de abril). *DC Power Plants: la clave para un suministro de energía confiable y sin interrupciones*. Recuperado el 22 de abril de 2024 <https://enersys.com.mx/blog/dc-power-supply/>
- Estación de Telecomunicaciones. (2022). *Aire acondicionado estación de telecomunicaciones*. San José, Costa Rica.
- Estación de Telecomunicaciones. (2023). *Estudio de la capacidad de las fuentes del sistema eléctrico*. San José, Costa Rica.

- Estación de Telecomunicaciones. (2024). *Análisis de las condiciones electromecánicas de una estación de telecomunicaciones para identificar las mejoras requeridas en los sistemas instalados*. San José, Costa Rica.
- Farina, A. L. (2019). Tableros eléctricos. *Ingeniería Eléctrica*, 341, 64-65. [https://editores.com.ar/sites/default/files/ie341\\_farina\\_tableros.pdf](https://editores.com.ar/sites/default/files/ie341_farina_tableros.pdf)
- Gaitán, J. A. (2019). *Normas de alimentación eléctrica de cargas especializadas de quirófanos, data center y centros de transmisión* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Centroamericano SIIDCACSUCA. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNI2727>
- Howard. (2023). *Alimentación de centros de datos: ¿Qué es la CA y la CC en los centros de datos?* FS Community. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://community.fs.com/es/article/data-center-power-what-are-ac-and-dc-power-in-data-centers.html>
- Ingenium. (2023, 27 de setiembre). *Edificios de misión crítica: riesgos y soluciones*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://ingenium.la/2023/09/27/edificios-de-mision-critica-riesgos-y-soluciones/>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2023). *Página de inicio - Grupo ICE*. Recuperado el 22 de abril de 2023 <https://www.grupoice.com/>
- Mariano, R. (30 de diciembre de 2023). *Cables submarinos: Internet en el fondo del mar*. dplnew. Recuperado el 22 de abril de 2023 <https://dplnews.com/cables-submarinos-internet-en-el-fondo-del-mar/>
- Matarrita, L. (2010). *Automatización del sistema de emergencia de la estación de cable submarino Bribí del Instituto Costarricense de Electricidad y Telecomunicaciones* [Trabajo de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2665>
- Montoya-Catena, A. M. (2008). *LA FIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES*. Asociación española para la calidad. [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ab700294-7d00-457d-a34a-488aada2d12c&groupId=10128](https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=ab700294-7d00-457d-a34a-488aada2d12c&groupId=10128)
- Polaridad. (s.f.). *Cómo convertir amperios a KVA: una guía práctica y sencilla*. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://polaridad.es/calcular-amperes-a-kva/>
- Portal electromecánico. (s.f.). *Unidades medición capacidad de refrigeración*. Recuperado el 22 de abril de 2024 [https://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/Refrigeracion/unidades\\_medicin\\_capacidad\\_de\\_refrigeracin.html](https://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/Refrigeracion/unidades_medicin_capacidad_de_refrigeracin.html)

- Rojas, G. (2018). *Grupos electrógenos principios básicos*. Gedisa. <https://gedisa.com.ve/boletin/pdf/20.%20Grupos%20electrogenos%20conceptos%20basicos%20Abril%202018.pdf>
- SISSA Monitoring Integral. (2023, 31 de octubre). *Telecomunicaciones: un servicio de misión crítica que garantiza la continuidad de los sistemas de seguridad*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/telecomunicaciones-un-servicio-de-misi%C3%B3n-cr%C3%ADtica-que-garantiza-axr2e/?originalSubdomain=es>
- SUTEL. (2016). *Reglamento de prestación y calidad de servicios*. [https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/normativas/reglamento\\_prestacion\\_y\\_calidad\\_de\\_servicios.pdf](https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/normativas/reglamento_prestacion_y_calidad_de_servicios.pdf)
- SUTEL. (2022). *Estadísticas del Sector de Telecomunicaciones*. San José, Costa Rica.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2009). *Reglamento de prestación y calidad de los servicios (NO VIGENTE)*. Sistema costarricense de información jurídica. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65356&nValor3=111223&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65356&nValor3=111223&strTipM=TC)
- Telecommunications Industry Association. (2014). *ANSI/TIA-942-A*. TIA Press.
- Tola, M. E. (2016). *Informe de pasantía Instalación de equipos eléctricos de energía de respaldo para los sitios de Entel S.A. a nivel nacional* [Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés ]. Repositorio institucional Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/11982>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). *Glosario de términos de TIC*. [https://www.red-tic.unam.mx/recursos/2021/2021\\_Glosario\\_RedResponsablesTIC\\_01.pdf](https://www.red-tic.unam.mx/recursos/2021/2021_Glosario_RedResponsablesTIC_01.pdf)
- VMware. (2023). *What is a data center?* VMware. Recuperado el 22 de abril de 2024 de <https://www.vmware.com/es/topics/glossary/content/data-center.html>
- TeleGeography. (s.f.). *Submarine Cable Map* Recuperado el 30 de diciembre de 2023 de <https://www.submarinecablemap.com/landing-point/puerto-limon-costa-rica>
- Trujillo, E. (2021, 1 de febrero). *Normativa*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/normativa.html>

## Anexos.

### Anexo 1. Cable PAWC

# CABLE PORTAELECTRODO

**DESCRIPCIÓN:**  
Conductor de cobre electrolítico pureza 99,9%, temple suave extraflexible con cableado clase K, aislamiento Elastomérico (TPE) 105°C.

**CARACTERÍSTICAS:**  
Propiedades dieléctricas y mecánicas excelentes, manteniéndose aún después de un prolongado servicio, es altamente resistente a la abrasión, ácidos, aceites, compresión, humedad e intemperie. Cuenta con un amplio rango de temperatura (-70°C a 105°C).

**VOLTAJE MÁXIMO DE OPERACIÓN:**  
600 Volts.

**TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN:**  
105°C.

**APLICACIONES:**  
El cable portaelectrodo es usado generalmente en forma intermitente en máquinas de soldar por arco eléctrico, igualmente como extensión desde la máquina soldadora al lugar de trabajo del electrodo.

También puede ser usado en instalaciones temporales, como conexiones para equipos de sonido de alta potencia o sistemas de iluminación en eventos musicales y deportivos.

**EMPAQUE:**  
Rollos de 100 m o carretes con 500 m o más.

**RANGO DE FABRICACIÓN:**  
Calibres del 4 AWG al 4/0 AWG.

**ESPECIFICACIONES:**  
Cumple o excede:  
NOM-063-SCFI; NMX-J-037-ANCE.

**REGISTRO:**  
Aprobación: NOM, ANCE.

**DATOS PARA PEDIDO:**  
Cable portaelectrodo, calibre y cantidad requerida en metros.



CN-015

 **CONDUCTORES DEL NORTE**  
Tecnología y Confianza

## Anexo 2. Cotización Transformador.



### ELMEC, S.A.

Soluciones para la administración de la energía

Identificación: 3-101-011526-11  
300 m. norte del BCR Plazoleta ,San Antonio de Desamparados  
Apartado Postal 32-2020 Zapote  
Teléfono: (506) 2251-4100 Fax: (506) 2251-3131  
Correo: info@elmecsa.com

**Proforma  
29805**

**Cliente: MARISELA MONGE**

Fecha: 06/03/2024

Teléfono: 2523-4949

Contacto:

**ESTIMADO(S) SEÑOR(ES) DE ACUERDO A SU AMABLE SOLICITUD NOS ES GRATO PRESENTAR  
A SU CONSIDERACIÓN NUESTRA OFERTA DE LA SIGUIENTE MANERA:**

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Total
OI-TR0000	Transf. Ped. Tri. 300kVA 34.5/19.9kV-120/208 Ac UL	1	USD 27,500.00	USD 27,500.00
MT-CO0019	CODO CONECTOR P/35KV	3	USD 335.00	USD 1,005.00
IM-DI0003	*CODO PARARRAYO*	3	USD 750.00	USD 2,250.00

**EL CLIENTE DEBE REVISAR LA OFERTA Y VERIFICAR QUE CUMPLE CON LO QUE REQUIERE**

**Oferta Válida hasta: 06/04/2024**

Condiciones de pago CONTADO

**ESPERANDO QUE LA PRESENTE OFERTA SEA DE SU  
ENTERA CONVENIENCIA, SE DESPIDE DE USTED(ES):**

**Rebeca Díaz Cerdas**

Observaciones:

Sub Total	USD 30,755.00
Descuento:	
Impuesto	USD 3,998.15
<b>Total</b>	<b>USD 34,753.15</b>

DATOS TÉCNICOS (TRANSFORMADOR TIPO PAD-MOUNTED)							
Especificación: CIEM							
1	PROVEEDOR / FABRICANTE	UNIDAD	OFERTADO				
	Solicitud Cotización		0004042	0004044	0004046	0004047	0004049
2	PAIS DE FABRICACION		Ecuador				
3	NORMAS APLICABLES		ANSI/IEEE C57.12.90:2021 / C57.12.34:2022 / C57.12.90:2021 / NEMA TP 1-2002				
4	TIPO		Pad-Mounted - Tipo compartimiento				
	Configuración		Malla				
	Número, ubicación y arreglo de terminales MT / BT		Figuras 4-9-11 (IEEE C.57.12.34:2022)				
	Arreglo bushings pesamuros MT / BT		Escalonado/Escalonado				
5	CONDICIONES DE SERVICIO						
	Servicio		Continuo				
	Montaje / Instalación		Intemperie				
	Altura sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	1000				
	Temperatura ambiente máxima / promedio	°C	40 / 30				
	Humedad relativa		100%				
6	CARACTERISTICAS ELECTRICAS						
	Número de fases		3				
	Frecuencia	Hz	60				
	Potencia nominal	KVA	150	225	300	300	500
	Grupo de conexión		Yyn0				
	Tensiones nominales de línea:						
	-Bobinado primario	V	34500 Grd/Y/ 19920				
	-Bobinado secundario	V	208 Y/ 120		480 Y/ 277		
	Niveles de aislamiento nominal (Serie tensión /Tensión aplicada AC / B.L.L.)						
	-Bobinado primario	kV / kVeff / kVp	35 / - / 150				
	-Bobinado secundario	kV / kVeff / kVp	1,2 / 10 / 30				
	Pérdidas						
	Eficiencia calculada según NEMA TP1 (55°C - L-50% - Fp-1)	%	98,9	99,0	99,0	99,0	99,1
	Impedancia de cortocircuito (Tolerancia Según IEEE/ANSI)	%	3,4	3,8	4,3	5,0	5,3
	Corriente de excitación	%In	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
	Elevación Temperatura Devanados / Aceite @1000 m.s.n.m	K	65				
7	REFRIGERACION Y MATERIAL AISLANTE						
	Refrigeración:		ONAN				
	Aceite: Normas aplicables / Tipo		ASTM D 3487 / Mineral Tipo II - sin PCB's				
8	GENERALIDADES						
	Clase térmica de arrollamientos		A				
	Material utilizado en las bobinados: Primario / Secundario		Aluminio/Aluminio				
	Características metalmeccánicas						
	-Radiadores		No	Si (Fijos)			
	-Fijación de la tapa al tanque		Pernos Acero AISI 304				
	Material: Tanque / Compartimiento / Base		Acero A36 / Acero A36 / Acero A36				
	Categoría corrosión ambiental (ISO 12944-5)		C5M				
	Color pintura		Verde Munsell TGY (RAL 6020)				
9	ACCESORIOS						
	Cambiador de derivaciones / Conmutador	PCS	1				
	-Regulación sin carga, bobinado Media Tensión. Mecanismo de accionamiento exterior						
	-Gama de regulación expresada en % (Posición nominal)	%	+2/-2 x 2,5 (3)				
	Facilidades de conexión a tierra del tanque (Tuercas)	PCS	3				
	-Conexión a tierra terminal XD	PCS	1				
	Manovacuumetro sin contactos	PCS	1				
	Niple para llenado con tapón	PCS	1				
	Orejias de taje del transformador.	PCS	4				
	Pasatapas / Bornes						
	-Primario						
	a) Cantidad		6				
	b) Tipo de Interfaz (Std. IEEE 386:2016)		Integral				
	c) Conector		Codo Loadbreak				
	-Secundario						
	a) Cantidad		4				
	b) Tipo		Bushing Pasatapa				
	c) B.L.L.	kVp	30				
	d) Material		Termoplástico				
	e) Tipo conector		5/8"-11UNC Stud	1"-14UNS Stud	5/8"-11UNC Stud	1"-14UNS Stud	
	f) Configuración conector		Stud				
	g) Capacidad Conector	A	600	1400	600	1400	
	Placa de características Tipo A, según IEEE Std C57.12.00	PCS	1				
	Soportes para bushing de parqueo	PCS	5				
	Switch 4 posiciones rompecarga - T Blade @ 12,5kV/38kV	PCS	1				
	Termómetro aceite sin contactos tipo carátula	PCS	1				
	Válvula de alivio de Presión @ 50 SCFM (10+/-2 psig)		Si				
	Válvula de Drenaje con dispositivo de muestreo de aceite	PCS	1				
	Válvula Inyección nitrógeno	PCS	1				
	Indicador externo de nivel de aceite	PCS	1				
10	PROTECCIONES						
	Contra sobrecorriente y sobrecarga						
	Principal x fase (Primario)		Bay-o-net Dual Sensing				
	Respaldo(s) x fase		CLF (ELSP)				
11	MARCACION / IDENTIFICACION ESPECIAL O PARTICULAR		Estándar Exportación INATRA				
12	EMBALAJE		Estándar Exportación INATRA: Llenos de aceite y completamente ensamblados; sobre una base de madera sanitizada (pallet) apta para transporte marítimo				

Firma/Sello Aprobación Técnica Cliente  
Fecha Aprobación: \_\_\_\_\_

## Anexo 3. Cotización Planta de Fuerza.



28 de noviembre de 2023

### Referencia: OFERTA ECONÓMICA POR PLANTAS DE FUERZA DE -48V MARCA VERTIV Rev.2

Estimado ingeniero Calderón:

Convertel CR S.A. tiene el agrado de presentarles esta oferta económica por los requerimientos adjuntos de plantas de fuerza de -48V.

Somos representantes y distribuidores autorizados de VERTIV (anteriormente Emerson, Marconi, Reltec y Lorain), fabricante de las antiguas plantas Lorain y Vortex, y de las plantas actuales tipo Netsure. Tenemos más de 30 años de experiencia en esta línea de productos, con ventas y soporte ... También somos distribuidores autorizados de las baterías Stryten.

Se ofrecen las plantas de fuerza marca Vertiv de la familia Netsure y bancos de baterías marca Stryten de la familia Absolyte GP, en diferentes modelos y configuraciones, según requerimiento.

Se adjunta información técnica.

A continuación, presentamos nuestra oferta económica.

### OFERTA ECONÓMICA

Línea	Descripción	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
	<b>Plantas de fuerza</b>			
1	Planta de fuerza marca Vertiv, modelo Netsure 7100 de 1000A, con controlador M830D, 16 rectificadores de 3.5kW, LVD, 3 filas para conexión de cargas, desconectador de baterías 2000A, con rack antisísmico de 23". Alimentación trifásica 120/208VCA.	1	\$41 257.60	\$41 257.60

---

#### CONVERTEL (C.R.) S.A.

800m al este del CFIA, Edificio INTUS - Mutualidad CFIA, 3er piso. Curridabat  
San José 11801 Costa Rica. Tel/Fax: +506 2527-5151  
[www.convertel.com](http://www.convertel.com)

Pág. 1

## Anexo 4. Cotización Generador.



### Oferta ES030924-12

**Empresa:**  
**Atención:** Srta. Maricela Monge  
**Contacto:**  
**Proyecto:**  
**Fecha:** 9 de marzo del 2024

Para nuestra empresa es un placer cotizarle los siguientes equipos y/o servicios, en afán de brindar la mejor solución a sus necesidades, de acuerdo con el alcance descrito seguidamente:

#### Línea 1:

Planta Eléctrica de nuestra marca Premium **ENERTEK (Certificada CE e ISO-9001)**, modelo **EN358CT**, en su versión **Super Insonorizada**, con las siguientes características técnicas:

#### Datos y prestaciones del Grupo Electrónico

Potencia Nominal (Stand-by) Trifásica	kW	<b>286</b>
Regimen de Funcionamiento	r.p.m.	1800
Conexión trifásica	-	<b>120/208</b>
Insonorización promedio del Gabinete	-	<b>75dBA@7metros</b>

#### Datos y prestaciones del Motor

Potencia Nominal (Stand-by)	kW	310
Fabricante / Modelo	-	<b>CUMMINS / 6LTAA9.5-G1</b>
Nivel Máximo de Aceite / Refrigerante	L	28.1 / 55.5
Ciclo termodinámico	-	Diesel 4 tiempos
Cilindros, número y disposición	-	6-L
Relación de Compresión	-	14.0:1
Tipo de Inyección	Tipo	Directa
Filtro de Aire	-	Seco
Regulador RPM	-	<b>Electrónico</b>
Diámetro por carrera	mm	116 x 148
Cilindrada Total	L	9.5
Sistema de Refrigeración	-	Líquido refrigerante
Tipo de aceite a utilizar	-	SAE 15W 40 – API CD/CE
Tipo de Aspiración	-	Turboalimentado y refrigerado por aire
Consumo promedio de Combustible en Stand by	Lph	50





Salidas configurables (8)	Proporciona múltiples opciones de instalación.
Facilidad de registro de datos (20 parámetros).	Proporciona información de estado actual e histórica.
Pantalla de texto LCD retroiluminada de 4 líneas	Proporciona una indicación completa y clara del funcionamiento y los parámetros.
Navegación por menú con cinco teclas	Proporciona una navegación cómoda y flexible de los parámetros.
Instrumentos CAN configurables.	Permite al módulo de control leer y mostrar hasta 10 instrumentos a través de CAN desde dispositivos de terceros.
Entradas ratiométricas.	Se elimina la necesidad de dispositivos adicionales.
Monitoreo total de red y conmutación automática.	Un controlador de grupo electrógeno y ATS en una carcasa compacta.
Control de transferencia de carga automática.	Asegura que no hay interrupción de la energía cuando se produce el cambio.
Control de transferencia de carga automática.	Asegura que no hay interrupción de la energía cuando se produce el cambio.
Editor del panel frontal personalizable.	Permite configurar diferentes niveles de acceso para diferentes grupos de usuarios.
Posición configurable del TC.	El TC puede colocarse en la salida del generador para dar lecturas de corriente y protección, o alternativamente colocarse en la salida de la carga principal para dar lecturas y protección del generador y de la red eléctrica (utilidad).
Compatible con el 73xx MKII cuando se ha configurado para su uso como un visualizador remoto 25xx MKII.	Brinda funcionalidad de visualización remota.
Servidor web incorporado.	Se ha añadido una interfaz web al módulo de control para mostrar la misma información que el software SCADA del PC a través de Internet. La interfaz web también puede utilizarse para controlar el módulo y borrar las condiciones de alarma.





Ilustración del controlador DSE7420 de la Planta Eléctrica ENERTEK:





Ilustración del Grupo Electrónico ENERTEK EN358CT



#### Generalidades del Gabinete Intemperie Atenuador de Ruido

**Gabinete ENERTEK (Original de Fábrica)** contra intemperie y altamente reductor del nivel de ruido, hasta un nivel promedio de 75dBA@7m, con las siguientes características técnicas:

- Protección contra el Sol, el polvo y la lluvia
- Super Insonorización interna a base de partículas ignífugas de alta densidad, retardante hasta los 1000°C del fuego, lavable y libre de enmohecimiento
- Salida de aire acondicionada para óptimo enfriamiento del motor y generador
- Estructura altamente compacta reduciendo espacios muertos internos al mínimo
- Bordes estructurales del gabinete con rolado curvo para máxima insonorización
- Bandeja sub base para contener derrame de líquidos (Coolant, aceite, diesel)
- Facilidad de acceso interior con llave para labores de mantenimiento y reparación
- Cristal tipo plexiglás transparente para visualizar y proteger el controlador digital
- Sistema de sujeción para elevación del grupo electrógeno por medio de grúa
- Patas de soporte fijo para elevación del grupo electrógeno con montacargas especial
- Silenciador del tipo crítico incluido dentro del Gabinete
- Tropicalizado para alta resistencia a la corrosión
- Botón para paro inmediato del grupo electrógeno en marcha en caso de emergencia





<b>Oferta Económica</b>		
<b>Línea</b>	<b>Detalle</b>	<b>Precio</b>
1	Planta Eléctrica de nuestra marca Premium ENERTEK, modelo EN358CT de <u>358kVA (286kW) trifásicos a 120/208V</u> , con <u>motor CUMMINS de última tecnología</u> , gabinete SuperInsonorizado a base de lana de roca volcánica totalmente ignífuga, herrajes de acero inoxidable, chapa de doble grosor, luz interna y central de control digital de alta gama Deep Sea DSE7420 con posibilidad de monitoreo remoto, según el detalle técnico anterior.	US\$ 36.500 + iva

<b>Validez de la Oferta</b>	15 días (Salvo previa venta del Stock disponible).
<b>Tiempo de Entrega</b>	<b><u>Inmediata.</u></b>
<b>Condiciones de Pago</b>	50% para reserva de los equipos y 50% contra entrega.
<b>Garantía</b>	<b><u>12 meses o 1000 horas de uso según sea primero posterior entrega.</u></b>
<b>Lugar de Entrega</b>	<b><u>En nuestras instalaciones en la ciudad de Heredia.</u></b>
<b>Cuentas bancarias colones</b>	Banco Nacional de Costa Rica CR83 0151 2491 0010 0012 69 Scotiabank CR76 0123 0013 0016 0090 00
<b>Cuentas bancarias dólares</b>	Banco Nacional de Costa Rica CR79 0151 2491 0020 0001 01 Scotiabank CR05 0123 0013 0016 0090 17





Atentamente,

Ing. Engelberth Aarón López Jiménez, MAIE

Director Comercial de ENERTEK SOLUTIONS

Plantas Eléctricas Costa Rica



(506) 8988-8851

[gerencia@enertekcr.com](mailto:gerencia@enertekcr.com)

### Notas Complementarias:

Nuestra empresa es Constructora Consultora Certificada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, y con el aval legal que nos respalda, ofrecemos a nuestros clientes los servicios de diseño de proyectos, asesoría y supervisión técnica, instalación civil y electromecánica de todos los productos y maquinaria que comercializamos, ofreciendo a su vez contratos de mantenimiento preventivo para sus equipos.

Los precios indicados están sujetos a la vigencia de la oferta, así como al inventario disponible (En caso de ser equipos de nuestro stock), o bien, a la confirmación final de fábrica (En caso de equipos de fabricación específica para nuestros clientes). Cualquier variación en el tipo de cambio, así como aumentos en los gastos de embarques, derechos de aduanas e impuestos, correrán por cuenta del comprador.

El precio cotizado se entiende en dólares estadounidenses, para entrega en nuestras instalaciones ubicadas en los cantones de San Carlos y cantón central de Heredia y no incluye el 13% de impuesto del valor agregado, mano de obra ni materiales de instalación, a no ser que se indique específicamente en la oferta.

La presente oferta fue elaborada en función de los requerimientos brindados por el cliente, el cual será responsable de corroborar que las especificaciones técnicas de lo ofertado se adapten fielmente a sus requerimientos, siendo que cualquier cambio deseado puede tramitarse dentro de la vigencia del presente documento, para modificación o adaptación de la cotización.

ENERTEK SOLUTIONS S.A. se exonera de cualquier responsabilidad en caso de entrega tardía parcial o total de lo pactado, de ser este atraso producto de motivos ajenos a nuestra empresa, tales como desastres naturales, atrasos en el envío por parte de las navieras o el fabricante, y/o retrasos aduanales al nacionalizar el equipo.



# Anexo 5. Referencia de costo Disyuntor

Interrupor termo-magnético

capris.cr/cr/schneider-mga36600-interruptor-termomagnetico-600a-3p-18ka-600v-i-line-ul-489-power-pact-m-488060.html

¡Eleva tus expectativas con nuestros Elevadores Automóviles! Potencia, precisión y seguridad elevadas a un nuevo nivel. ¡Sube con confianza hacia la excelencia en cada reparación! | Ver más

Encuentra en Capris. Mucho más que herramientas

CR | Español | Bienvenido | Iniciar sesión

Categorías | Promociones | **Medical Supplies** | Feria Automotriz

Mis listas | Vistos recientemente | Blog | WhatsApp | Email

Inicio | SCHNEIDER MGA36600 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 600A 3P 18KA 600V I-LINE UL 489 POWER PACT M

Recomendado Capris

SCHNEIDER  
**SCHNEIDER MGA36600  
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO  
600A 3P 18KA 600V I-LINE UL 489  
POWER PACT M**

Código: 488060 2 Unidades disponibles


**1 998 269,40**

1 Agregar al carrito

## Anexo 6. Referencia de costo módulo medición de variables eléctricas.

Interrupor termomagnético x MEDIDOR METSEPM560 CLASE 0.2S ( V I P KWH) x

distribui-live.sanastores.net/es-es/medidor-metsepm5560-clase-0-2s-v-i-p-kwh-entrada-0078834?returnurl=%2fes-es%2fsearch%3f%3dmodulo%2bde%2bmedicion%26count%3d150




Producto o n.º de artículo...

0 PRODUCTO(S)

CABLES/ACCESORIOS TUBERÍAS/ACCESORIOS DATA/CONTROL CENTROS DE CARGA/BREAKER TOMAS/APAGADORES ILUMINACIÓN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HERRAMIENTAS

Volver a la lista



**MEDIDOR METSEPM560 CLASE 0.2S ( V I P KWH) ENTRADA DE CORRIENTE 5 A COMUNICACION MODBUS TCP**

N.º de artículo: 0078834

0 comentarios | Escribir una revisión

Fotografías con fines ilustrativos

Vista previa de impresión

Precio **€1 104 747,00** Después de impuestos

Disponibilidad **(IVA incluido)**

Cantidad

**AÑADIR AL CARRITO**

Añadir a la lista de deseos  
Enviar a un amigo

Previsualizar producto

+ Pase el ratón para ampliar | Haga click para agrandar