

PRUEBAS A EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS, DPS

*Autor: Manuel Albeiro Carrillo González
Código: 23551914877*

*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
CiroCarvajal @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 DPS, 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 al 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 this degree work is to design the protocols that are applied in a substation to carry out the necessary tests to DPS, which can be carried out in the start-up or for the verification of 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 a 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, explains their operation and the different types that exist in the market. 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 test. Likewise, the different tests that must be carried out according to 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, disconnector, electrical substation, protocol.

INTRODUCCIÓN

El proceso de generación de energía eléctrica es el primer paso en la red general desde la planta hasta el usuario final; la segunda etapa es la transformación y se transporta de forma centralizada. A lo largo de este proceso y con el fin de llegar al usuario final o puntos de consumo, se envía a través de un circuito mediante cables conductores, con nodos o subestaciones transformadoras que cuentan con equipos eléctricos gestionados electrónicamente dentro de un sistema de distribución, supervisados y gestionados por personal altamente calificado.

Se debe entender la importancia que tiene la energía eléctrica como elemento vital para

nuestro país como fuente principal para impulsar la economía, el desarrollo de industrias, comercios y el bienestar cotidiano de los colombianos.

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 necesarios para realizar la comprobación de su óptimo 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 informe de daños a los equipos eléctricos y electrónicos de los usuarios es la calidad de la energía. Se puede decir que existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre una desviación de voltaje, corriente o frecuencia que lleva al sistema a un mal funcionamiento de los equipos de uso final, deteriorando las pertenencias de los usuarios; asimismo, cuando hay una interrupción en el flujo de energía eléctrica. Los efectos asociados con los problemas de calidad de la energía son:

- Incremento de las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, la economía y la competitividad empresarial
- Mayor costo, deterioro de la confiabilidad, disponibilidad y comodidad.

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 a 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

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 como el 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 debe 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 equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas DPS.

C. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los protocolos de procedimiento para la realización de pruebas a equipos DPS (Protección de sobretensiones transitorias) en subestaciones eléctricas.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Consultar las especificaciones técnicas, características eléctricas de los componentes de los DPS.

Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a DPS.

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

D. ACOTACIONES

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

Para su utilización 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 DPS en subestaciones eléctricas aplicando normativa de la CFE y el RETIE.

Generar propuestas para mejorar el desarrollo de la investigación en el campo las redes eléctricas, específicamente en el ítem de subestaciones en el programa en 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 a los equipos de protecciones a sobretensiones DPS.

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 a 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 genera 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.

II. MARCO TEORICO

Sobretensión

Son las diferencias de potencial entre las fases o entre fases y tierra en una acometida, con valores que exceden la tensión máxima del sistema. Existen dos tipos de sobretensiones que se pueden presentar: los

de tipo transitorios y los permanentes. Los transitorios por lo general son pulsos muy elevados de tensión dentro del orden de los Kilovoltios (KV) de duración limitada o corta, generalmente se producen por descargas atmosféricas (en tormentas eléctricas) y en los procesos de conmutación y/o perturbaciones en la red.

Las sobretensiones permanentes, son del orden de orden superior al 10% del valor de la tensión normalizada, con tiempos que pueden durar desde milisegundos hasta horas, este tipo de sobretensión se pueden producir por fallas en la conexión de las fases en los centros de distribución o cuando hay pérdidas en el neutro del sistema.

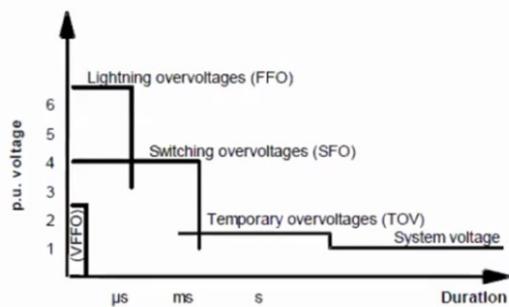


Figura 1. Tipos de sobretensión transitorias
Fuente: IEC 60071-1

Las sobretensiones transitorias más comunes se pueden clasificar según su origen, en la figura 1, se ilustran los distintos tipos de sobretensiones indicando sus causantes. A continuación, se describen los más relevantes¹:

Sobretensiones Temporales (TOV)

Son consideradas las sobretensiones de frecuencia industrial y son causadas en un una falla en la conexión a tierra del sistema o cuando se genera el rechazo de la carga, esta sobretensión puede durar entre 0.1 segundo y muchas horas. En general el voltaje es entre 1,5 y 2 p.u. por lo que no pone en peligro la red, pero es útil para la caracterización de los

¹ Especificación técnica para descargadores de sobretensiones DPS en media tensión - Grupo EPM – 2015.

DPS.

Las Sobretensiones de maniobra (Switching Overvoltage - SFO)

Generalmente ocurren durante acciones de maniobra de los elementos de transmisión y consisten principalmente en oscilaciones con frecuencias mayores a unos cuantos Kilo Hertz y magnitudes hasta 3 p.u. voltios. En las maniobras con equipos de tipo inductivos, se generan ondas de sobretensión entre 0.1 μseg y 10 μseg y los valores máximos pueden alcanzar hasta 4 p.u. afectando el material aislante y el funcionamiento del sistema. También se puede generar cuando las líneas eléctricas están activas; en estos casos el valor pico ronda los 2,2 p.u. y puede alcanzar el nivel de 4 p.u. pero no ponen en riesgo las infraestructuras del sistema.

Sobretensiones atmosféricas o externas

Se originan por las descargas atmosféricas, que incursionan en forma directa o indirecta a la red, generando sobretensiones del orden entre 5 p.u. y 7 p.u. hasta valores superiores pero con tiempos de duración del orden de pocos μseg.

Este tipo de sobretensión es el que presenta mayor amenaza para las redes de baja y media tensión.

Descargadores de Sobretensión (DPS)

Son dispositivos de protección cuya función es limitar sobretensiones transitorias, que es elaborado por una serie de elementos de tipo resistivos no lineales que limitan los picos de sobretensión causada por maniobras de conmutación o descargas de tipo atmosféricas desviándolos a tierra.

Los descargadores de sobretensión o DPS, se deben ubicar lo más cerca posible de los bornes primarios del transformador o dispositivo a proteger, donde el transformador deberá estar equipado de soportes para la instalación de este tipo de protección. En la figura 2 se puede visualizar un DPS.

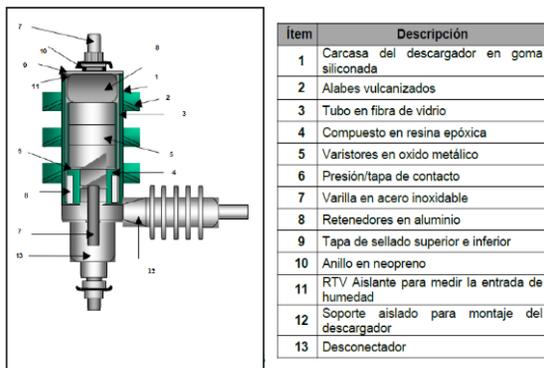


Figura 2. Esquema de descargador de Oxido Metálico (Mo) con recubrimiento sintético
Fuente: EPM.

Clasificación de los DPS

Los DPS se clasifican por su período de trabajo y también por la amplitud de las corrientes de impulso de rayo.²

Los DPS tipo distribución: trabajan dentro del rango del mayor valor de tensiones de descarga y se catalogan este liviano a 5kA y pesado a 10kA, este tipo de DPS son los que más tienen demanda comercial y son económicos. Usualmente utilizan la protección de los sistemas de distribución de energía.

Los DPS de tipo intermedio: son de tipo ligero del orden de 5kA con una protección mejorada, manejando cantidades mayores de energía sin afectar su perpetuación; se utilizan en servicio normal.

Los DPS tipo estación: tienen capacidad de absorción de tipo pesado por el orden de 10kA; el índice de protección es el mayor del anterior expuesto, cuentan con mayor durabilidad, se usa en la protección de los transformadores, autotransformadores de potencia y los equipos de las estaciones. Son los más robustos y costosos de los DPS.

Clasificación IEC 60099-4

² ANSI/ IEEE C62.11

Indica otra manera de clasificar los DPS clasificándolos en 5 clases según la descarga en línea (LDC) y según la señal de impulso (1.5, 2.5, 5.0, 10.0 y 20 kA - 8 / 20µs), cada corriente nominal de descarga tiene diferentes rangos. Los voltajes nominales y la clase de descarga de línea pertenece a las corrientes que protegen estos aparatos, es del orden de la tensión nominal kJ / kV, dependiendo de la relación entre Uresidual con los impulsos de funcionamiento y el valor efectivo de la tensión nominal del DPS.

Los DPS tipo óxido metálico

Son de servicio pesado y se utilizan en la distribución. Estos tipos de DPS son de construcción robusta, con un diseño para su fácil instalación, manejo y mantenimiento; no cuentan con cavidades para evitar la acumulación del agua. Como característica principal debe garantizar su óptimo funcionamiento bajo condiciones de descargas repetitivas.

Los conectores deben ser adecuados y de tal diseño que el DPS pueda acoplarse a un cable pasante horizontal o un cable que ingrese verticalmente o conductor tipo correa; este conector debe ubicarse en la parte inferior y superior en el eje central del disipador (conector entre fase y tierra). Para la conexión del terminal de alta tensión del DPS a la fase y los terminales de puesta a tierra deben ser adecuados para el tendido de un conductor.

III. MARCO METODOLOGICO

Para la ejecución del proyecto, es conveniente llevar a cabo una metodología de desarrollo que conlleve al alcance de los objetivos anteriormente expuestos y fundamentados en el marco teórico, recolectando y analizando la información por medio de las actividades propuestas para el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos.

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

Para lograr este objetivo se deben realizar las siguientes actividades:

Estudiar todas las características de los DPS 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 DPS.

Para lograr este objetivo se deben realizar las siguientes actividades:

Consultar las referencias, normas utilizadas para pruebas de DPS.

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

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 DPS de subestaciones eléctricas.

Para lograr este objetivo se deben realizar las siguientes actividades:

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, características eléctricas de los componentes de los DPS.

Para lograr este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

Se describen las características eléctricas que debe tener un DPS³

Voltaje nominal del DPS (U_r): valor efectivo máximo permisible del voltaje a frecuencia industrial entre los terminales según el diseño del DPS para el correcto funcionamiento en condiciones de sobretensión temporal del sistema y se puede aplicar con un período máximo de 10 segundos, y algunos fabricantes indican hasta 100 segundos.

Frecuencia nominal del DPS: es la frecuencia del sistema de distribución para el que está diseñado el DPS.

Voltaje de funcionamiento máximo continuo (MCOV) (U_c): es el voltaje máximo al que el DPS opera continuamente, el voltaje de operación permanente del SPD según IEC 60099-4, el descargador de sobretensiones opera en forma continua.

Gaps: Varistor ubicado entre el medio de separación de sus terminales es el aire.

Tensión Residual (U_{res}): es el valor de voltaje entre los terminales de un DPS generada por la corriente de descarga.

Corriente nominal de descarga (I_n): es el máximo valor del pulso de corriente de descarga que se puede utilizar para catalogar el DPS. La norma IEC 60099-4 muestra 5 amplitudes de corriente normalizadas de I_n : 1,5, 2,5, 5, 10 y 20 kA con una duración de $8/20\mu s$, siendo las más habituales 5kA y 10kA.

Nivel de protección (U_p): es la tensión que se produce a partir de la corriente nominal de descarga (I_n) del DPS.

Onda de impulso: es la onda unidireccional de voltaje o corriente que sin oscilaciones apreciables, sube rápidamente a una cantidad máxima y cae con una pendiente pequeña. Los datos que lo determinan son: la señal pico, el tiempo de frente y el tiempo de caída

³ Normas IEC 60099-4 o ANSI/IEEE C62.11

a la mitad de la señal pico.

Impulso de corriente tipo rayo: del orden de 8/20 μ s con límites de ajuste del equipo, donde el tiempo de frente virtual está entre 7 a 9 μ s y el tiempo de bajada a mitad del valor entre 18 a 22 μ s.

Servicio de trabajo: estos son los valores máximos estandarizados de longitud de onda de impulso tipo rayo a los que deben someterse los DPS de distribución:

Tabla 1 . Longitud de onda tipo rayo

Tipo de Servicio	Onda a soportar
Liviano	5 kA/20 μ seg
Normal	5 kA/20 μ seg
Pesado	10 kA/20 μ seg

Nivel básico de aislamiento (BIL): Cantidad pico de un impulso estándar que el aislamiento aguanta sin ningún tipo de ruptura y sin daño permanente al ser sometido a dicho impulso una cantidad de número de veces.

Voltaje máximo de red (U_m): Voltaje máximo entre fases durante el servicio normal.

Descripción de las características técnicas de los elementos de aislamiento de un DPS

La carcasa de los DPS debe ser hecho de caucho de silicona moldeado directamente y debe tener los siguientes elementos:

Núcleo aislante (tubo central): debe ser un tambor pultruido de fibra de vidrio reforzado con resina, sano, sin grietas y sin presentar oxígeno para impedir descargas parciales de alta firmeza mecánica y dureza dieléctrica de 60 kV/pul. En la unión de la fibra de vidrio y la resina se forma una barra, que debe deslizarse mediante un proceso continuo que avale la homogeneidad de las fibras y no se formen burbujas de aire. La fibra de vidrio es de tipo E con una constante dieléctrica de 5.8 y la resina puede ser de poliéster u orgánica.

Las Campanas (Westersheds): son hechas de caucho de silicona moldeado directamente y tiene cargas de agentes orgánicos e inorgánicos. Deben resguardar con seguridad el núcleo del aislante de los efectos de los elementos y proporciona el distanciamiento de fuga solicitada, alta resistencia al arco eléctrico, a los agentes químicos y rayos ultravioletas. Los faldones tienen una pendiente y superficie que permite que el agua lluvia ruede rápidamente y eliminen la contaminación acumulada.

Camisa del cilindro central: deber ser hecha de caucho sin juntas radiales entorno de su revestimiento, o líneas de moldeo axial que permitan presentar el fenómeno de las trayectorias carbonáceas. Las uniones de interfaz varilla – camisa - faldón deben tener excelentes propiedades de alargamiento, para que no soporten tensiones por alteraciones de temperatura y tensiones mecánicas; además de garantizar un sellado hermético entre las campanas y el cilindro central. Los aisladores deben resistir a la mugre y brindar un excelente servicio en áreas expuestas al bandidaje y su color debe ser gris claro.

Seccionador: Cada DPS debe tener un dispositivo que lo desenganche de la línea, mediante una rotura claramente visible de este mecanismo, para evitar fallas continuas a tierra y facilitar la identificación del DPS que ha fallado. El seccionador puede ser o no una parte integral del gabinete del DPS, es decir, se recibirán DPS con desconexión interna o externa. El seccionador debe aguantar los voltajes y corrientes que puede soportar el DPS asociado.

Conexiones: deben ser adecuados y de tal diseño que permitan conectar el DPS a un cable pasante horizontal o un cable que ingrese verticalmente o el conductor tipo correa; el conector está ubicado en la parte superior e inferior en el eje central del DPS (conector entre fase y tierra). La conexión del terminal de tensión del DPS a la fase y los terminales de puesta a tierra, deben tener la capacidad de albergar un conductor de las siguientes características:

Conexión del borne de puesta a tierra a la malla de puesta a tierra: conector para cable de cobre desnudo hasta 16 mm o conductor tipo fleje de acero inoxidable de sección 7/8 "x 1,2 mm.

Conexión al terminal Alto del descargador de línea de 7,62 a 44 kV: Conector para cable de aluminio en el rango de 1/0 AWG a 336,4 MCM para tensiones de 33 kV a 44 kV y 4 a 4/0 AWG para tensiones inferiores a 17,5 kV.

Ubicación del DPS en sistema a proteger

Los DPS actúan como protección básica; deben instalarse en modo común (fase/tierra o neutro/tierra) y los que operan como protección complementaria pueden instalarse en modo diferencial (fase/fase o fase/neutro).

La Figura 3 muestra el diagrama de conexión general de un DPS de modo común. El objetivo es el voltaje residual del DPS sea casi igual al aplicado al dispositivo, para lo cual el trayecto "b" debe ser menor de 50 cm en la medida de lo posible y el conductor de conexión entre el DPS y el equipo debe ser lo más breve posible.

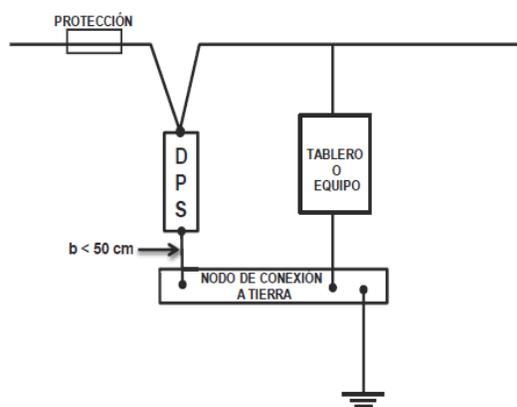


Figura 3. Montaje de un DPS en modo común
Fuente: RETIE

En las subestaciones de distribución dentro de edificaciones, el proyectista debe evaluar y justificar la posibilidad de instalación de solo los DPS en la transición a la conexión subterránea y no en el transformador.

Se debe tener en cuenta que para la instalación de un DPS, que la distancia entre sus terminales y los elementos a proteger debe ser lo más corta posible (las normas recomiendan un máx. de 50 cm), para que la inductancia es mínima.

Por motivos de seguridad, en la instalación los DPS deben estar en modo común, es decir, entre fase y tierra.

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

Para alcanzar este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Las pruebas de recepción: Se realiza por el fabricante o terceros en sus laboratorios estando acreditados por la ONAC o registrados en la IAF o ILAC; este laboratorio entrega las respectivas formalidades, aplicando para proveedores extranjeros y nacionales.

Para aprobar un DPS se comprobará a través del certificado con la norma de fábrica y el RETIE en su debido caso y con las inspecciones realizadas en el laboratorio y los resultados de la pruebas de rutina con los dispositivos calibrados cumpliendo con los parámetros acá establecidos. Estas pruebas están destinadas para desechar los dispositivos con defectos de fábrica.

Pruebas de recepción

El fabricante proporcionará al controlador / administrador del contrato las garantías, que el material cumpla con todos los requerimientos garantizando un buen producto.

Ensayos de tipo, producción o diseño

Este tipo de prueba será realizada por el fabricante cuando se desarrollan los dispositivos prototipos que serían la base de su producción y consecutivamente si se realizan cambios relevantes en los diseños.

Las pruebas de tipo se realizan de acuerdo con las disposiciones de NTC 4389 o IEC 60099-4.

El fabricante o comercializador permitirá el acceso a los protocolos de prueba de tipo DPS si es requerido.

Pruebas de rutina

Todos los DPS deben ser sometidos al menos a las siguientes pruebas para determinar si son aptos:

- Voltaje de referencia
- Voltaje residual de impulso tipo rayo
- Prueba de descarga parcial interna
- Verificación de tipo visual general y dimensional.

Equipo de pruebas

CPC 100

Es un sistema de prueba primario multifuncional para la puesta en servicio y mantenimiento de subestaciones; en la figura 4, se puede ver el equipo y las diferentes pruebas que se pueden realizar.



Figura 4. Aplicaciones del CPC 100
Fuente: omicron

Con este dispositivo se realiza la medición de pérdida en vatios y corriente que consiste en

las pérdidas (en vatios) y las medidas de corriente en una prueba de factor de potencia /factor de disipación en un DPS son indicadores de contaminación (particularmente entrada de humedad) o deterioro y son útiles para determinar cambios físicos en un DPS. La prueba evalúa las características de aislamiento del DPS, ya que se ven los voltajes de funcionamiento durante la mayor parte de su vida útil. Si bien la medición no prueba las características de dirección de falla a tierra de un descargador, se ha demostrado estadísticamente más veces que cuando la capacidad de un descargador de sobretensión para aislar el voltaje de fase de la tierra se ve comprometida, sus características operativas también fallan. Las pérdidas superiores a lo normal pueden indicar contaminación por ejemplo la humedad o huecos corroídos (en el carburo de silicio o en los pararrayos MOV de diseño anterior). Las pérdidas inferiores a lo normal pueden indicar un contacto deficiente o circuitos abiertos entre los elementos y resistencias de derivación rotas en un descargador de carburo de silicio y discontinuidades en la construcción eléctrica interna de un descargador MOV.

MEGGER

Son dispositivos que tienen la capacidad de comprobar las resistencias a tierra; en la figura 5, se tiene un megger digital que es utilizado para esta finalidad.



Figura 5. Megger digital DET4TD2

Fuente: Megger

Adicionalmente se realizan los siguientes tipos de pruebas:

Inspección visual:

Se debe examinar un DPS para detectar grietas en la porcelana, manchas y cualquier otra condición física anormal.

Prueba de infrarrojos:

Los DPS se escanean junto con el resto de equipos de la subestación.

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

Para el desarrollo de este objetivo se desarrolló un diagrama de flujo para implementar el instructivo con los protocolos de pruebas.

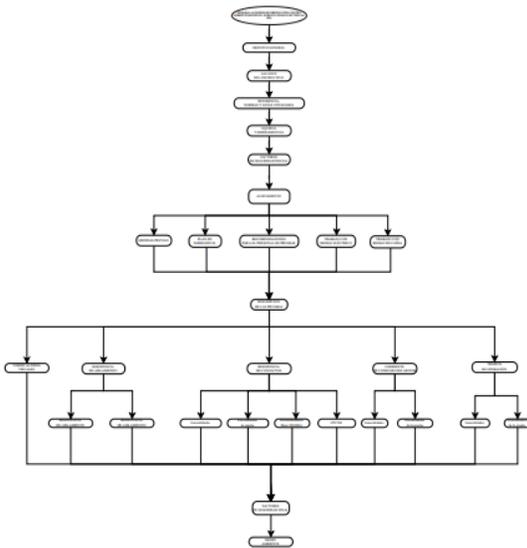


Figura 6. Diagrama de flujo del instructivo para protocolos de pruebas.

Se diseñó un formato general para estandarizar el proceso que abarque cada uno de los procesos planteados en el diagrama de la figura 6 y se realiza un cuadro para determinar la distribución del contenido del instructivo.

Tabla 2. Formato para el desarrollo de instructivo

NUMERAL	ÍTEM	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

Se aplica normas APA para el instructivo en su redacción siguiendo las actividades del formato diseñado y el organigrama planteado anteriormente, dando como resultado el instructivo de pruebas.

Pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas, DPS.

Ver Anexo A.

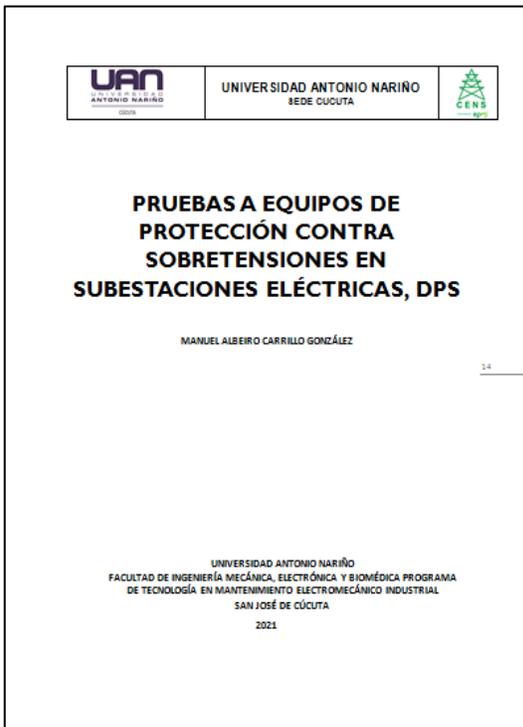


Figura 7. Portada del instructivo. Anexo A

Procedimiento de socialización del instructivo:

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



Figura 8. 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 9. Resultados de la encuesta
Fuente: Autor del proyecto

En la socialización participaron 14 técnicos operativos en mantenimiento de subestaciones.

1. Participo de la socialización del procedimiento de las pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas DPS:



En esta pregunta en la encuesta la participación fue de 10 técnicos operativos, 1 asistente operativo, un jefe de cuadrilla, un programador de líneas de transmisión y un tecnólogo de redes.

2. Trabajo que desempeña en la empresa:



4 encuestados (29%) respondieron líneas para esta pregunta.



A la pregunta si su cargo tiene funciones técnicas, responde en que área de las siguientes se desempeña

3. Si su cargo tiene funciones técnicas, responda en que área de las siguientes se desempeña



En la pregunta si tiene usted algún tipo de formación o experiencia en el mantenimiento de equipos de protección contra

sobretensiones en subestaciones eléctricas conectados a la red, los 14 contestaron afirmativamente.

4. Conocimiento del proceso de pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas
¿Tiene usted algún tipo de formación o experiencia en el mantenimiento de equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas conectados a la red?

[Más detalles](#) [Insights](#)

● SI 14
● NO 0



A la pregunta aplicaría usted el instructivo para realizar las pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS) conectados a la red.

Los 13 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 pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas, (DPS). Conectados a la red.

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 los DPS, 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 a los DPS, lo mismo que la SST y la protección personal; esto impacta directamente la parte económica porque con cero accidentes se protege 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 DPS se diseñó un capítulo de seguridad Ambiental. Consultando la guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica, esta guía esta 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 DPS 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 equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS) permitiendo identificar varios aspectos importantes a trabajar.

El proceso de la elaboración de los protocolos y actividades para las pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS) entrega un listado de equipos especializados para estas pruebas.

El desarrollo de este proyecto entrega un instructivo de pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS), 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 a los equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS).

Lea detenidamente las instrucciones de seguridad y el procedimiento para la elaboración de las pruebas a los equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas (DPS).

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

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.

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>

CDEC SIC, “Criterios de Diseño para las Nuevas Subestaciones en Aire (AIS) del Sistema de Transmisión Nacional del SIC CDEC SIC,” 2016.

I.E SOLIS, Luis Eduardo. Especificaciones técnicas y características técnicas

garantizadas para seccionadores 34.5kv. Consecutivo del documento: LS-F-CON-ASC297-EL-04. [en línea].

Ingeniería T&D. Subgerencia de Distribución. Estructuras 34,5 kV. [en línea]. Norte de Santander.

J. U. Proyectos, “SUBESTACIONES CENS-NORMA TÉCNICA - CNS-NT-04 CNSNT- 04,” pp. 1–44, 2016.

L. S. B. Pinela, “DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS,” vol. 1, p. 246, 2011.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, “Anexo general del RETIE,” p. 211, 2013.

SOCOL S.A., 2012, 1 p. Disponible en <http://socol.com.co/wp-content/uploads/2015/06/2013-11-20-tarjeta-GAV-V.pdf>