

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN LA CULEBRA MUNICIPIO DEL ZULIA NORTE DE SANTANDER.

Autor: *Juan De Jesús Ravelo Contreras* COD: 23552117939
Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Programa Académico Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

Correo Autor: *jravelo56@uan.edu.co*
Director: *Ciro Antonio Carvajal Labastida*
Ingeniero Mecánico M. Sc.
Correo director: *ciro.carvajal@uan.edu.co*

Resumen: El trabajo de grado aborda una propuesta para el mejoramiento del sistema eléctrico de corriente alterna (AC), corriente continua (DC) y el grupo electrógeno de capacidad de 45 KVA como respaldo en caso de ausencia de tensión de la fuente principal. Debido a que no existe en la actualidad en la empresa una renovación del sistema eléctrico de servicios auxiliares a la fecha, se aporta la elaboración de una propuesta para dicha mejora del sistema.[1]

El método para el desarrollo de los objetivos se basó en el diagnóstico del estado actual del sistema de servicios auxiliares, de la subestación La Culebra de 34.5 kV/13.2 kV, se realizó una caracterización y se propone una actualización del sistema eléctrico de los servicios auxiliares.

Se registra el diagnóstico del sistema eléctrico existente, con la identificación de las deficiencias y limitaciones que se han encontrado. A partir de esta caracterización, se describen las mejoras necesarias para actualizar cada sistema. [1]

Los servicios auxiliares en AC, se propone la instalación de equipos más eficientes y confiables, tales como transformador de suministro de corriente alternan, interruptores y tableros de control, así mismo el sistema de corriente continua DC con sus componentes como lo son el rectificador de corriente continua y cargador de baterías.

Como resultado se registra garantizar la continuidad servicio y el respaldo en el momento de hacer las operaciones en la subestación.

PALABRAS CLAVE: transformador de servicios auxiliares, banco de baterías y grupo electrógeno.

Abstract

Summary: The degree work addresses a proposal for the improvement of the alternating current (AC), direct current (DC) electrical system and the 45 KVA capacity generating set as a backup in case of absence of voltage from the main source. Because there is currently no renewal of the electrical system of auxiliary services in the company to date, the preparation of a proposal for said improvement of the system is provided.

The method for developing the objectives was based on the diagnosis of the current state of the auxiliary services system, of the 34.5 kV/13.2 kV La Culebra substation, a characterization was carried out and an update of the electrical system of the auxiliary services is proposed.

The diagnosis of the existing electrical system is recorded, with the identification of the deficiencies and limitations that have been found. Based on this characterization, the improvements necessary to improve each system are described.

The auxiliary services in AC, the installation of more efficient and reliable equipment is proposed, such as alternating current supply transformer, switches and control boards, as well as the DC direct current system with its components such as the rectifier direct current and charger batteries.

As a result, it is recorded to guarantee service continuity and support when carrying out operations in the substation.

KEY WORDS: Auxiliary services transformed, battery bank and generator set.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El trabajo de grado se enfoca en la actualización del sistema eléctrico de servicios de corriente alterna (AC) y corriente continua (DC), así como en la incorporación de un grupo electrógeno, específicamente en complejo eléctrico La Culebra de 34.5 kV/13.2 kV tiene como finalidad mejorar la confiabilidad, eficiencia y seguridad del suministro eléctrico en dicha subestación. [1]

La subestación La Culebra desempeña un papel crucial en el suministro eléctrico del área de cobertura del municipio del Zulia en el Departamento de Norte de Santander donde Centrales eléctricas de Norte de Santander S.A. E.S.P es el operador de red y propietario de la subestación eléctrica., siendo responsable de receptor, transformar y distribuir la energía eléctrica proveniente de la red de transmisión a los diferentes usuarios finales. Sin embargo, para garantizar un suministro eléctrico confiable y de calidad, es necesario contar con un sistema de servicios auxiliares en AC y DC que respalde las operaciones de la subestación.

En la actualidad, la tecnología y las demandas de energía están en constante evolución, lo que implica la necesidad de actualizar los sistemas eléctricos existentes. Esto se aplica especialmente a los servicios auxiliares en AC y DC, que requieren de mejoras en el sistema, obteniendo así confiabilidad y seguridad de acuerdo con el marco normativo vigente aplicable al sector eléctrico colombiano. [1]

Por otro lado, la incorporación de un grupo electrógeno como fuente de respaldo se vuelve esencial para asegurar la prestación del servicio eléctrico en caso de ausencia de energía en la red principal. El grupo electrógeno actúa como una fuente de energía alternativa, permitiendo mantener las operaciones críticas de la subestación y minimizar los impactos de posibles interrupciones en el suministro eléctrico. [2]

En este contexto, el presente trabajo de grado tiene como objetivo principal llevar a cabo la actualización del sistema eléctrico en corriente AC y DC de la subestación La Culebra, así como la incorporación de un grupo electrógeno como respaldo. [3]

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El sistema eléctrico de corriente alterna (AC) y corriente continua (DC) del complejo eléctrico La Culebra de 34.5 kV/13.2 kV presenta deficiencias que afectan la confiabilidad, eficiencia y seguridad del suministro eléctrico. Estas deficiencias se manifiestan en problemas recurrentes como interrupciones en el suministro, fallos en los equipos de

servicios auxiliares y una falta de capacidad de respaldo en caso de emergencias.

El sistema eléctrico de servicios auxiliares desempeña un papel crucial en la operación de la subestación ya que aseguran el funcionamiento adecuado de la subestación. Estos equipos y sistemas incluyen sistemas de control, iluminación, ventilación, comunicaciones, protección y seguridad, entre otros.

Actualmente, el sistema de servicios auxiliares en AC y DC de la subestación La Culebra se basa en tecnologías y equipos obsoletos o poco confiables que han quedado rezagados frente a los avances tecnológicos y las nuevas demandas del servicio de energía. Esto conlleva a un mayor riesgo de fallos y dificultades en la gestión y mantenimiento del sistema.

Además, la subestación La Culebra no cuenta con una fuente de respaldo confiable ya que actualmente la energía de en corriente continua (DC) está compuesta por un sistema fotovoltaico el cual ha sido sujeto a hurtos y fallas de los componentes o equipos que componen el sistema de servicios auxiliares.

Ante este panorama, Es crucial enfrentar el problema y buscar posibles soluciones. que permitan actualizar el sistema eléctrico de servicios auxiliares en AC y DC de la subestación La Culebra, así como incorporar una fuente de respaldo confiable, como un grupo electrógeno.

En este sentido, es fundamental realizar un análisis de las necesidades y limitaciones del sistema actual, así como evaluar las diferentes alternativas tecnológicas y estratégicas disponibles para la actualización y mejora del sistema.

El planteamiento del problema se centra en la necesidad de actualizar el sistema eléctrico de servicios auxiliares en AC y DC del complejo eléctrico La Culebra de 34.5 kV/13.2 kV, así como incorporar un grupo electrógeno como fuente de respaldo confiable. Esto permitirá mejorar la confiabilidad, eficiencia y seguridad del suministro eléctrico en la subestación, brindando beneficios tanto a los usuarios finales como a las operaciones críticas que dependen de dicha infraestructura eléctrica. [4]

Figura 1. Subestación eléctrica la Culebra.



Fuente: Google Earth.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta para el mejoramiento del sistema eléctrico de servicios auxiliares de la subestación, la culebra, del municipio de la zulia Norte de Santander, de acuerdo con los manuales de servicio para mejorar su funcionamiento.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar el estado actual de equipos, cableado, sistemas de protección y control, del sistema eléctrico de servicios auxiliares mediante el levantamiento de información y características eléctricas definiendo las deficiencias, puntos críticos y limitaciones que afectan su desempeño actual.

Realizar una caracterización detallada del sistema de eléctrico de servicio auxiliares incluyendo transformador de servicios auxiliares, banco de baterías y grupo electrógeno que no existe y se propone mediante el estudio y cálculos de cargabilidad requeridos para el correcto funcionamiento del sistema de servicios auxiliares.

Elaborar la propuesta el mejoramiento del sistema eléctrico de servicios auxiliares en AC y DC como lo son el transformador de servicios auxiliares, banco de baterías y un grupo electrógeno como respaldo, asegurando su capacidad para mantener en operación los equipos críticos de la subestación durante interrupciones del servicio.

IV. DIAGNÓSTICO DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN LA CULEBRA.

Los problemas identificados, que incluyen daños en los paneles solares, conexiones corroídas y falta de mantenimiento, han dado lugar a una disminución significativa en la eficiencia y el rendimiento del sistema de servicios auxiliares. El estado de sistema eléctrico es esencial para asegurar que el suministro de energía sea confiable y eficaz en esta subestación. [1]

a. Sistema Fotovoltaico

Mal Estado del Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico, que utiliza paneles solares para alimentación de energía eléctrica, es una parte esencial de la infraestructura eléctrica de la Subestación La Culebra Norte de Santander. Sin embargo, se han identificado graves problemas en este componente crucial, lo que ha llevado a una disminución significativa de su eficiencia y rendimiento. [6]

Los paneles solares presentan daños evidentes, incluyendo roturas y áreas opacas:

1. Es evidente de deterioro en el sistema fotovoltaico es la presencia de paneles solares dañados. Los daños físicos, como roturas y áreas opacas en los paneles, no solo reducen la cantidad de energía que se puede captar, sino que también pueden afectar negativamente la integridad estructural de los paneles. Esto conlleva una disminución significativa en la capacidad de generación de energía del sistema.

2. Las conexiones entre los paneles y el sistema eléctrico están corroídas y sueltas:

Otro problema crucial radica en las conexiones eléctricas entre los paneles solares y el sistema eléctrico. Estas conexiones han sufrido daños por corrosión y se encuentran en un estado deplorable. La corrosión no solo reduce la eficiencia de la transmisión de energía, sino que también puede generar puntos calientes que representan un riesgo significativo de incendio. Además, las conexiones sueltas pueden provocar cortocircuitos y fallos en el sistema.

Figura 2. Sistema fotovoltaico sub. La Culebra.



Fuente: Archivo Personal.

3. La eficiencia del sistema fotovoltaico es significativamente menor que la capacidad nominal debido a la ausencia de mantenimiento y limpieza periódica

Se ha identificado es la falta de mantenimiento y limpieza regular del sistema fotovoltaico. La eficiencia de los paneles solares se ve afectada negativamente por la acumulación de suciedad, polvo y otros contaminantes en su superficie.[4] La falta de limpieza y mantenimiento adecuados ha llevado a una disminución significativa en la capacidad de generación de energía del sistema, lo que impacta directamente en la capacidad de la subestación para proporcionar energía de manera efectiva.

Figura 3. Inversor y baterías.



Fuente: archivo personal.

b. Estados conductores.

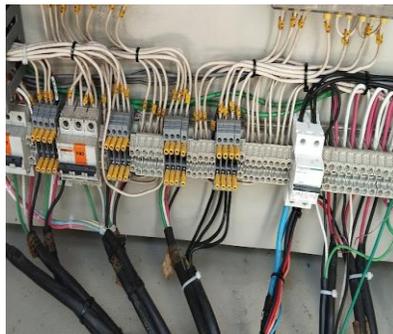
Los conductores eléctricos en la Subestación La Culebra Norte de Santander de acuerdo con el diagnóstico para la actualización del sistema eléctrico de servicios auxiliares. Los problemas identificados, que incluyen daños físicos notorios y valores fuera de los estándares de resistencia eléctrica aceptables, tienen un impacto directo en la eficiencia y la capacidad del sistema para transmitir energía de manera efectiva [5].

Los conductores eléctricos son las arterias del sistema eléctrico, transportando energía de un lugar a otro de manera eficiente y segura. Sin embargo, el diagnóstico revela un estado preocupante de los conductores en la Subestación La Culebra Norte de Santander. A continuación, se detallan los problemas identificados:

1. Los conductores eléctricos presentan daños físicos notorios, incluyendo cortes, abrasiones y corrosión:

Un problema evidente que afecta la integridad de los conductores es la presencia de daños físicos notorios. Cortes, abrasiones y corrosión son manifestaciones de un mantenimiento inadecuado o del uso prolongado sin atención. Estos daños pueden debilitar la estructura de los conductores y aumentar la resistencia eléctrica, lo que disminuye la eficiencia de la transmisión de energía. [9].

Figura 4. Estado de conductores.



Fuente: archivo personal.

2. Las pruebas de resistencia eléctrica revelan valores que no cumplen con los estándares aceptables:

El segundo problema crítico se relaciona con las pruebas de resistencia eléctrica de los conductores. Los resultados de estas pruebas indican valores que no cumplen con los estándares aceptables, lo que pone de manifiesto la necesidad urgente de reemplazar conductores defectuosos. [6] La resistencia eléctrica fuera de los límites especificados puede conducir a pérdidas significativas de energía y a la generación de calor excesivo.

3. Identificación de cables:

Uno de los problemas más evidentes es la ausencia total de identificación de cables en todo el sistema eléctrico. La falta de etiquetas o marcas que indiquen la función, la ubicación o la polaridad de los cables dificulta la identificación rápida y precisa de conexiones durante las operaciones de mantenimiento, reparación o resolución de problemas.

La identificación de estos puntos es esencial para garantizar una desconexión segura durante trabajos eléctricos, así como para la prevención de cortocircuitos y mal funcionamiento. La ausencia de marcas adecuadas aumenta el riesgo de accidentes y fallas eléctricas.

La falta de claridad sobre la función y la ubicación de los cables puede dificultar la resolución de problemas y el mantenimiento eficiente.

c. Dimensionamiento de cargas.

El dimensionamiento de cargas es un proceso que implica calcular la capacidad necesaria para satisfacer la demanda eléctrica actual y futura de un sistema. Sin embargo, en la Subestación La Culebra Norte de Santander, se han identificado problemas significativos relacionados con el dimensionamiento de cargas. [12]:

1. Carga Actual:

Uno de los problemas más críticos es que la carga eléctrica actual en la subestación supera considerablemente la capacidad de diseño original. Esto indica que el sistema se encuentra en una situación de sobrecarga constante, lo que puede generar problemas graves, como el sobrecalentamiento de equipos y la disminución de la eficiencia. Además, la sobrecarga crónica puede acortar la vida útil de los componentes eléctricos y aumentar el riesgo de fallas.

2. Falta de Previsión para el Crecimiento de Cargas Futuras:

Otro problema identificado es la falta de consideración para el crecimiento futuro de las cargas eléctricas. A medida que las demandas eléctricas cambian con el tiempo, es esencial prever y planificar para el aumento de la carga. La subestación no ha

adoptado un enfoque proactivo en este sentido, lo que significa que no está preparada para las necesidades futuras y corre el riesgo de quedarse obsoleta rápidamente.

3. Falta de Dispositivos de Protección Contra Sobrecarga:

Además, la subestación carece de dispositivos de protección adecuados contra sobrecargas. Estos dispositivos son esenciales para detectar y mitigar situaciones de sobrecarga, evitando daños a los equipos y garantizando la continuidad del suministro eléctrico. Su ausencia representa un riesgo significativo para la operación segura y eficiente del sistema.[11].

d. Tubos y canalizaciones.

Los tubos y canalizaciones son elementos cruciales para proteger y enrutar los cables eléctricos, asegurando su integridad y evitando daños físicos o ambientales. Sin embargo, en la Subestación La Culebra Norte de Santander, se han identificado problemas importantes relacionados con el estado de estos componentes [11].

1. Corrosión y Deterioro de Tuberías y Canalizaciones:

Un problema evidente es la presencia de corrosión y deterioro en las tuberías y canalizaciones utilizadas para el cableado eléctrico. La corrosión puede debilitar la integridad estructural de estos componentes, lo que aumenta el riesgo de fugas, infiltración de agua y daños a los cables eléctricos. El deterioro también puede obstaculizar la capacidad de mantener los cables de manera segura y ordenada [9].

2. Conexiones No Selladas Adecuadamente:

La falta de sellado adecuado en las conexiones de tubos y canalizaciones es otro problema crítico. Las conexiones inadecuadamente selladas pueden permitir la entrada de humedad, polvo y contaminantes en el sistema eléctrico, lo que puede causar cortocircuitos, aislamiento defectuoso y riesgos de seguridad.[11].

3. Aislamiento Insuficiente:

Además, se ha observado que el aislamiento en las tuberías y canalizaciones es insuficiente en varios puntos del sistema. El aislamiento adecuado es esencial para prevenir la propagación de incendios eléctricos y proteger a los trabajadores y al medio ambiente. La falta de aislamiento adecuado es una preocupación de seguridad importante [6].

Figura 5. Tubos y canalizaciones.



Fuente: archivo personal.

e. Equipos eléctricos y componentes del sistema en general.

El diagnóstico del Sistema Eléctrico de Servicios Auxiliares de la Subestación La Culebra Norte de Santander ha revelado problemas significativos relacionados con el estado de estos equipos. En este ensayo, se analizará la condición de los equipos eléctricos en la subestación y su impacto en la calidad, la seguridad y la eficiencia del suministro eléctrico.

1. Señales Visibles de Desgaste y Daño:

Uno de los problemas más notorios es la presencia de señales visibles de desgaste y daño en varios equipos eléctricos. Esto incluye el deterioro de recubrimientos, la corrosión en carcasas y conexiones, y el desgaste de componentes internos. Estas señales indican un mantenimiento insuficiente o la falta de inspección regular de los equipos.[8].

2. Equipos que no Funcionan de Manera Adecuada:

Además, se ha observado que algunos equipos eléctricos no funcionan de manera adecuada. Los relés y los interruptores pueden experimentar fallos en la operación, lo que aumenta el riesgo de interrupciones no planificadas en el suministro eléctrico. La operación defectuosa de estos equipos también puede generar peligros eléctricos.[7].

Figura 6. Componentes de potencia de la Subestación La Culebra.



Fuente: archivo personal.

V. CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS AUXILIARES

La elección del transformador de servicios auxiliares en la relación 13,800/220V es un proceso fundamental para asegurar el suministro eléctrico adecuado en la subestación. Esto implica realizar un cuadro de cargas detallado que incluye tanto los equipos en el patio como los ubicados en la sala de control y operación, especificando la potencia requerida para cada circuito. La Tabla 3. [13] proporciona una visión de la carga total en la subestación La Culebra. Ver anexo tabla 3.

Tabla1. Resumen de cargas.

Resumen de cargas generales			
Descripcion	Cantidad	Potencia	Total
Cargador de baterias	1	26550	26550
Tomas electricos	7	110	770
Aire Acondicionado	3	3200	9600
Calefacciones equipos	17	150	2550
TOTAL			39470

Fuente: Elaboración Propia.

Basándonos en la cargabilidad del complejo eléctrico especificada en la Tabla 3, se opta por seleccionar un transformador trifásico de 45 KVA con una relación de voltaje de 13800/208/120V y una conexión DYN5. Para satisfacer las necesidades del complejo eléctrico La Culebra en AC y DC, el cual debe cumplir con las características a continuación:

Tabla 2: Características del transformador.

Transformador	
Capacidad	45 Kva
conexión	DYN5
Z de cortocircuito	6%
Tension Primaria	13200 V
Tesnion secundaria	220/120 V
Frecuencia	60 Herz

Fuente: elaboración Propia

La carga de en AC y DC debe ser dimensionada de manera que el suministro de energía por el transformados debe suplir la necesidad en CA y de manera confiable. Esto implica definir las características técnicas necesarias y realizar cálculos precisos para asegurar que el suministro en CA del complejo eléctrico La Culebra 34,5/13,8 kV sea capaz de cumplir con los requisitos de carga y funcionamiento.[6].

Se instalará un panel de distribución de corriente alterna para atender la demanda de consumo eléctrico en la subestación La Culebra. Este panel estará equipado con interruptores automáticos (breakers) diseñados para proteger las cargas y los equipos de corriente alterna.

La fuente de alimentación del tablero será proporcionada desde los terminales de baja tensión del transformador seleccionado. Un totalizador se encargará de proteger la carga en su conjunto antes de distribuir la energía a través de un conjunto de barras de distribución. [15] Estas barras distribuirán la carga a diferentes circuitos, de acuerdo con la elección del transformador de servicios auxiliares.

El diseño del sistema eléctrico incluye descripciones detalladas de los circuitos y sus correspondientes dispositivos de protección. Las protecciones específicas para cada circuito se determinan de acuerdo con su función e importancia de circuito.

Para elegir los cables eléctricos de los que se llevarán a cabo cálculos detallados para garantizar el funcionamiento del sistema y evitar el sobredimensionamiento de conductores. Esto involucrará tener en cuenta factores de corrección y la capacidad de corriente que los cables puedan manejar para la transmisión de electricidad, además de minimizar la caída de tensión en el sistema.[2].

A. Cálculo de Conductores.

El cálculo de los conductores se basa en la capacidad de corriente se realiza teniendo en consideración varios factores importantes. En primer lugar, se toma en cuenta la corriente nominal requerida, así como la temperatura en estado de funcionamiento asegurando que la intensidad de corriente nominal no provoque un aumento excesivo de la temperatura.

Para determinar la sección del conductor adecuada, se han diseñado todas las cargas de acuerdo con el dimensionamiento del sistema, las cuales definen los circuitos necesarios para el funcionamiento del sistema eléctrico. Este cálculo es especialmente relevante para los componentes utilizados en los circuitos de corriente alterna y corriente continua como se detalla en el cuadro general de cargas.

La intensidad de corriente en circuitos monofásicos se obtiene mediante cálculos matemáticos utilizando la siguiente fórmula:

$$In = \frac{Pn}{Vn * fp} = \frac{Sn}{Vn}$$

Y en circuitos trifásicos se determina mediante cálculos matemáticos utilizando la siguiente fórmula:

$$In = \frac{Pn}{\sqrt{3} * Vn * fp} = \frac{Sn}{\sqrt{3} * Vn}$$

Donde:

In: intensidad de corriente(A).

Pn: Potencia activa (W).

Sn: Potencia aparente (VA).

Vn: Voltaje Nominal (V).

fp: factor de potencia.

Ver anexo Tabla 4. Características de tableros

Los cálculos de regulación aplican en la selección de conductores eléctricos y se refieren a la pérdida de voltaje que ocurre en el punto final de conexión desde su punto inicial de conexión del conductor transporta que corriente eléctrica. Esta pérdida se conoce como caída de tensión (%Reg.) y es la pérdida de tensión en el recorrido hasta uso final expresada en porcentaje. [15]

La caída de voltaje es esencial para el dimensionamiento de los conductores para garantizar el funcionamiento adecuado de las cargas conectadas y mantener una alta confiabilidad operativa. Esto asegura que los equipos conectados funcionen de manera eficiente y evita que operen con una tensión inferior a la requerida. [2]

Se establece que en la selección de los calibres de los conductores se debe realizar un cálculo de regulación no supere el 3% de acuerdo al marco normativo en circuitos esenciales, como los conductores de alimentación de cargas de iluminación o calefacción. Para los circuitos ramales o no esenciales, la regulación alejada no debe superar el 5%.

$$\% Reg = \frac{KLI(R\cos\theta + X\sen\theta)}{Vn} \times 100$$

Donde:

% Reg.: Caída de tensión por circuito.

K: constante la cual es 2 circuitos monofásicos y $\sqrt{3}$ circuitos trifásicos.

cos θ : FP del circuito.

R: R de los cables conductores expresados en Ω /km.

X: reactancia de los cables conductores expresados en Ω /km.

L: distancia del circuito desde punto de conexión hasta la carga, expresado en kilómetros.

I: Intensidad de corriente del circuito expresada en A.

Vn: Tensión nominal del circuito expresado en voltios.

Las características técnicas de los tableros propuestos son las siguientes:

Tablero +NG1:

- Configuración: Trifásico (3F)
- Altura de Montaje: 5 Horas (5H)
- Voltaje: 120/208V
- Capacidad de Cortocircuito: 11 KA
- Grado de Protección: IP65
- Barraje Incluido
- Totalizador de Carga
- Número de Circuitos de acuerdo con las al diseño propuesto.
- Método de fijación: Sobrepuesto auto soportado al suelo un espacio de 5 cm.

Tablero +T01:

- Configuración: Trifásico (3F)
- Altura de Montaje: 5 Horas (5H)
- Voltaje: 208/120V
- Capacidad de Cortocircuito: 10 KA
- Grado de Protección: IP65
- Espacio Diseñado para Totalizador con Capacidad para 12 Circuitos.

En la metodología utilizada para la selección de los Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS), se determina su necesidad en función la carga del tablero general y del transformador de alimentación como fuente principal. La instalación de estos DPS se llevará a cabo en baja tensión (BT).[17]

La selección del modo de protección se basa en la ubicación de los DPS conectada antes de la carga en el tablero de distribución principal. Esta conexión de los dispositivos para sobretensiones se ajusta a un sistema de configuración conocido como TN-C. En este sistema, los dispositivos para la protección contra sobretensiones se instalan en cada fase y en el punto de tierra-neutro (PEN). La configuración específica utilizada es TN-C-S, lo que significa que esta configuración es importante para garantizar una protección eficiente contra sobretensiones en la instalación eléctrica [9].

Ver anexo tabla 5. DPS

VI. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA EN CORRIENTE CONTINUA.

Para seleccionar el banco de baterías con una autonomía de 12 horas para alimentar los circuitos de control requeridos en la subestación para su operación en casos de fallas del sistema de corriente alterna, que operan a una tensión comprendida entre de 120 y 132 VDC.

El banco de baterías seleccionado deberá ser capaz de proporcionar energía durante un período continuo de 12 horas antes de que se agoten completamente, asegurando así la operación de la subestación, además, se deben cumplir con las normas establecidas para servicios auxiliares con el fin de garantizar la calidad y la confiabilidad de la fuente de alimentación de respaldo [14].

Ver anexo Tabla 6. Circuitos en corriente continua.

La selección del banco en corriente continua en función de los circuitos de la tabla 6., es necesario categorizar las cargas según su tipo y duración. En este caso, se deben considerar tres categorías principales de cargas:

Cargas Momentáneas de 1 Minuto: Estas son cargas que tienen una duración muy corta y alta potencia durante un período de 1 minuto. Son cargas que requieren una cantidad significativa de energía de respaldo durante un corto período de tiempo. Ejemplos de tales cargas pueden incluir arranques de motores eléctricos o picos de carga momentáneos en equipos de control. [18] Debe calcularse la capacidad de la batería para soportar estas cargas momentáneas.

Cargas Continuas de 12 Horas: Estas son cargas que operan de manera continua durante un período prolongado de 12 horas. Estas cargas requieren una fuente de alimentación constante durante todo el tiempo especificado. Esto puede incluir la alimentación de equipos de monitoreo y control que deben funcionar sin interrupciones [19].

Cargas Momentáneas de 10 Minutos: Estas son cargas que experimentan un pico de demanda durante un período de 10 minutos. Aunque su duración es más larga que las cargas momentáneas de 1 minuto aún son de corta duración en comparación con las cargas continuas. Se requiere una capacidad de batería que pueda proporcionar energía adicional durante estos picos de demanda.[4].

Una vez que las cargas se hayan categorizado según su duración y tipo, se pueden realizar cálculos específicos para determinar la capacidad del banco de baterías necesario para satisfacer las necesidades de energía de cada categoría de carga. Estos cálculos deben tener en cuenta la potencia requerida y el tiempo de funcionamiento para cada tipo de carga. El resultado será el tamaño adecuado del banco de

baterías que garantizará la autonomía de 12 horas y proporcionará la energía necesaria para las diferentes cargas en la subestación.

Cargas 1 minuto:

Interruptor 34.5 KV	A:4
Interruptor 13.8 kV	A:4
Total:	8

Carga 12 horas

Tablero 34.5 KV	0.90 Amp
Tablero transformador	2.0 Amp
Tablero 13.2	1 Amp
Iluminación	2.0 Amp
Reconectores	1.6 Amp
TOTAL [A]	7.5

Cargas 10 Minutos

Motor 1. 34.5KV	7.1 Amp
Motor 2 13.2 KV	7.1 Amp
Seccionador 1 34.5 KV	1 Amp
Seccionador 2 12.2 KV	1 Amp
TOTAL [A]	16.2

Es esencial definir los ciclos de descarga. Los ciclos de descarga se refieren a la autonomía del banco dependiendo de los elementos que se accionen durante la operación del banco de baterías y la duración de esa extracción. En este caso, los ciclos de descarga se pueden dividir en tres categorías según las cargas mencionadas previamente:

Cargas Momentáneas de 1 Minuto: Estos ciclos de descarga son de corta duración, generalmente alrededor de 1 minuto o menos. Durante estos ciclos, la batería debe suministrar suficiente energía para respaldar las cargas momentáneas de alta potencia. El cálculo debe considerar la cantidad de energía requerida durante este corto período de tiempo y la capacidad de la batería para proporcionarla.

Cargas Momentáneas de 10 Minutos: Estos ciclos de descarga son de duración moderada, alrededor de 10 minutos. Durante estos ciclos, la batería debe ser capaz de suministrar energía adicional para respaldar las cargas momentáneas. Se debe calcular la cantidad de energía requerida y la capacidad de la batería para satisfacer estas demandas durante el período de 10 minutos.

Cargas Continuas de 12 Horas: Estos ciclos de descarga son de larga duración, ya que las cargas deben ser respaldadas de manera continua durante 12 horas el cálculo.[9]

Una vez que se hayan definido estos ciclos de descarga, se pueden realizar cálculos específicos para determinar la capacidad total del banco de baterías y la autonomía, asegurando que la batería pueda suministrar la energía necesaria para cada tipo de carga durante el tiempo especificado sin agotarse por completo. Esto garantizará un funcionamiento confiable y continuo de los equipos en la subestación.[15].

Ver anexo figura 7. Ciclos de descarga.

VII. CAPACIDAD BANCO DE BATERÍAS.

Para el cálculo del banco de baterías tenemos la ecuación:

$$C = k_1 I_1 + (k_2 (I_2 - I_1) + k_3 (I_2 - I_3))$$

Donde:

C: Descarga del banco de baterías [A -h]

K: Constante del ciclo.

I: Intensidad de corriente.

Tabla 7. Constantes de cada ciclo.

Tiempo de ciclo	Constante de ciclo	Valor constante K
720 min.	K1	11
719 min.	K2	11
10 min.	K3	1.12

Fuente: IEEE 485.

Tabla 8. Ciclo de carga.

Ciclo	Periodo	Corriente del periodo
A(1)	$IA = I_{1min} + I_{10}$ minutos	23.5
B(2)	$IB = I_{B 10 minutos}$	15.5
C(3)	$IC = I_B + I_C$	21.5

Fuente: Elaboración Propia.

Capacidad se define (en Ah) = Energía requerida (en Wh) / Tensión Nominal de la Batería (en V)

Donde:

Energía requerida (en Wh) es la cantidad total de energía que se necesita respaldar durante el período de autonomía deseado. Esta energía se calcula sumando las demandas de todas las cargas durante el tiempo especificado, teniendo en cuenta los ciclos de descarga definidos.

Tensión Nominal de la Batería (en V) es la tensión a la que operan las baterías seleccionadas. En este caso, mencionaste que es de 125 VDC.

Utilizando esta expresión y los valores calculados para la energía requerida y la tensión, puedes determinar la capacidad del banco de baterías necesario para respaldar las cargas en la subestación durante el período de autonomía deseado. Esto garantizará autonomía para la operación de energía de las cargas momentáneas de 1 minuto, 10 minutos y las cargas continuas de 12 horas.

A Capacidad del banco de baterías

El cálculo inicial es de 54.35 A-H. Sin embargo, es una buena práctica dimensionar el banco de baterías con un margen de seguridad para tener en cuenta factores como el envejecimiento de las baterías y la posibilidad de futuras ampliaciones.[19].

Se debe sobredimensionar un 25 % por uso y un 10 % para considerar posibles expansiones futuras. Esto da como resultado 74.72 A-H seleccionando así un banco de 80 A-H, lo que proporciona un margen adicional para garantizar un funcionamiento confiable a lo largo del tiempo y para acomodar posibles aumentos en las cargas.[8].

Se asegura que se cumplan las necesidades de respaldo de energía de la subestación La Culebra, incluso teniendo en cuenta los factores de envejecimiento de las baterías y posibles expansiones futuras. Es importante tener un margen para mantener la confiabilidad del sistema.

Para la selección del banco de baterías con las especificaciones mencionadas, se definen las siguientes características:

- Tipo de Baterías: Tipo gel.
- Tensión N (Vn): 127 Vcc.
- Tensión Máx (Vm): 142Vcc + 12%
- Tensión Mfn. (Vmin.): 112 - 12%)
- Tensión de operación (Vc): 2.39 Voltios de cada celda.
- Voltaje en Estado de Flotación: 2.17 Voltios por celda.

VIII. CANTIDAD DE BATERÍAS O CELDAS.

Para la cantidad de celdas que componen el banco de baterías tenemos:

$$N \text{ de celdas} = \frac{V_m}{V_c} = \frac{142}{2.39} = 59.41$$

Donde:

V_m : Voltaje Máximo.

V_c : Voltaje de carga.

La cantidad de celdas calculadas son 59.41 celdas. Dado que no puedes tener una fracción de una celda, redondear al número entero más cercano es necesario. En este caso, se ha redondeado a 60 celdas de 2 V cada una, según la disponibilidad de celdas estándar proporcionadas por el fabricante. Esto asegura que se tenga suficiente capacidad y voltaje para respaldar las necesidades de la subestación de manera efectiva.[7]

El cálculo realizado para determinar el voltaje final entregado por cada celda es el siguiente:

$$V_{pc} = \frac{V_{min}}{N \text{ de celdas}} = \frac{112}{60} = 1.86V$$

Sin embargo, teniendo en cuenta las características proporcionadas por el fabricante y considerando valores comerciales disponibles, se calcula una entrega de tensión mínima de cada celda de 1.86 V. Esto asegura que las celdas seleccionadas cumplan con los requisitos de voltaje mínimo y proporcionan un margen adicional de seguridad y rendimiento.

La selección de la capacidad del cargador de baterías se realiza mediante la siguiente formula:

$$A = L + \frac{1.1 * C}{H}$$

Donde:

A: Capacidad de carga del cargador de baterías (A)

L: Carga de corriente continua (A)

C: Capacidad de descarga del banco de baterías en amperios-hora (A-H)

H: Es el tiempo de recarga de la batería y es aproximadamente un 95% de la capacidad en horas.

$$A = 6 + \frac{1.1 * 74.72}{12} = 12.84 A$$

El cargador de baterías que se elige de acuerdo con el resultado de 12.84A, ya que se encuentra fácilmente disponible en el mercado. Optar por un cargador de 15 A de capacidad para asegurar que puedas adquirir un componente estándar y confiable para tu sistema de respaldo de energía en la subestación. Además, al utilizar una capacidad mínima adecuada, te aseguras de que el proceso de carga de las baterías sea eficiente y cumpla con los requisitos operativos del proyecto.

IX. GRUPO ELECTRÓGENO.

se refiere a un generador eléctrico que se utiliza como respaldo en caso de que falle la fuente principal de energía, como la red eléctrica. En este caso, se ha determinado que en la subestación "La Culebra" se utilizará un grupo electrógeno de 45 KVA con motor de combustión diésel como planta de emergencia.[13]

Capacidad: La planta de emergencia tiene una capacidad de 45 KVA, lo que significa que puede suministrar hasta 45 kilovatios de potencia aparente a las cargas conectadas.

Combustible: Utiliza combustible diésel como fuente de energía para operar su motor. El diésel es una opción común para generadores de emergencia debido a su disponibilidad y durabilidad.[3]

Cargas esenciales: Se menciona que todos los circuitos se consideran cargas esenciales. Esto significa que todos los dispositivos y equipos conectados a estos circuitos son críticos y deben tener energía de respaldo en caso de un corte de energía.

Tabla 9. Características de grupo electrógeno.

MARCA	YORKING
MODELO	Y4105D
POTENCIA	45 KVA
VOLTAJE	127/220 V
CORRIENTE	115 AMP
NUMERO DE FASES	TRIFASICA
FRECUENCIA	60 HZ
VELOCIDAD DE ROTACION	1800 rpm
COMBUSTIBLE	DIESEL
SISTEMA DE REFRIGERACION	AGUA
TIPO DE ACEITE	15W - 40
SISTEMA DE ARRANQUE	ELECTRICO
TABLERO	SMARTGEN 4020N
GENERADOR	Y184H
FABRICADO EN	MADE IN CHINA

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Grupo electrógeno.



Fuente: elaboración propia.

X. PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARLES EN CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA.

A. Conductores eléctricos:

El diagnóstico detallado del sistema eléctrico ha revelado deficiencias en los conductores actuales, como el deterioro por desgaste, la corrosión u otros problemas que afectan la eficiencia y la seguridad del sistema.

Al realizar cálculos precisos y detallados para determinar la capacidad de carga óptima de los nuevos conductores, se garantizará una distribución eficiente de la electricidad, minimizando las pérdidas de energía y permitiendo un mejor funcionamiento general del sistema.

Al cambiar los conductores según los cálculos y especificaciones adecuados, se mejorará la seguridad del sistema eléctrico al reducir el riesgo de fallas y cortocircuitos, lo que garantizará un suministro eléctrico más confiable y estable.

Los nuevos conductores, calculados para cumplir con las demandas de carga de manera eficiente, pueden contribuir a una mejor eficiencia energética en el sistema en general, lo que resultará en ahorros significativos a largo plazo en términos de costos operativos y de mantenimiento.[15]

B. Sistema de respaldo.

El sistema de respaldo actual basado en paneles solares puede ser insuficiente para garantizar un suministro constante y fiable, especialmente durante condiciones climáticas desfavorables o en situaciones de emergencia. El uso de un grupo electrógeno de 45 KVA como respaldo proporcionará una fuente de energía más confiable y estable en caso de interrupciones imprevistas, adicionalmente permitirá una rápida respuesta ante cortes de energía, lo que garantizará la continuidad de las operaciones críticas y evitará pérdidas significativas en caso de apagones prolongados.[13]

Al reemplazar el sistema de respaldo actual con un grupo electrógeno, se reducirá el riesgo de interrupciones prolongadas en el suministro de energía, lo que es crucial para preservar la seguridad y la integridad de los equipos.

C. Tablero general de distribución en AC y DC

El cambio del tablero general de distribución permitirá una distribución más eficiente de la corriente alterna y corriente continua, lo que mejorará la gestión de la energía en la subestación y garantizará un suministro equitativo y estable a todas las cargas.[6]

Un tablero de distribución actualizado asegurará que el sistema eléctrico cumpla con los estándares y normativas actuales, lo que es crucial para mantener la integridad del sistema y evitar problemas de seguridad y cumplimiento.

El cambio del tablero de distribución permitirá la implementación de tecnologías más avanzadas de protección y control, lo que contribuirá a mejorar la seguridad del sistema eléctrico en su conjunto y minimizará el riesgo de daños a los equipos y personas. Aunque el reemplazo inicial del tablero de distribución puede implicar un gasto adicional, este cambio puede resultar en ahorros a largo plazo al disminuir los costos de mantenimiento y reparación asociados con un sistema obsoleto y menos eficiente.

El tablero de distribución actualizado ofrecerá más flexibilidad para futuras expansiones y modificaciones del

sistema eléctrico, lo que permitirá adaptarse de manera más efectiva a las demandas cambiantes de la subestación a lo largo del tiempo.[8]

Se debe implementar banco de baterías y cargador de baterías para los circuitos que requieren DC para la operación y supervisión de la subestación.

D. Banco de baterías.

La implementación de un banco de baterías y un cargador de baterías garantizará un suministro constante de energía para los circuitos que dependen de corriente continua, además servirá como respaldo en situaciones de emergencia o cortes de energía, asegurando la continuidad de las operaciones y la supervisión de la subestación incluso en circunstancias adversas.

Al implementar un banco de baterías y un cargador de baterías de acuerdo con los cálculos dimensionados, se garantiza un rendimiento óptimo del sistema de corriente continua, asegurando los requisitos de capacidad de corriente continua necesarios para operaciones críticas y de supervisión, lo que es esencial para mantener la integridad y la eficiencia del sistema.[17]

Figura 9. Banco de baterías.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. características de banco de baterías.

MARCA	RITAR POWER
MODELO	0PZV2- 100
VOLTAJE BATERIA	2 VDC
TENSION NOMINAL BANCO	132 VDC
CAPACIDAD NOMINAL A-h	100 AMP
TIEMPO DE DESCARGA	12 HORAS
TIPO DE ESTRUCTURA	GEL
FABRICADO EN	CHINA

Fuente: Elaboración propia.

XI. CONCLUSIONES

Puse a prueba mis conocimientos adquiridos en la parte electiva de la universidad junto a mi gran experiencia en los tres años de trabajo en servicio de la empresa para concluir este trabajo de grado como requisito para obtener el título de tecnólogo de mantenimiento electromecánico industrial.

Al ver la necesidad de tener un sistema de servicios auxiliares más seguros y confiable para mantener el buen funcionamiento de la subestación eléctrica se planteó diferentes propuestas que permitiera mejorar la continuidad del servicio.

Se diagnostico el sistema actual y se realizó un análisis del sistema eléctrico de servicios auxiliares de la Subestación La Culebra, evaluando su capacidad para satisfacer tanto las demandas actuales como las futuras. Este análisis reveló deficiencias, puntos críticos y limitaciones que estaban afectando negativamente su rendimiento actual.

Como resultado de la evaluación detallada, se caracterizó un sistema eléctrico de servicios auxiliares mejorado. Se incluyó la elaboración de algunos cálculos de cargabilidad necesarios para garantizar el funcionamiento seguro del sistema de control, medición y protección de la subestación.[9]

Para respaldar la energía se encontraron componentes para el sistema de respaldo de corriente alterna y continua como alternativa con grupo electrógeno y un banco de baterías, asegurando que tuvieran la capacidad requerida para mantener en operación los equipos críticos de la subestación durante interrupciones en el suministro eléctrico.[16]

XII. RECOMENDACIONES.

Se sugiere que a esta propuesta para el mejoramiento de los servicios auxiliares de AC y DC se ejecutase con el fin de mejorar el sistema actual y se pueda tener una confiabilidad y seguridad de sistema eléctrico.

Se recomienda utilizar materiales que cumplan con los estándares de calidad y eficacia con el fin de brindar seguridad en los equipos de la subestación.

XIII. AGRADECIMIENTOS.

Agradecido primeramente con DIOS mi creador y salvador Jesucristo, por el conocimiento adquirido que me ha regalado por medio de los docentes de la Universidad Antonio Nariño.

Agradecido con mi esposa e hijos por la paciencia que tuvieron mientras dedicaba tiempo en mis estudios universitarios.

XIV. REFERENCIAS

- [1] O. A. Giraldo y J. P. Bejarano, Servicios auxiliares de corriente continua para la subestacion La Escala, cali: Universidad Autonoma del Occidente, 1991.
- [2] norma tecnica colombiana, codigo electrico colombiano, bogota: incontec, 2018.
- [3] J. T. Montecello, Subestaciones Electricas, paraninfo, 2015.
- [4] Rodríguez Rueda, Vanesa;, «Rodríguez Rueda, Vannesa. Propuestas de alternativas lineales con el fin de identificar una ruta óptima para el suministro de energía desde el municipio de Medellín hasta el municipio de Marmato en los departamentos de Antioquia y Caldas.» Antioquia, Caldas, 2020.
- [5] ministerio de minas y energia, reglamento tecnico de instalaciones electricas, santafe de bogota, 2015.
- [6] l. ibarra, propuersta de na metodologia que permita asociar al plan de mantenimiento de la subestacion la insula de la empresa centrales electricas de niorte de dantandes, cucuta: tesis de grado, 2018.
- [7] ministerio de minas y energia, «reglamento tecnico de iluminacion y alumbrado,» de retilap, santafe de bogota, 2017.
- [8] c. n. d. operacion, «acuerdo cno 518,» concejo nacional de operacion, bogota, 2020.
- [9] v. p. g. r. f. g y g. m, «ensayos de emision acústica en prototipo de extensión aislante para montar en grúa,» citted, concordia, entre rios, argentina, 2021.
- [10] m. d. trabajo, «resolocion 4272,» bogota, 20201.
- [11] Alcántar, P. Subestaciones Eléctricas, Tecnológico Nacional de México, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Secretaria de Educación Pública.
- [12] Art.P. 2020 Fundamentos de los transformadores de Aislamiento y como seleccionarlos y utilizarlos, publicado por Digi-Key Electronics.
- [13] Artech, Transformadores de Tensión inductivos, Aislamiento Papel- Aceite- Aislamiento gas.
- [14] Artech, Transformadores de Alta Tensión Capacitivos y Condensadores de Acoplamiento.
- [15] Boris, A. Orestes A. Desempeño de modelos de Pararrayos de óxido metálico frente a impulsos de corriente, Ingeniería Energética. Scielo.
- [16] Código Nacional Eléctrico “NEC” (National Electrical Code) en la sección 215.2 Pág.98
- [17] Comité de Estudios de Subestaciones e Instalaciones Eléctricas, conversatorio virtual, Introducción a las subestaciones encapsuladas aisladas en SF. Colombia. Publicado por HMV. Impulsando el Desarrollo.
- [18] Configuración de Subestaciones Eléctricas, INCONTEC, XM S.A. E.S.P.
- [19] Clasificación de Subestaciones Eléctricas, conceptualización y diferencias.

ANEXOS

Tabla 3. Cuadro de cargas.

CUADRO DE CARGA GENERAL SUBESTACION													
CIRCUITO	DESCRIPCION	POTENCIA		FASES				FP	POTENCIA	CORRIENTE (Amp.)	COND. THHN	DUCTO (pulg)	PROTEC (Amp.)
		150	275	Parcial	R	S	T		VA				
4,5,6	Fuente rectificadora			26,650	8,883	8,883	8,883	0.9	29,611.11	77.80	2	2	3X80
7,8	iluminación patio		4	1,100	550	825		0.9	1,222.22	5.56	12	3/4	2 X 20
8,9	Iluminacion equipos 34.5kv		3	825	500		500	0.9	916.67	4.17	10	3/4	2X 20
10,11	Iluminacion equipos 13.2kv		3	825		250	250	0.9	916.67	4.17	10	3/4	2 X 10
3	Iluminacion salas (control planta y baterias)		6	1,650	480			0.9	1,941.18	8.82	12	1	1X 10
2,3	tablero Ramal 1			1,500		750	750	0.9	1,764.71	8.02	8	1	2X 40
18	Extratores banco y planta			200	100	100		0.9	235.29	0.62	12	1	1 X 10
12,13	A.A 1			2,500		1,250	1,250	0.9	2,941.18	13.37	10	1	2 X 20
14,15	A.A 2			2,500	1,758	1,758		0.9	2,941.18	13.37	10	1	2x20
15	control secc 34.5 Barra			125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
19	control INT.5 Barra			125	125			0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
21	control secc 34.5 linea			125		125		0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
22	Alimentacion tablero 34.5 tranfo			230			230	0.9	270.59	2.31	12	2	1x10
23	alimentacion tablero bahia de linea			125	125			0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
25	alimentacion tablero bahia 13.2			125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
26	control secc 13.2 Barra			125	125			0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
28	control INT.13.2 Barra			125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
31	control secc 13.2 linea			125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
34	alimentacion control reconectador 1			125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
35	alimentacion alimentacion reconectador 2			125	125			0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
37				125			125	0.9	147.06	1.26	12	2	1x10
24-26-27-32-36	RESERVAS			200				0.9	235.29	2.01	12	2	1x10
TAC1	TOTALES		16	39,555	12,771	13,941	12,613	1	44,614	117.22	1/0	2	3 X 150

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Características de tableros.

Tablero de servicios auxiliares			
Voltaje de aislamiento	1000-V en corriente alterna	FRECUENCIA	60 Hertz
voltaje de operación	220/208 V en corriente alterna y 132 2n corriente continua	Voltaje requerido para control y transferencia	132 en corriente continua
Tensión IMPULSO	6 kilovoltios	Voltaje de resistencias	120 V
Intensidad de corriente nominal	AC:150 A/DC:10A Corriente alterna 200 Amp y corriente continua 20 Amp	FASES	R S T
Intensidad de corriente de corto	11 Kiloamperios	Cantidad de conductores	corriente alterna 5, corriente continua 3
MECANICAS			
Índice de protección		IP 65	
COLOR		RAIL 7032	
TIPO DE MONTAJE		AUTOSOPORTADO	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. DPS

DPS conectado entre	Configuración del sistema en el punto de instalación del DPS							
	TT		TN-C	TN-S		IT con neutro distribuido		IT sin neutro distribuido
Cada fase y neutro	+	•	NA	+	•	+	•	NA
Cada fase y tierra (PE)	•	NA	NA	•	NA	•	NA	•
Neutro y tierra (PE)	•	•	NA	•	•	•	•	NA
Cada fase y tierra neutro (PEN)	NA	NA	•	NA	NA	NA	NA	NA
Entre fases	+	+	+		+	+	+	+
•: requerido	Nota: cuando las distancias entre el DPS y el punto de equipotencialización PE-N es corta (menor a 10m) no se requiere DPS entre PEN.							
NA: No aplica								
+: opcional								
CT: tipo de conexión								

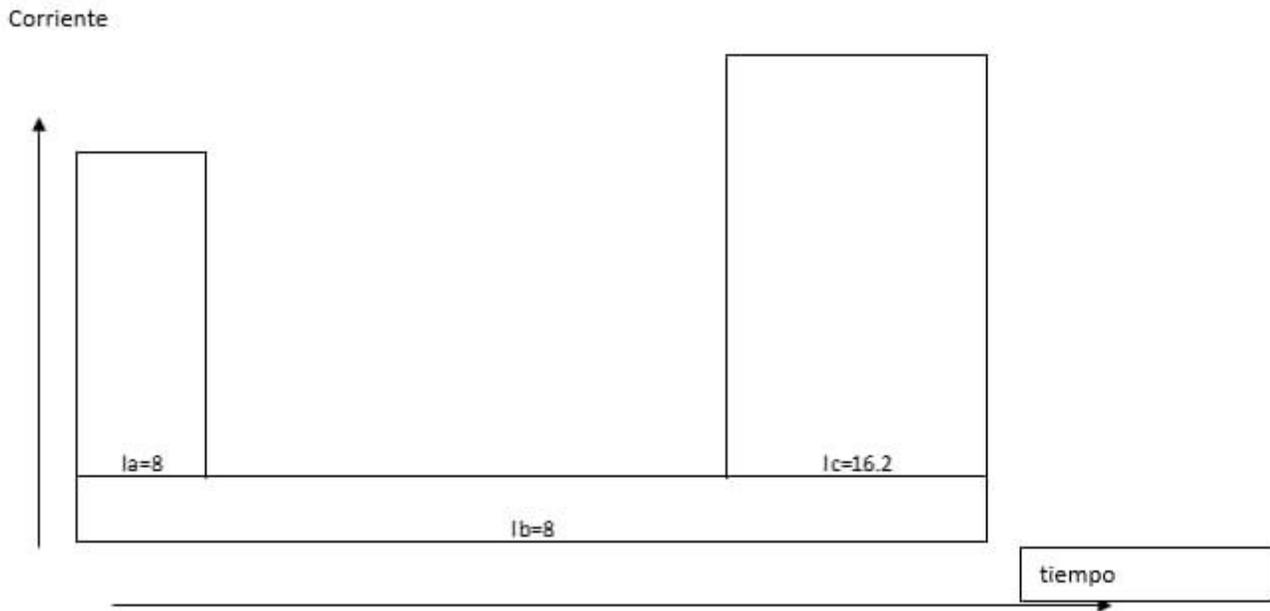
Fuente: <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contra-sobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Parametros-de-proteccion-segun-IEC>

Tabla 6. Circuitos en corriente continua.

Numero de CTO	CANTIDAD	POTENCIA ACTIVA [W]	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	1	190	12A	TABLERO TRANSFORMADOR
2	1	520	12A	INTERRUPTOR 34.5 KV
3	1	110	12A	SECCIONADOR DE BARRA 34.4
4	1	110	10A	SECCIONADOR DE TRANSFORMADOR 34.5 KV
5	1	110	10A	SECCIONADOR TRANSFORMADOR 13,8 KV
6	1	110	10A	INTERRUPTOR 13.2KV
7	1	110	12A	TABLERO 34.5 KV
8	1	150	12A	TRABLERO 13,2 KV
9	1	160	12A	TABLERO DE MEDIDA
10	3	180	12A	RECONECTADORES
11	1	110	10A	SECCIONADOR LINEA TRANSFORMADOR 13.2 KV
12	1	250	12A	RAC DE COMUNICACIÓN
		2110	20A	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7. Ciclos de descarga.



Fuente: Elaboración propia.

