

PRUEBAS A EQUIPOS SECCIONADORES EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

*Autores: Junior Pedrozo Carrillo
Cod: 23551911547
e-mail jpedrozo95@uan.edu.co*

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial
Universidad Antonio Nariño
Sede Cúcuta*

*Director
MSc Ingeniero Mecánico CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA
Ciro.carvajal@uan.edu.co*

RESUMEN: El trabajo de grado tiene como finalidad diseñar los protocolos que se aplican en una subestación para realizar las pruebas necesarias a seccionadores, las cuales se pueden efectuar en la puesta en marcha o para la verificación del estado de funcionamiento actual.

Los protocolos establecen los procedimientos y análisis sobre cómo se deben realizar las pruebas necesarias a seccionadores en subestaciones eléctricas, de acuerdo con las normas internacionales, nacionales y recomendaciones dadas por el fabricante.

Como entrenamiento para técnicos, tecnólogos e ingenieros que operan en subestaciones eléctricas, este documento de protocolos de pruebas eléctricas en equipos de subestaciones presenta información sobre seccionadores, DPS o equipo de protección a sobretensiones, se explica su funcionamiento y los diferentes tipos que existen en el mercado. Se especifican los pasos a seguir durante el proceso, además de cómo deben realizarse y cuáles son los equipos adecuados para realizar este tipo de pruebas. Así mismo, se presentan las diferentes pruebas que deben ser realizadas de acuerdo con el protocolo de subestaciones eléctricas, basado en la normativa de CFE (Comisión Federal de Electricidad).

Estas pruebas van precedidas de instructivos de normas de seguridad, equipos y herramientas utilizadas; finalmente los protocolos quedarán en memorias físicas y digitales donde los estudiantes de Ingeniería y Tecnología de Electromecánica pueden realizar un entrenamiento teórico para adquirir las competencias necesarias para realizar este tipo de trabajos en subestaciones eléctricas.

PALABRAS CLAVE: Pértiga, DPS, aislamiento, seccionador, subestación eléctrica, protocolo.

ABSTRACT: The purpose of the degree work is to design the protocols that are applied in a substation to carry out the necessary tests to disconnectors, which can be carried out at start-up or to verify the current operating status.

The protocols establish the procedures and analysis on how the necessary tests should be carried out on disconnectors in electrical substations, in accordance with the International and National standards and recommendations given by the manufacturer. As training for technicians, technologists and engineers who operate in electrical substations, this document of electrical test protocols in substation equipment presents information on disconnectors, SPDs or surge

protection equipment, its operation and the different types that exist in the market are explained. . The steps to be followed during the process are specified, as well as how they should be carried out and what are the appropriate equipment to carry out this type of tests. Likewise, the different tests that must be carried out in accordance with the electrical substation protocol, based on the CFE (Federal Electricity Commission) regulations, are presented.

These tests are preceded by instructions on safety standards, equipment and tools used; Finally, the protocols will remain in physical and digital memories where Electromechanical Engineering and Technology students can carry out theoretical training to acquire the necessary skills to carry out this type of work in electrical substations.

KEY WORDS: Pole, SPD, isolation, disconnecter, electrical substation, protocol.

INTRODUCCIÓN

El proceso de generación de energía eléctrica es el primer paso en la red general desde la central hasta el usuario final; la segunda etapa es la transformación y su transporte. A través de todo este proceso para llegar al consumidor final, es transportada por un circuito a través de cables conductores, con nodos o subestaciones con equipos eléctricos operados electrónicamente dentro de un sistema de distribución, supervisado y manejado por personal con el conocimiento y las capacidades para tal labor.

La importancia que tiene la energía eléctrica como insumo vital para el país como fuente principal para mejorar económicamente el desarrollo de industrias, comercios y el bienestar cotidiano de la población colombiana.

En lo que respecta al departamento Norte de Santander, empresas como Termotasajero que

es generadora de energía y desde su centro de producción, se inicia el proceso de distribución, requiriendo subestaciones que para su funcionamiento y puesta en marcha depende de una serie de protocolos de pruebas necesarias para realizar la comprobación de su perfecto funcionamiento. Este proceso se realiza mediante la implementación de talleres especializados donde se cuenta con equipos y personal idóneo para realizar pruebas a transformadores, revisión de tierras, estructuras, aisladores eléctricos, cortacircuitos, fusibles, interruptores, seccionadores, DPS y equipos de medición, es decir, las condiciones generales para un correcto proceso de mantenimiento de todos los equipos y de esta manera, realizar reportes sobre las condiciones de la subestación ofreciendo la garantía exitosa de su puesta en marcha, lo mismo que el mantenimiento en caso de ser requerido. Otras empresas como Centrales Eléctricas ya tienen en la región toda la infraestructura para este tipo de proyectos y requieren de personal idóneo para llevarlos a cabo.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La causa más frecuente en el reporte sobre daños en los equipos eléctricos y electrónicos de los usuarios es la calidad de la energía. Esto indica un problema en la calidad de la energía eléctrica, puede suceder cuando se genere una desviación de la tensión o la corriente e incluido la frecuencia que posee el sistema, esto conlleva a una mala operación de los equipos de uso final deteriorando los elementos de los usuarios, de igual forma cuando ocurre una interrupción del flujo de energía eléctrica; los efectos relacionados a los problemas en calidad de la energía son:

- Aumento de pérdidas de energía.
- Retrasos a la producción afectando así la economía y la competitividad entre empresas.

- Aumento de los costos, no confiabilidad de la disponibilidad y del confort.

Generalmente estos problemas ocurren por una mala planificación en los procesos de mantenimiento a subestaciones eléctricas y el no cumplimiento de los protocolos y normativas requeridas según la CFE, no efectuar estudios de calidad de energía utilizando diferentes equipos de medición, para obtener el conocimiento apropiado para su realización.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, este trabajo de grado se constituye como una alternativa para el entrenamiento de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánica Industrial en el manejo de protocolos para pruebas a equipos de subestaciones.

A. ANTECEDENTES

Se realizó un rastreo bibliográfico sobre el trabajo de grado que se adelanta; a continuación, se relacionan algunos documentos con algunas similitudes al tema en estudio.

A nivel internacional

Se encuentran manuales diseñados por las empresas prestadoras del servicio de certificación, pero no con el objetivo de la enseñanza.

A nivel nacional

Las empresas generan sus propios protocolos como es el caso de CENS aplicando las normas CFE y el RETIE, pero en ningún momento lo enfocan hacia el entrenamiento o formación de técnicos o tecnólogos.

En la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, se realizó un proyecto que fue el montaje de un interruptor con los equipos de medidas en la Universidad de Pamplona. Este proyecto se puede tomar como fuente de

información para el diseño de los protocolos y las pruebas que se deben realizar.

En el año 2020 estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánica Industrial desarrollaron manuales de pruebas para equipos de subestaciones como interruptores, Relés y transformadores de corriente; estos manuales se implementaron en una plataforma digital que está a disposición de los estudiantes del programa.

B. OBJETO

Instructivo para pruebas a seccionadores en subestaciones eléctricas.

C. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores en subestaciones eléctricas.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Consultar las especificaciones técnicas y características eléctricas de los componentes de los seccionadores.

Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a seccionadores.

Implementar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores de subestaciones eléctricas.

D. ACOTACIONES

Para el diseño del instructivo de pruebas a seccionadores, se tomó información del material bibliográfico y manuales técnicos de la empresa CENS-EPM de Norte de Santander.

Para su uso se contó con el permiso de la empresa.

A. ALCANCE

El alcance del proyecto es el diseño de los

protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores en subestaciones eléctricas aplicando normativas de la CFE y el RETIE.

Generar propuestas para mejorar el progreso de la investigación en el área de las redes eléctricas, específicamente en el ítem de subestaciones en el programa de Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño UAN sede Cúcuta.

B. LIMITACIONES

El trabajo de grado se desarrolló en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en un término de 4 meses y es aplicado a la formación en el programa de Tecnología Electromecánica.

El desarrollo del trabajo de grado se limita al diseño del instructivo para las pruebas seccionadores en subestaciones eléctricas.

E. JUSTIFICACIÓN

La importancia de una subestación eléctrica en el sistema eléctrico de potencia de una empresa se tiene en cuenta cuando se presenta parálisis total de la empresa debido a una falla o salida de servicio de la subestación; por esta razón es necesario tomar medidas para ayudar a mitigar cualquier efecto de una falla y/o contingencia que se pueda llegar a generar. Es acá donde el entrenamiento del personal técnico de una subestación cobra importancia en la realización de las pruebas de puesta en marcha después del montaje de la subestación, ya que desde ese momento se puede determinar la eficiencia de la misma; así mismo es importante la revisión y pruebas de cada uno de los equipos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El diseño de este protocolo de pruebas y actividades específicas para esta competencia sigue la normativa de la CFE y recomendaciones de la casa matriz, el cual es necesario seguirlo al momento de realizar la

puesta en marcha de la subestación o al planificar un mantenimiento, ya sea correctivo o preventivo de la subestación; es importante que desde el aula de clase en la universidad se genere a través de sus estudiantes proyectos como el propuesto, porque de esta forma se crea conocimiento hacia el medio externo y al interior de la universidad, porque los estudiantes adquieren una herramienta para su entrenamiento y que es tomada directamente del sector productivo con la experiencia y práctica del proponente del proyecto, debido a que trabaja en subestaciones en la empresa CENS-EPM S.A.

La formación del tecnólogo UAN tiene que llevarse a cabo teniendo en cuenta las tecnologías usadas por la industria energética en el presente y las que se pueden usar en un futuro inmediato.

Con el desarrollo de este proyecto, se está dando cumplimiento al requisito para la obtención del título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial por parte del estudiante proponente del proyecto.

F. LEGISLACIÓN

En el mantenimiento de cualquier tipo de instalación eléctrica, incluyendo las subestaciones de distribución, existe el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE donde se especifican todas las condiciones mínimas de seguridad, calidad que deben tener las instalaciones eléctricas, como distancias de seguridad, materiales a utilizar y la protección del medio ambiente.

VI. MARCO TEORICO

1. Mantenimiento de Subestaciones

A las Subestaciones Eléctricas se les debe realizar mantenimientos periódicamente; esto para asegurar la continuidad del servicio y la seguridad de los dispositivos, elementos junto

a los demás componentes de una instalación. El personal a cargo de las actividades de mantenimiento debe guardar evidencias y registros, las cuales podrán en algún momento ser requeridas por cualquier autoridad de control y ente de vigilancia.

En el caso de las subestaciones que son telecontroladas, los equipos a cargo de la detección y extinción en caso de incendios, éstos deben actuar de manera automática. En el caso en que el sistema no sea automático, la subestación deberá disponer la presencia permanente de personal para efectuar su operación.

Seccionador. Este equipo es implementado con el objetivo de aislar o efectuar corte entre los diferentes elementos que integran la red de instalación eléctrica. La característica que presenta mayor importancia y que diferencia entre el interruptor y el seccionador, es que el seccionador debe maniobrarse sin carga y su apertura es visible, este procedimiento requiere que su velocidad de operación sea alta.



Figura 1. Seccionador de transferencia abierto (superior), seccionador de línea cerrado (inferior), nivel de tensión 115 kV
Fuente: Catálogo de Subestaciones. https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Tipos de seccionadores:

Existen diferentes tipos de seccionadores, los cuales tienen la siguiente clasificación.

Según su función:



Figura 2. Seccionadores de barra y de línea
Fuente: https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Seccionador de puesta a tierra

El contacto pone en conexión a tierra los componentes del sistema que se encuentran en el proceso de mantenimiento.



Figura 3. Seccionadores de línea con función de puesta a tierra
Fuente: https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Seccionador de apertura central

Este elemento está compuesto por dos postes de aislamiento por fase dispuesta en forma horizontal. En el instante en que es realizada la apertura, éste genera una separación de (90°) con respecto a la horizontal, debido a esto requiere espacio para la maniobra de apertura.



Figura 4. Seccionador de doble apertura central

Fuente: https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Seccionador tipo doble apertura central o de rotación central

Los contactos se encuentran en forma de cuchilla, implementados para tensiones nominales de 36 a 245 kV y una intensidad de 600 a 2000 Amp. Este seccionador cuenta con 3 columnas; la columna central se encuentra acoplada en el eje de mando, lo cual permite hacer el giro, generando una interrupción doble, lo que indica que la distancia para la interrupción sea la mitad de la distancia total.



Figura 5. Seccionadores de apertura central
Fuente: https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Seccionadores de cuchilla

Este dispositivo consta de 2 aisladores y una cuchilla que realiza un giro en el eje de un aislador. Estos deben ser acoplados de

manera horizontal con el despliegue de la cuchilla en dirección baja; su operación se realiza en forma manual con el uso de una pértiga que engancha la cuchilla.



Figura 6. Seccionadores de cuchilla
Fuente: https://hubbellcdn.com/catalogfull/CA10103E%20Turner%20Substation%20Catalog_ES_WEB_Pgs.pdf

Seccionadores de apertura vertical

Este elemento se compone de 3 polos, cada polo contiene un chasis, un aislador que permite la rotación y dos aisladores para soporte en el cual está acoplada la cuchilla principal.



Figura 7. Seccionadores de apertura vertical
Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/seccionadores.html>

III. MARCO METODOLOGICO

Para la ejecución del proyecto, fue conveniente llevar a cabo una metodología de desarrollo que conllevó a la realización de los objetivos anteriormente expuestos y fundamentados en el marco teórico, recolectando y analizando la información por

medio de las actividades propuestas en el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos.

Objetivo 1. Consultar las especificaciones técnicas, características eléctricas de los componentes de los seccionadores.

Actividades propuestas

Estudiar todas las características de los seccionadores y elementos que lo conforman.

Realizar un estudio de los conceptos fundamentales en cuanto a su ubicación y operación en una subestación.

Objetivo 2. Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a seccionadores.

Actividades propuestas

Consultar las referencias, normas utilizadas para pruebas de seccionadores.

Determinar los equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a seccionadores.

Establecer los factores de seguridad para las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continua.

Objetivo 3. Implementar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores de subestaciones eléctricas.

Actividades propuestas

Seleccionar el formato digital para la implementación de los protocolos.

Implementar los protocolos en formato digital.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Objetivo 1. Consultar las especificaciones técnicas y características eléctricas de los

componentes de los seccionadores.

Actividades desarrolladas

Se estudiaron todas las características de los seccionadores y elementos que lo conforman.

Se realizó un estudio de los conceptos fundamentales en cuanto a su ubicación y operación en una subestación.

Características principales de diferentes tipos de seccionadores a disposición en el mercado

La función principal del seccionador es ejecutar maniobras de operación o actividades para realizar mantenimiento en la red eléctrica, sin que haya riesgos mayores, cumpliendo de esta manera las 5 reglas de oro.

Los circuitos a desconectar deben estar libres de consumo, el seccionador debe ser maniobrado en vacío.

El seccionador debe poseer la capacidad de soportar corrientes nominales y corrientes de cortocircuito. Debido a esta necesidad el diseño y construcción de los separadores o elemento de desconexión se reglamentan mediante las normas "IEC 60129" y "60273", "ANSI C29.8" y "C29.9" y deben cumplir la norma "IEC 60694".

La implementación de los separadores tiene como objetivo permitir trabajar a operarios en tramos del circuito de modo seguro; según su tipo de funcionamiento se clasifican en:

- Separadores de cuchillas giratorias.
- Separadores de cuchillas deslizantes.
- Separadores de columnas giratorias.
- Separadores de pantógrafo y separadores.
- Semipantógrafos o tipo rodilla.

Estos tipos de seccionadores pueden ser constituidos de forma unipolar, tripolar e independiente del tipo de función, deben

permitir visualmente la distancia de aislamiento en aire. Para elegir qué tipo de separador debe usarse teniendo en cuenta de las distancias eléctricas del proyecto.



Figura 8. Seccionadores en subestación
Fuente:http://imseingenieria.blogspot.com/2017/09/aparamenta-de-subestacion-seccionadores_30.html

Seccionador de cuchillas giratorias

Este tipo son altamente empleados para tensiones en categoría media y poseen una construcción sencilla con un armazón o base metálica, dos aisladores de porcelana, un contacto fijo y un contacto ajustable o un contacto giratorio.



Figura 9. Seccionador de cuchillas giratorias
Fuente:<https://www.electrotaz.com/servicio-interior/seccionadores/seccionador-did>

Seccionador de columnas giratorias

Son implementados a la intemperie y su uso de tensiones va desde 33 hasta 220 kV; existen de dos tipos, uno de columna central o de tres columnas por fase y de dos columnas giratorias por fase. En el caso de los separadores de tres columnas el contacto

movible se fija sobre una columna giratoria y el aislante central ofrece una desconexión doble.

En cuanto a la columna central hay dos columnas exteriores acopladas sobre un soporte metálico de acero galvanizado que soportan los contactos fijos, en caso de que sea trifásico el accionamiento del separador se hace por un juego de barras. Se implementan en instalaciones con corrientes nominales entre 630 y 1250 A y con tensiones de 13.2 y 245 kV.

En los de dos columnas los contactos móviles se encuentran sobre columnas giratorias en una sola dirección, lo que genera la interrupción de un punto intermedio entre las dos columnas.



Figura 10. Seccionador de columnas giratorias
Fuente:<https://www.alamy.es/imagenes/seccionadores.html>

Seccionador de pantógrafo

Simplifican las instalaciones de distribución de alta tensión en intemperie y se utilizan para realizar la conexión entre líneas y barras colocadas a diferente altura y cruzadas entre sí. Este tipo de separadores se caracteriza porque no tienen contacto fijo en cada fase y la conexión del contacto móvil que utilizan se hace directamente sobre la línea. Estructuralmente sólo tienen un poste que soporta la parte móvil, compuesta por unas barras conductoras con forma de pantógrafos utilizados en locomotoras eléctricas. La parte fija de estos separadores se llama trapecio y

se cuelga de un conductor sobre el pantógrafo para que en el instante que se eleve el contacto móvil se conecte con la mordaza fija y así realice el cierre del circuito. Tensiones de implementación entre 132 y 550 kV y en corrientes nominales de entre 800 y 3150 Amp.



Figura 11. Seccionador de pantógrafo
Fuente: <https://www.alamy.es/imagenes/seccionadores.html>

Seccionador semipantógrafos o tipo rodilla.

El brazo seccionador que constituye el contacto móvil para desplazarse en plano vertical brindando espacio de aislamiento horizontal, presenta una caja de mando, aisladores para soporte, un aislador rotativo y un accionamiento mecanismo iguales a los usados en los separadores tipo pantógrafo, la diferencia es en el cierre, éste se hace a través del contacto móvil de brazos paralelos que se unen entre ellos y se articulan en un punto; debido a esto se les conoce como separadores tipo rodilla y son de dimensiones reducidas y resistentes a tensiones desde 950 a 1550 kV y corrientes nominales de entre 50 y 160 Amp.

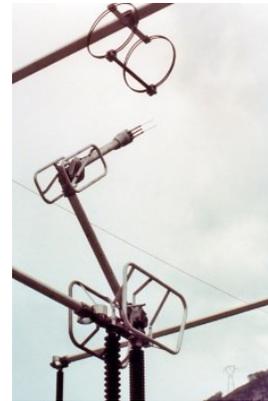


Figura 12. Seccionador semipantógrafos o tipo rodilla
Fuente: https://www.coelme-gic.com/es/prod/24/Semi-pant%26oacute%3Bgrafo_vertical_%28SSP%29/

Nomenclatura de los seccionadores

Cada seccionador de la subestación que cuenta con una configuración interruptor está compuesto por 5 nomenclaturas conformadas de izquierda a derecha.

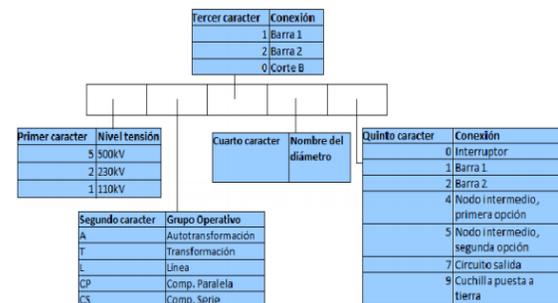


Figura 13. Nomenclatura de los interruptores/seccionadores de la S/E
Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf>

Primer carácter: representa el nivel de tensión para trabajo

Segundo carácter: indica la conexión del grupo operativo o campo del interruptor/seccionador, M para el caso de interruptores/seccionadores asociados al corte.

Tercer carácter: Este carácter indica a qué barra esté asociada, 1 si está conectado a la barra 1, 2 si está conectado a la barra 2 o cero si es un interruptor/seccionador asociado al corte.

Cuarto carácter: Este carácter indica el nombre del diámetro del seccionador.

Quinto carácter: Cero si es un interruptor, 1 conexión barra principal 1, 2 conexión barra principal 2, 4 conexión en serie a nodo intermedio, 5 conexión en serie a nodo intermedio segunda opción, 7 conexión de circuito de salida de línea y 9 conexión cuchilla puesta a tierra.

Normas aplicable:

Los seccionadores están obligados a ser diseñados, producidos y probados de acuerdo a los requerimientos establecidos en las Normas:

Seccionadores:

- IEC-62271 - 102: Seccionadores de corriente alterna de alta tensión e interruptores de puesta a tierra.
- IEC-60694 (1996-05): Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- ABNT NBR – 6935: Seccionador, aterramiento rápido
- ABNT NBR – 7571: Estandarización seccionadores.

Aisladores:

- IEC-60273: Característica de los aisladores de poste de interior y exterior para sistemas con tensiones nominales superiores a 1000 V.

Galvanizado:

- ASTM A123: Especificación para los galvanizados en caliente de productos de fierro y acero.
- ISO 1461 (1999): Galvanizado en baño caliente de productos de fierro y acero, especificaciones y métodos de prueba.

Condiciones del servicio de un sistema eléctrico

Las condiciones ambientales en general para los seccionadores de media tensión deben ser suministrados para a la intemperie, excepto en algún caso particular que se indican bajo las siguientes condiciones ambientales:

Tabla 1. Comparación de diferentes proveedores

Característica	AMPLA	CODENSA	COELCE	CHILECTRA	EDELNOR	EDESUR
Altitud máxima (m)	< 1.000	2.850	< 1.000	< 1.000	< 1.000	< 1.000
Temperatura Min./Máx. (°C)	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
Nivel de Humedad	IEC 60694 (2.1.1 e)	IEC 60694 (2.1.1 e)	IEC 60694 (2.1.1e)	IEC 60694 (2.1.1 e)	IEC 60694 2.1.1 e)	IEC 60694 (2.1.1e)
Velocidad viento (m/seg)	< 34	< 34	< 34	< 34	< 34	< 34
Nivel contaminación (IEC 60815)	Alto (III)	Medio (II)	Muy Alto (IV)	Medio (II)	Muy Alto (IV)	Medio (II)
Radiación Solar Max (w/m ²)	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Capa de hielo máxima (mm)	< 1	< 1	< 1	< 10	< 1	< 10
Actividad sísmica	No	Sí	No	Sí	Sí	No

Fuente: Autor del proyecto

Características generales de los sistemas eléctricos

En la siguiente tabla se indican características generales de los sistemas eléctricos para media tensión y servicios auxiliares de las Empresas.

Tabla 2. Características de diferentes proveedores

CARACTERÍSTICA	AMPLA	CODENSA	COELCE	CHILECTRA	EDELNOR	EDESUR
Voltaje nominal sistema (KV)	-	-	-	-	-	-
MT1	34,5	34,5	-	23	23	33
MT2	13,8/11,95	-	13,8	12	10	13,2
Voltaje máximo equipos (KV)	-	-	-	-	-	-
MT1	36	36	-	24	-	36
MT2	17,5 /17,5	-	17,5	17,5	12	17,5
BIL MT (KV)	-	-	-	-	-	-
MT1	170	170	-	145	-	170
MT2	95/95	-	110	110	75	95
Frecuencia (Hz)	60	60	60	50	60	50
Nivel corto circuito asimétrico (KA)	-	-	-	-	-	-
MT1	16	16	-	25	-	8
MT2	25	-	16	25/31,5	31,5/40	16
Nº de fases	3	3	3	3	3	3
Conexión transformador AT/MT	Dyn1	YNyn0(d1)	Dyn1	Dyn 1	YNd11,YNd5	YNyn0
Conexión Neutral	Aterrizado sólido mediante o c/resistencia	AT, aterrizado sólido mediante MT: neutro aterrizado	Aterrizado sólido mediante			
Voltaje auxiliar CA (Vca)	220 / 127	208 / 120	380 / 220	380 / 220	220	380 / 220
Voltaje auxiliar CC (Vcc)	125±10% - 20%	125±10% - 20%	125±10% - 20%	125±10% - 20%	125±10% - 20%	220±10% - 25%

Fuente: Fuente: <https://core.ac.uk › download › pdf>

Objetivo 2. Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a seccionadores

Actividades desarrolladas

Se consultaron las referencias y normas utilizadas para pruebas de seccionadores.

Se determinaron los equipos a utilizar en las pruebas disponibles para seccionadores.

Se establecieron los factores de seguridad para las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continua.

Normas utilizadas para pruebas de seccionadores.

El diseño de este manual de pruebas a equipos en subestaciones se soporta en la necesidad de dar cumplimiento con lo concretado en el artículo “24.1, parágrafo b”, del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), el cual dice lo siguiente:

“La subestación debe estar provista de manuales, pruebas y mantenimiento, precisos parágrafo b. que no den lugar a equivocaciones Artículo 24.1.”

El punto de partida para procedimiento en la realización de pruebas a equipos de seccionadores se basó en la estricta aplicación de la normativa, donde se relacionan las normas requeridas en el manejo de procedimientos de operación, puesta en marcha y mantenimiento general de las subestaciones eléctricas, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Medio ambiente.
- Seguridad y salud en el trabajo.
- Marco internacional.
- Marco nacional.

En la construcción de las pruebas se tuvo en cuenta bibliografía compilada, reglamentos técnicos, fichas técnicas, normas del sector eléctrico, folletos, documentos asociados al mantenimiento y pruebas a equipos eléctricos para subestaciones, sustancialmente lo relacionado con seccionadores.

De acuerdo al proceso ejecutado en el anterior objetivo, se caracterizaron un grupo de normas en medio ambiente, seguridad y salud en el trabajo (SST), normas internacionales y nacionales referentes a los trabajos realizados en la subestaciones con seccionadores.

Equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a seccionadores

De acuerdo con la información obtenida en la investigación sobre el uso de equipos para las pruebas a seccionadores se tomaron los que aplican en las actividades de prueba de funcionamiento, las cuales pueden ser efectuadas antes de la puesta en marcha o verificar su estado de funcionamiento actual si este equipo ya se encuentra en funcionamiento.

Los equipos seleccionados para realizar las pruebas son los siguientes:

- Equipo de prueba multifuncional para pruebas primarias – CPC 100 – OMICRON

- Medidor de resistencia de aislamiento – MIT-520 – MEGGER
- Medidor de resistencia de contacto Microohmímetro MOM200/400A
- Multímetro Fluke.
- Pinza Voltiamperimétrica

Establecimiento de los factores de seguridad para las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continúa.

En la ejecución de las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continúa, se deben utilizar los elementos de protección personal como botas dieléctricas, overol ignífugo, casco dieléctrico y mono gafas con protección UV, monja ignífuga, guantes.

Para la sección de tableros o equipos se debe demarcar con cinta roja y negra denotando que se encuentran en servicio acorde al instructivo determinado por la empresa para la señalización y demarcación de áreas.

Objetivo 3. Implementar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores de subestaciones eléctricas.

Actividades desarrolladas

Se seleccionó el formato digital en Word para la implementación de los protocolos.

Formato para el instructivo de pruebas. Se diseñó un formato general para estandarizar el proceso.

Se aplican normas APA para el instructivo y se diseña un cuadro para el modelo de desarrollo del instructivo.

(Ver Tabla 3).

Tabla 3. Formato para el desarrollo de instructivo

NUMERAL	ITEM	ACTIVIDADES
	PROYECTO	Nombre del proyecto
1	OBJETIVO GENERAL	Es el enunciado que resume la idea central y la finalidad del instructivo
2	ALCANCE DEL INSTRUCTIVO	Es el máximo de actividades que se pueden realizar con las actividades del instructivo
3	DEFINICIONES (GOLASRIO)	Listado de las diferentes palabras o términos no son conocidos comúnmente
4	REFERENCIA, NORMAS Y GUÍAS UTILIZADAS	Información para identificar los diferentes tipos de normas y referencias utilizados en el instructivo
5	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Listado de los equipos y herramientas de pruebas disponibles para la realización de pruebas
6	FACTORES DE SEGURIDAD	Elementos de protección personal y normas de seguridad para la ejecución de las labores
7	ALISTAMIENTO	En la etapa de alistamiento de los equipos a utilizar, elementos de protección personal y cantidad de personal, traslado de elementos y del recurso humano hasta el lugar donde se van a llevar a cabo las actividades
8	DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS	Descripción de todas las pruebas que han de realizarse desenergizado y aislado del sistema
9	FACTORES DE SEGURIDAD	Determinar condiciones técnicas requeridas para la seguridad de las labores
10	MEDIO AMBIENTE	Las actividades se deben desarrollar dentro de los parámetros establecidos de seguridad ambiental

El paso a seguir fue la redacción del instructivo siguiendo las actividades del formato diseñado y la codificación propuesta en el cuadro anterior dando como resultado el instructivo **PRUEBAS A EQUIPOS SECCIONADORES EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.**

En la figura 14 se observa la portada del instructivo. Ver Anexo A.



Figura 14. Portada del instructivo

Procedimiento de socialización del instructivo:

Se realizó una socialización con los compañeros de la empresa explicando los pasos técnicos para desarrollar las pruebas.



Figura 15. Socialización del instructivo
Fuente: Autor del proyecto

Luego se hizo una encuesta de satisfacción a los participantes de la orientación por medio de un formulario de Outlook.



Figura 16. Resultados de la encuesta
Fuente: Autor del proyecto

En la socialización participaron 11 técnicos operativos en mantenimiento de subestaciones.

A la pregunta si tiene conocimiento del proceso de pruebas a seccionadores los 11 contestaron afirmativo.

5. Conocimiento de las normas de seguridad
¿Está de acuerdo que el procedimiento presentado cumple con todas las normas de seguridad eléctrica, protección personal y medio ambiente?



En la pregunta si tienen conocimiento de las normas de seguridad y está de acuerdo que el procedimiento presentado cumple con todas las normas de seguridad eléctrica, protección personal y medio ambiente.

Los 11 contestaron afirmativamente.

6. ¿Aplicaría usted el instructivo para realizar las pruebas de funcionamiento a seccionadores conectados a la red conectados a la red?



A la pregunta aplicaría usted el instructivo para realizar las pruebas a los seccionadores.

Los 11 indicaron que sí. Esto indica que el instructivo cumple con la normativa de seguridad eléctrica, SST y el componente ambiental que era lo propuesto como objetivo principal del trabajo de grado: Diseñar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos seccionadores en subestaciones eléctricas.

Cumpliendo con todas la normas de seguridad eléctrica, seguridad y salud en el trabajo lo mismo que con las normas ambientales.

Análisis del impacto económico

Con el desarrollo del Instructivo de pruebas a seccionadores, la empresa obtiene una herramienta para el mejoramiento de las competencias y habilidades del personal técnico que trabaja en el mantenimiento de subestaciones eléctricas. Esto se evidencia en

el mejoramiento y la aplicación de buenas prácticas del mantenimiento de los seccionadores, lo mismo que la SST y la protección personal; esto impacta directamente la parte económica porque con cero accidentes se protege al personal y la subestación no sale de servicio, los usuarios no tienen molestias, se evitan multas por corte de servicio y por ende la parte económica para la empresa mejora.

Análisis del impacto ambiental

Energía eléctrica y medioambiente. Para el desarrollo del Instructivo de pruebas a los seccionadores se diseñó un capítulo de seguridad Ambiental. Consultando la guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica, esta guía está referenciada en el instructivo y se puede consultar allí. (Véase el Anexo A).

Impacto social

La aplicación del instructivo para pruebas en subestaciones específicamente para los seccionadores evita cortes de energía imprevistos y esto se refleja en el bienestar de la comunidad y de los usuarios en general.

Análisis del sistema SG-SST

En el desarrollo del instructivo se hace énfasis en las cinco reglas de oro y todas las precauciones que se deben seguir en el mantenimiento en una subestación eléctrica, lo mismo el uso de los EEP especializados para este tipo de trabajo.

V. CONCLUSIONES

Se realizó el estudio de las especificaciones técnicas, características eléctricas que componen a los seccionadores permitiendo identificar varios aspectos importantes a trabajar

El proceso de la elaboración de los protocolos y actividades para las pruebas a seccionadores entrega un listado de equipos especializados para estas pruebas.

El desarrollo de este proyecto entrega un instructivo de pruebas a seccionadores, el cual cumple con la normativa y estándares vigentes de las subestaciones eléctricas.

VI. RECOMENDACIONES

El instructivo está diseñado para realizar las pruebas de manera segura, no obstante es preciso tener en cuenta las siguientes recomendaciones para ejecutar las pruebas.

Lea detenidamente las instrucciones de seguridad y el procedimiento para la elaboración de las pruebas.

Cumpla con todos los requisitos SST y siempre realice las actividades con los elementos de protección estipulados en el instructivo.

Por ningún motivo omita los procedimientos descritos en el instructivo de pruebas.

VII. BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). NORMA TECNICA COLOMBIA NTC 2131 (28 de julio de 1999). Apartado 14237 Bogotá D.C., 1999.

Ingeniería T&D. Subgerencia de Distribución. Estructuras 34,5 kV. [en línea]. Norte de Santander. CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P., 2017, 68 p. Disponible en <http://www.cens.com.co/Portals/2/ESTRUCTURAS%2034.5%20KV%2016-01-2017..pdf>

NORMA DE DISTRIBUCION N.MA. 70.06/2 (8 de noviembre del 2004). Seccionadores de media tensión. [en línea], 2004, 15 p. Disponible en <http://www.ute.com.uy/Empresa/lineas/distribucion/normalizacion/docs/NMA70062.pdf>.