

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE ENERGÍA SEGUROS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS EN LA ESFOT-EPN (ZONA 1)

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

ÁNGEL ANDRÉS PUENAYAN AGUALONGO

angel.puenayan@epn.edu.ec

LUIS FABIÁN CHANGO PALOMO

luis.chango@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO MSc.

pablo.proaño@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA MSc.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, junio 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, Ángel Andrés Puenayán Agualongo y Luis Fabián Chango Palomo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación COESC, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociara los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa vigente.

Ángel Andrés Puenayán Agualongo

Luis Fabián Chango Palomo

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Ángel Andrés Puenayán Agualongo y Luis Fabián Chango Palomo en el diseño de este, bajo nuestra supervisión.

Firma:

Firma:

Ing. Pablo Proaño Chamorro
Director del Proyecto

Ing. Carlos Romo Herrera
Codirector del Proyecto

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme brindado sabiduría, mostrarme el camino del bien y darme fuerzas para poder superar las dificultades de la vida.

A mis padres y hermanos por ser las personas motivadoras de mis sueños, gracias a ellos por confiar en mí y gracias a sus buenos consejos los cuales han sido para mí fuente de inspiración para poder superarme cada día.

A la Escuela Politécnica Nacional especialmente a los profesores de la ESFOT por haber compartido sus conocimientos y ayudarme a formarme como un profesional.

Al Ing. Pablo Proaño y al Ing. Carlos Romo por su guía y colaboración en la realización del presente proyecto.

Al Sr. Manuelito Comina por su desinteresada ayuda y colaboración en la realización del proyecto.

Finalmente, agradezco a todos los compañeros de clases y de tesis, por los momentos vividos a través de la carrera, donde se tuvieron momentos alegres y tristes, pero a pesar de ello, siempre demostraron su amistad, compañerismo y apoyo.

Luis

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi Madre, aunque ya no estés a mi lado, siempre te llevare en mente y corazón. Gracias a tus consejos que son los recuerdos que me motivan esforzarme y seguir adelante en la vida.

A mi hermana Martha por su apoyo y estar presente en los momentos difíciles.

A mi hermano Gonzalo y su esposa Mary gracias por su apoyo y palabras de aliento para seguir adelante.

A Eduardo, Camila, Adriana y Matthew gracias por su cariño y a ustedes que son las personas que me incentivan a ser cada día mejor.

Luis

AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a Dios por darme toda la sabiduría para poder enfrentar todos los retos que nos impone la vida y el don de la perseverancia para alcanzar una meta más de las tantas que están por venir.

A mis padres y hermano por darme el apoyo incondicional todos los días, por sus palabras de aliento para culminar la carrera profesional que escogí, por transmitirme valores que me han ayudado a ser una mejor persona y por sus consejos de que todo lo que se está realizando hay que hacerlo con calma y sin desesperarse.

A los diferentes docentes de la ESFOT – EPN que impartieron sus conocimientos para prepararnos como profesionales y en especial al Ing. Pablo Proaño por su paciencia y por ser el guía en la realización de este tema de tesis de una manera desinteresada

A Alexandra por apoyarme en todo lo que me he propuesto, por motivarme todos los días para culminar mis estudios, por ser una persona muy alegre y por enseñarme a siempre ver todo lo bueno de la vida.

Ángel

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mis padres y en especial a mi hermano por su ejemplo de superación profesional al continuar estudiando y no dejarse decaer en los momentos difíciles de la vida, que a pesar de contar ya con su familia logro culminar su carrera y de su sabiduría para ayudarme en muchas ocasiones a resolver problemas de una mejor forma

A mi sobrina Krishín y mi sobrino Steve, que con su amor me motivaron a no rendirme y cumplir todas mis metas y propósitos para ser un gran ejemplo para ellos, por su forma de alegrarme en los momentos más difíciles de la vida y hacerme compañía en muchas ocasiones.

Ángel

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 | Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2 | Justificación | 2 |
| 1.3 | Objetivos..... | 3 |
| 1.4 | Fundamento Teórico..... | 3 |
| 2 | METODOLOGÍA..... | 10 |
| 2.1 | Descripción de la metodología usada | 10 |
| 3 | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 11 |
| 3.1 | Requerimientos para la implementación de los puntos seguros de energía..... | 12 |
| 3.2 | Selección de conductores eléctricos | 14 |
| 3.3 | Dimensionamiento de los elementos de protección ante sobrevoltaje..... | 19 |
| 3.4 | Selección de los elementos de protección ante sobrecorrientes. | 22 |
| 3.5 | Diseño de diagramas unifilares del sistema de protección..... | 25 |
| 3.6 | Instalación del sistema de protección..... | 26 |
| 3.7 | Mejoramiento del sistema de puesta a tierra..... | 30 |
| 3.8 | Pruebas y Análisis de resultados | 38 |
| 4 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 45 |
| 4.1 | Conclusiones | 45 |
| 4.2 | Recomendaciones | 46 |
| 5 | BIBLIOGRAFÍA | 47 |
| 6 | ANEXOS | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Pirámide de estrategias de protección | 3 |
| Figura 1.2: Superposición de la sobretensión a la tensión nominal. | 4 |
| Figura 1.3: Funcionamiento de un DPS..... | 5 |
| Figura 1.4: Encapsulado de un MOV | 6 |
| Figura 1.5: Curva corriente-voltaje de un varistor..... | 6 |
| Figura 1.6: Encapsulado de un descargador de gas. | 7 |
| Figura 1.7: Característica intensidad -tensión de un descargador | 8 |
| Figura 1.8: Forma de onda 10/350 (μ s)..... | 9 |
| Figura 1.9: Forma de onda 8/20 (μ s)..... | 9 |
| Figura 1.10: Forma de onda 1,2/50 (μ s)..... | 9 |
| Figura 3.1: Señalización de la zona 1 | 11 |
| Figura 3.2: Contador trifásico para la zona 1 | 13 |
| Figura 3.3: Tablero de distribución principal..... | 13 |
| Figura 3.4: Tablero de distribución secundario..... | 14 |
| Figura 3.5: Racks tipo mural | 15 |
| Figura 3.6: Conductor enchaquetado de PVC | 19 |
| Figura 3.7: DPS tipo 2..... | 20 |
| Figura 3.8: Esquema del DPS tipo 2 | 20 |
| Figura 3.9: Dispositivo DPS tipo 3..... | 21 |
| Figura 3.10: Dispositivo DPS con limitador térmico..... | 23 |
| Figura 3.11: Esquema unifilar para la edificación de la dirección ESFOT..... | 25 |
| Figura 3.12: Esquema unifilar para la edificación de aulas ESFOT..... | 26 |
| Figura 3.13: Instalación de conductores edificio de aulas ESFOT-EPN. | 27 |
| Figura 3.14: Instalación de conductores edificio de la dirección ESFOT-EPN..... | 27 |
| Figura 3.15: Gabinete para tablero de protección. | 28 |
| Figura 3.16: Construcción de tableros de protección..... | 29 |
| Figura 3.17: Instalación de tableros de protección. | 29 |
| Figura 3.18: Conexión a tierra aislada..... | 30 |
| Figura 3.19: Conexión de tomacorriente de tierra aislada. | 30 |
| Figura 3.20: Medición de puesta a tierra antigua edificio de aulas ESFOT..... | 31 |
| Figura 3.21: Envase del mejorador de suelo | 31 |
| Figura 3.22: Excavación de la puesta a tierra..... | 32 |
| Figura 3.23: Mezcla del producto mejorador de suelos. | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.24: Vertido del mejorador de suelo..... | 32 |
| Figura 3.25: Relleno de la puesta a tierra..... | 33 |
| Figura 3.26: Molde de grafito y material fundente. | 33 |
| Figura 3.27: Unión mediante suelda exotérmica..... | 34 |
| Figura 3.28: Cajas de inspección de puesta a tierra..... | 34 |
| Figura 3.29: Valor de puesta a tierra antigua en el edificio de la Dirección ESFOT | 35 |
| Figura 3.30: Electrodo de grafito. | 35 |
| Figura 3.31: Excavación de pozo para la puesta a tierra..... | 36 |
| Figura 3.32: Instalación del electrodo de grafito. | 36 |
| Figura 3.33: Compactación de terreno con el mejorador de suelo..... | 37 |
| Figura 3.34: Soldadura exotérmica de puesta a tierra | 37 |
| Figura 3.35: Cajas de inspección de puesta a tierra..... | 37 |
| Figura 3.36: Comprobador de red para tomacorrientes..... | 38 |
| Figura 3.37: Telurómetro marca Megger | 41 |
| Figura 3.38: Esquema de medición de tres terminales..... | 42 |
| Figura 3.39: Esquema de conexión de tres terminales..... | 42 |
| Figura 3.40: Diagrama de conexión de los electrodos..... | 43 |
| Figura 3.41: Lectura de medición de resistencia a tierra edificio de aulas ESFOT. | 43 |
| Figura 3.42: Lectura de medición de resistencia a tierra edificio dirección ESFOT. | 43 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 3.1: Ubicación de los racks en la zona 1 | 12 |
| Tabla 3.2: Distancias de circuitos para selección de conductores | 14 |
| Tabla 3.3: Cálculo de potencia instalada en cada rack informático..... | 15 |
| Tabla 3.4: Resumen del cálculo de conductores. | 16 |
| Tabla 3.5: Equivalencias de conductores AWG..... | 17 |
| Tabla 3.6: Código de colores para conductores eléctricos norma NEMA/ANSI | 18 |
| Tabla 3.7: Significado de aislamiento THHN | 18 |
| Tabla 3.8: Características del DPS tipo 2 ante sobretensiones | 21 |
| Tabla 3.9: Características del DPS tipo 3 ante sobretensiones | 22 |
| Tabla 3.10: Tabla de breakers comerciales para riel DIN. | 22 |
| Tabla 3.11: Especificaciones técnicas para la instalación del DPS tipo 2 | 23 |
| Tabla 3.12: Especificaciones técnicas del electrodo de grafito | 36 |
| Tabla 3.13: Especificaciones de fallas en tomacorrientes..... | 38 |
| Tabla 3.14: Test de tomacorrientes para los racks. | 39 |
| Tabla 3.15: Voltajes medidos en cada circuito derivado | 40 |
| Tabla 3.16: Valores de referencia de puestas a tierra..... | 44 |

RESUMEN

El presente proyecto responde a la necesidad de contar con un sistema de protección para el equipamiento electrónico alojado en los racks informáticos de la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, implementando un sistema que permita reducir las sobretensiones transitorias, para lo cual el proyecto está conformado por cuatro capítulos, como se detalla a continuación:

El capítulo uno consta de una breve introducción, la identificación del problema, la justificación por la cual se desarrolló el proyecto y los objetivos, general y específicos a cumplir, además, se describe el fundamento teórico empleado para la realización del proyecto de titulación

El capítulo dos describe la metodología utilizada para la realización del proyecto mediante el estudio de los diferentes requerimientos para la implementación del sistema de protección dentro de la ESFOT-EPN, para lo cual, se realizó la inspección del suministro, distribución y sistema de puesta a tierra de las instalaciones eléctricas y por último el reconocimiento de los racks para la Zona 1.

El capítulo tres describe los resultados y discusiones obtenidos al implementar el sistema de protección y se da a conocer el dimensionamiento de los circuitos, elementos de protección de sobrevoltaje y sobrecorriente. Además, se describe el análisis de resultados obtenidos en el proyecto.

Finalmente, el capítulo cuatro muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la finalización de la ejecución y funcionamiento del proyecto de titulación.

ABSTRACT

This project responds to the need to have a protection system for the electronic equipment housed in the computer racks of the Technologist Training School of the National Polytechnic School, implementing a system that reduces transient surges, for which the project is made up of four chapters, as detailed below:

Chapter one consists of a brief introduction, the identification of the problem, the justification for which the project was developed and the objectives, general and specific to be fulfilled. In addition, the theoretical foundation used to carry out the degree project is described.

Chapter two describes the methodology used to carry out the project by studying the different requirements for the implementation of the protection system within the ESFOT-EPN, for which, the supply, distribution and commissioning system inspection was carried out ground of the electrical installations and finally the recognition of the racks for Zone 1.

Chapter three describes the results and discussions obtained when implementing the protection system and the dimensioning of the circuits, overvoltage and overcurrent protection elements is disclosed. In addition, the analysis of results obtained in the project is described.

Finally, chapter four shows the conclusions and recommendations obtained in the completion of the execution and operation of the degree project.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE ENERGÍA SEGUROS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS EN LA ESFOT-EPN”, el cual se encuentra en funcionamiento desde hace 6 meses y tiene como principal objetivo la protección de los racks informáticos los cuales, se encuentran ubicados en las diferentes edificaciones de la ESFOT-EPN, donde ha surgido la necesidad de protegerlos ante perturbaciones eléctricas que normalmente no se las tienen en cuenta como son las sobretensiones transitorias.

Para ello se construyeron dos tableros que alimentan circuitos de fuerza dedicados para cada rack, los cuales cuentan con protecciones termomagnéticas para defectos como cortocircuitos o sobrecargas. Además, como equipos complementarios se realizó la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS), los cuales son encargados de reducir los picos transitorios, evitando así la destrucción o envejecimiento de equipos electrónicos delicados que se encuentran conectados a la red eléctrica de forma permanente.

La protección contra sobretensiones se la efectuó de manera eficaz en dos etapas, la primera limitación se la realizó en el tablero de alimentación y ante cualquier voltaje residual de la primera etapa se instaló un segundo dispositivo de protección en el equipo final, mediante ello se reduce de manera efectiva los sobrevoltajes transitorios. De igual manera para facilitar el drenaje seguro de los picos transitorios a tierra se realizó el mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra de acuerdo con los valores de resistencia recomendados en la IEEE 80.

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente los equipos electrónicos modernos son cada vez más susceptibles a perturbaciones eléctricas (APCs, 2019; APC, 2019), ante estos problemas se debe contar con un eficaz sistema de protección. En la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional al contar en su infraestructura con equipamiento delicado, como son racks que contienen equipos informáticos y de telecomunicaciones, surgió la necesidad de implementar un sistema de protección que garantice la seguridad de estos equipos.

Un aspecto importante que se observa en el deterioro de equipos electrónicos es la deficiente calidad de la energía eléctrica donde una de las perturbaciones más peligrosas es

la causada por los sobrevoltajes transitorios que son picos de voltaje que pueden alcanzar valores de decenas de kilovoltios y cuya duración están dentro del orden de los microsegundos (Ciprotec, 2019), donde a pesar de su corta duración pero al mismo tiempo el alto contenido de energía, puede causar la destrucción de los equipos sensibles conectados a la red eléctrica.

Además, se suma la situación que el sistema eléctrico en la ESFOT-EPN no presentaba un correcto sistema de puesta a tierra de sus instalaciones eléctricas, para lo cual esto ha contribuido a que se presenten problemas en los equipos electrónicos y debido a estos inconvenientes se estaba ocasionando el deterioro o en el peor de los casos el daño total de los racks informáticos. Por ello fue de vital importancia contar con un sistema de puesta a tierra que garantice la seguridad de las personas y equipos ante corrientes de fallas de cualquier naturaleza (At3w.com, 2019).

1.2 Justificación

Mediante este proyecto se solucionó los problemas descritos anteriormente, implementando un sistema de protección que permitió reducir los sobrevoltajes transitorios y que está orientado principalmente a la seguridad de los racks informáticos, ya que estos equipos al encontrarse la mayor parte del tiempo conectados a la red eléctrica son los más expuestos ante este tipo de perturbaciones eléctricas (Rodríguez, 2014). Con este proyecto se buscó beneficiar al personal administrativo, docente y estudiantil, manteniendo la operatividad de los racks en todo momento y así evitando la interrupción de sus servicios.

La protección contra sobretensiones se la realizó mediante la adquisición de un DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias), este dispositivo trabaja derivando a una tierra física el exceso de energía y limitando el pico de voltaje a un valor soportable por los equipos electrónicos conectados a la red eléctrica (Santos, 2014). Además, se planteó un plan de protección en dos etapas, primero con la instalación de un DPS con alta capacidad de descarga alojado en el tablero eléctrico y luego un DPS de nivel reducido de protección el cual fue instalado en la carga final (Ciprotec, 2019).

El sistema de puesta a tierra es un elemento esencial en toda instalación eléctrica, puesto que un DPS depende de ello para su correcto funcionamiento. Este proyecto realizó el mejoramiento del actual sistema de puesta a tierra basado en normas y reglamentos que garantizarán la seguridad de la instalación eléctrica.

1.3 Objetivos

- **Objetivo General**

Implementar puntos de energía seguros para protección de equipo electrónico en la ESFOT-EPN (ZONA 1)

- **Objetivos específicos**

- Definir los requerimientos necesarios para la implementación de los puntos de energía seguros.
- Implementar el sistema de protección contra sobretensiones transitorias.
- Mejorar el sistema de puesta a tierra en la ESFOT (ZONA 1).
- Realizar pruebas y análisis de resultados.

1.4 Fundamento Teórico

- **Protección de equipos electrónicos**

La introducción a gran escala de equipos electrónicos en los sistemas eléctricos actuales y debido a que sus componentes son susceptibles a pequeñas fluctuaciones de la tensión o la corriente, es de gran importancia garantizar el buen funcionamiento de estos equipos (Polo, 2019). Para minimizar estos problemas se ha establecido una pirámide de protección basada en las estrategias que se presenta en la Figura 1.1.



Figura 1.1: Pirámide de estrategias de protección
Fuente: (ATP, 2019)

Por ello es importante considerar que un adecuado sistema de protección está basado en los factores que componen la pirámide de estrategias de protección como se describe a continuación: (Factor, 2019)

Sistemas de puesta tierra. Se debe contar con un sistema de puesta tierra estable con baja resistencia que permita dirigir las corrientes de falla hacia una tierra física de manera segura y que cumpla con los parámetros establecidos en los reglamentos de instalaciones eléctricas.

Dispositivos de protección contra sobrevoltajes (DPS/SPD/TVSS). El segundo nivel se enfoca en instalar supresores de transitorios que reduzcan la magnitud de eventos de alta energía y corta duración.

UPS. El tercer nivel se enfoca en la instalación de una fuente de respaldo de energía y reguladores de voltaje, si los cortes de energía son habituales o existen elevaciones o caídas de voltajes frecuentes en la instalación eléctrica.

Generadores. La instalación de estos equipos se amerita en instalaciones que presenten falta de continuidad del servicio eléctrico por parte de las compañías suministradoras.

Redundancia. Se refiere a la instalación de equipos adicionales que mejoren la calidad de la energía como son: sistemas de pararrayos, filtros de armónicos, filtros de ruido, etc.

Monitoreo. Con la pirámide de protección construida es necesario realizar el monitoreo y aplicar los mantenimientos correspondientes a los equipos de protección.

Por tanto, este proyecto fue enfocado principalmente al primer y segundo nivel de protección, que trata sobre el sistema de puesta a tierra y las sobretensiones transitorias.

- **Sobretensiones transitorias**

La sobretensión transitoria es una onda o impulso que se superpone a la onda de tensión nominal de la red como se observa en la Figura 1.2, produciendo un gran aumento del valor de la tensión durante un periodo muy corto de tiempo del orden de los microsegundos (Levy, 2016).

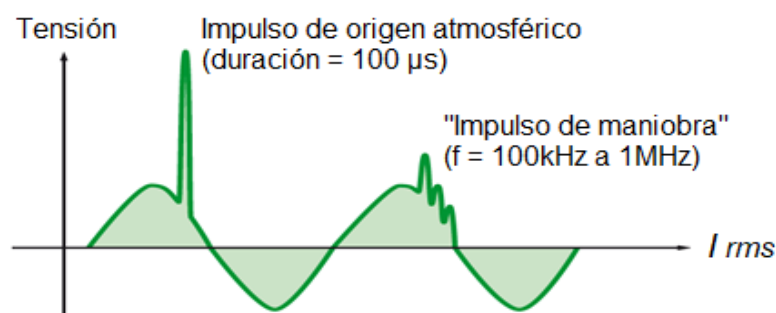


Figura 1.2: Superposición de la sobretensión a la tensión nominal.
Fuente: (Levy, 2016)

- **Tipos de sobretensiones transitorias**

Según el origen de las sobretensiones transitorias se clasifican en dos tipos: (Levy, 2016)

Sobretensiones de origen atmosférico. Se deben a la caída directa o indirecta de rayos. Este tipo de sobretensiones son menos habituales, pero más peligrosas, debido a que poseen valores de cresta muy elevados y contienen una alta energía

Sobretensiones de maniobra. Son causadas principalmente por desconexión de cargas inductivas (transformadores, motores), encendido o interrupción de dispositivos de conmutación. La sobretensión no es muy elevada, pero son las más habituales de manera que producen la mayoría de los problemas de mal funcionamiento en equipos delicados.

- **Dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS)**

Un DPS actúa como interruptor controlado por tensión como se presenta en la Figura 1.3, es decir cuando la tensión de la red es normal, el protector actúa como un elemento de alta impedancia y de esta manera por el no circula corriente. Por lo contrario, cuando la tensión de red es superior a su tensión nominal el dispositivo actúa como un elemento de impedancia cercana a cero permitiendo el paso de corriente y derivando la sobretensión al sistema de puesta a tierra (Santos, 2014).

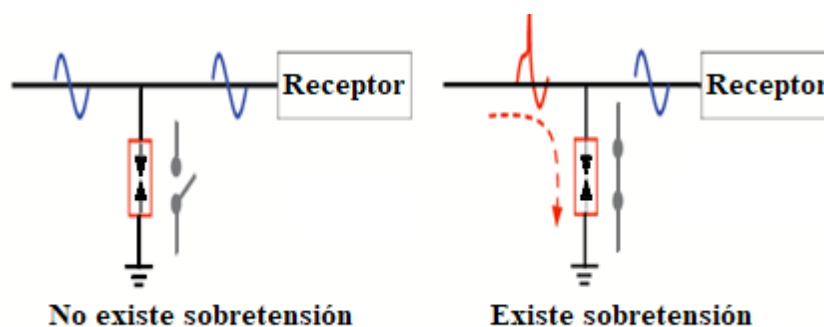


Figura 1.3: Funcionamiento de un DPS
Fuente: (Santos, 2014)

- **Tecnologías de los DPS**

Varistor de Oxido Metal (MOV). El varistor de óxido metálico como se presenta en la Figura 1.4 es el tipo más común de varistor, este contiene una masa cerámica de granos de óxido de zinc, cimentado con otros óxidos de metal como bismuto, cobalto, manganeso los cuales son intercalados entre dos placas (Schneider, 2019).



Figura 1.4: Encapsulado de un MOV
Fuente: (Farnell, 2019)

Funcionamiento. Un varistor colocado entre dos conductores activos, en funcionamiento normal se comporta como un circuito abierto, pero ante una sobretensión se comporta como un cortocircuito, la respuesta es muy rápida del orden de los nanosegundos manteniendo la tensión a un nivel bajo (Schneider, 2019).

Los parámetros más importantes para un varistor son:

- ✓ La energía que puede disipar.
- ✓ El nivel de protección.
- ✓ La tensión máxima de servicio permanente.

Las características de las tres regiones en la que opera un varistor se observan en la Figura 1.5: (Schneider, 2019)

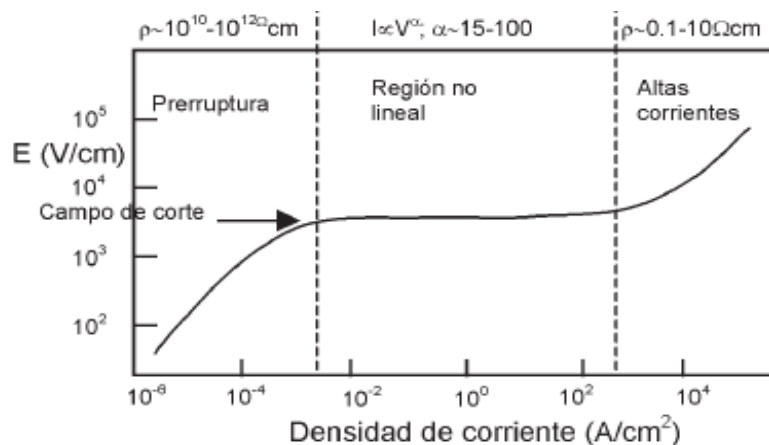


Figura 1.5: Curva corriente-voltaje de un varistor
Fuente: (Schneider, 2019)

Región de preruptura. El varistor presenta un comportamiento óhmico altamente resistivo, idealmente se espera que en esta región el varistor no conduzca corriente alguna. Sin embargo, el varistor permite el paso de corrientes de fuga.

Región no lineal. La segunda región corresponde a un comportamiento no lineal característico del varistor. En esta región, la característica de la intensidad es independiente

de la temperatura, es la zona de las sobretensiones de maniobra y de las atmosféricas moderadas y se puede establecer en la siguiente ecuación:

$$I = K \cdot V^\alpha \quad \text{Ec.1}$$

Dónde: V = tensión en bornes del varistor

I = intensidad de corriente.

K = constante en función de la geometría y el proceso de fabricación.

α = coeficiente de no linealidad >1

Región de altas corrientes. En la región de altas corrientes, el varistor adquiere un comportamiento lineal similar a la región de prerruptura, pero con una resistividad menor, es la zona de las sobretensiones de un rayo.

Descargador de tubo de gas (GDT). Un descargador de gas está formado por un tubo de cerámica o de cristal en el cual se encuentran dos electrodos como se presenta en la Figura 1.6. La cámara de tubo está llena de un gas noble, generalmente argón o neón que se encuentra a determinada presión. Cuando la tensión en los electrodos alcanza un valor mayor al de encendido se inicia el proceso de ionización en donde la resistencia de descarga cambia de un valor grande a un pequeño valor (Schneider, 2019)



Figura 1.6: Encapsulado de un descargador de gas.
Fuente: (Farnell, 2019)

La característica de tensión y corriente se presenta en la Figura 1.7, mediante esta curva se puede determinar si después de extinguir un impulso de sobretensión, el descargador de gas puede interrumpir de nuevo por si solo el circuito. La posibilidad de que el gas permanezca ionizado depende de la tensión de servicio de la red eléctrica y de la corriente secuencial a través de este mientras esta descargando.

Por otra parte, ante una descarga dentro de un gas es un proceso probable y la tensión de cebado de los descargadores de gas depende de la pendiente de la tensión perturbadora transitoria que se presente (Schneider, 2019).

Las principales ventajas son su fuerte poder de disipación de energía y una corriente de fuga despreciable, por tanto, se reduce el envejecimiento por excesivo calentamiento.

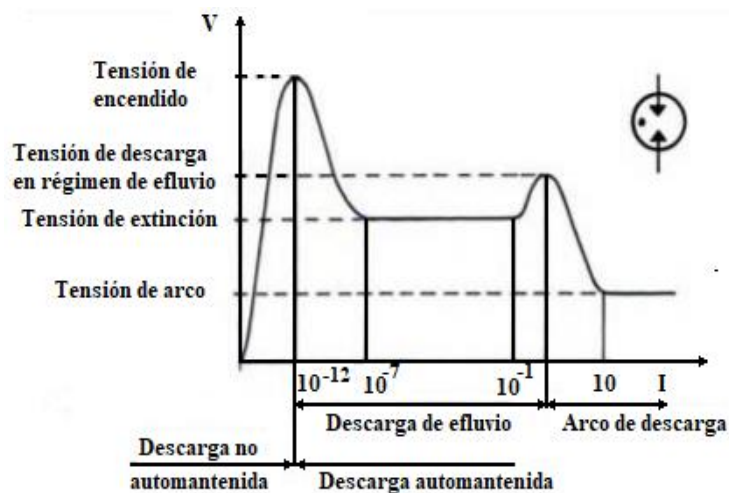


Figura 1.7: Característica intensidad -tensión de un descargador
Fuente: (Balcells, 2005)

- **Parámetros de funcionamiento de un DPS**

Un protector de sobretensiones está definido por las siguientes características: (Santos, 2014)

Intensidad máxima ($I_{m\acute{a}x}$). Es la máxima intensidad que puede descargar sin dañarse en forma de onda de 8/20, en una única vez.

Intensidad nominal (I_n). Es la intensidad que el dispositivo puede descargar 20 veces sin dañarse, es decir que el descargador puede ofrecer el orden de 20 actuaciones con esta corriente y seguir en funcionamiento.

Tensión máxima en régimen permanente (U_c). Es la máxima tensión eficaz a frecuencia industrial que puede aplicarse de forma permanente a los bornes del dispositivo para la cual funcionará de manera correcta.

Tensión residual (U_p). Máximo valor de tensión residual entre los bornes del dispositivo durante el recorrido de la corriente nominal de descarga I_n .

- **Clasificación de dispositivos de protección contra sobretensiones**

La clasificación de los dispositivos DPS está ligada con la cantidad de energía que pueden disipar y el tiempo de la sobretensión que deben limitar como se describe a continuación: (Ciprotec, 2019)

Tipo 1. Tienen la capacidad de derivar a tierra corrientes muy elevadas y son utilizados en cuadros generales de instalaciones donde el riesgo de impacto de un rayo es elevado. Son

ensayados con un impulso de onda 10/350 (μs), como se observa en la Figura 1.8, que simula la corriente que se produce en caso del impacto directo de un rayo.

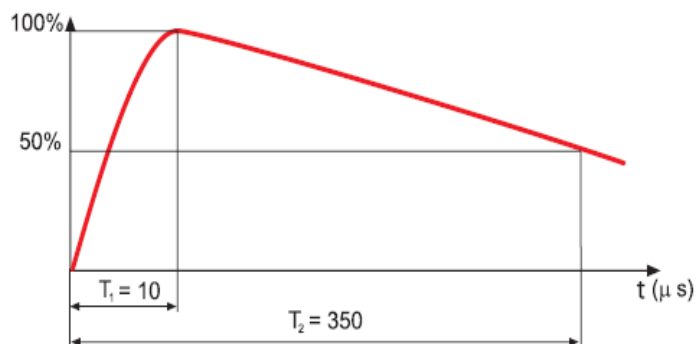


Figura 1.8: Forma de onda 10/350 (μs).
Fuente.: (Finder, 2019)

Tipo 2. Tienen la capacidad de derivar a tierra corrientes elevadas y son utilizados en cuadros secundarios de instalaciones donde el riesgo de impacto de un rayo es reducido. Son ensayados con un impulso de onda 8/20 (μs), como se observa en la Figura 1.9, que simula la corriente que se produce en caso de una conmutación o el impacto de un rayo.

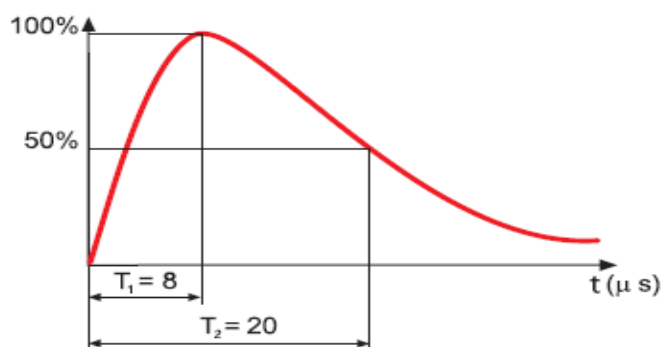


Figura 1.9: Forma de onda 8/20 (μs).
Fuente: (Finder, 2019)

Tipo 3. Tienen la capacidad de derivar a tierra corrientes medias y son utilizados para proteger equipos sensibles de sobretensiones internas. Son ensayados con un impulso de onda 1,2/50 (μs), como se observa en la Figura 1.10, que simula la corriente que se produce por una conmutación de origen interno.

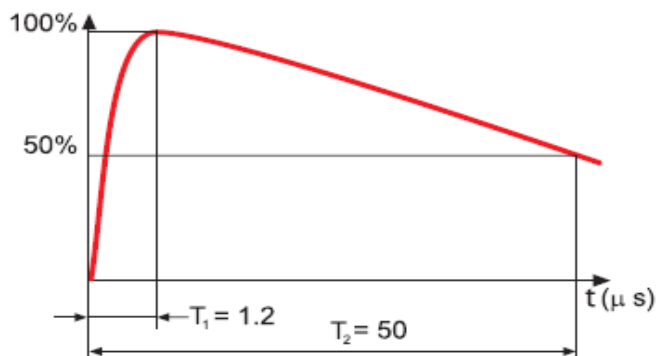


Figura 1.10: Forma de onda 1,2/50 (μs).
Fuente: (Finder, 2019)

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Para iniciar el proyecto se partió del estudio de las instalaciones eléctricas, principalmente verificando el estado de los sistemas de puesta a tierra existentes y ubicando los tableros de distribución que proporcionan energía a los circuitos de fuerza, para con ello determinar cómo se encuentra la alimentación de energía de los racks. Además, se realizó el reconocimiento y el número de los racks para la zona 1.

Como segunda fase, se realizó la investigación sobre el uso de dispositivos supresores de sobretensiones para protección de equipos electrónicos. Con ello se realizó la adquisición de DPS del tipo 2 y del tipo 3 que fueron utilizados en una protección en cascada. También se realizó el dimensionamiento de los elementos ante sobrecorrientes para la protección de los circuitos alimentadores y derivados.

Como tercera fase, para seleccionar del calibre de los conductores tanto para la alimentación del tablero de protección como los circuitos derivados se utilizó el método de caída de voltaje, mediante estos cálculos y con el uso de una tabla se identificó el calibre correspondiente para cada circuito de fuerza. Además, fue necesario desarrollar esquemas unifilares de los circuitos implementados y planos que especifiquen la nueva instalación eléctrica correspondiente al sistema de protección.

Con todos los elementos y dispositivos de protección se procedió a la implementación del sistema de protección, realizando el tendido de conductores de alimentación y ramales hacia cada rack como se encuentran señalados en los planos diseñados. Se realizó el montaje e instalación de los dispositivos de protección en el tablero de protección y por último la instalación del supresor incorporado al tomacorriente en donde se conectó cada rack. Para el mejoramiento del sistema de puesta a tierra se realizó el tratamiento del suelo empleando un mejorador químico, para mediante ello conseguir una resistencia adecuada para el seguro drenaje de las corrientes de falla y las sobretensiones de manera eficaz.

Para realizar las pruebas de funcionamiento se empleó un comprobador de contactos que permite verificar las polaridades de fase, neutro y tierra y el correcto funcionamiento del tomacorriente con el supresor de sobrevoltajes tipo 3, además se tomó los datos de voltaje para verificar las caídas de voltaje en cada circuito ramal. Por último, se realizó la medición de la resistencia del sistema de puesta tierra y para que, con todos los valores obtenidos en estas pruebas, evaluar la funcionalidad del sistema de protección.

3.1 Requerimientos para la implementación de los puntos seguros de energía

Se realizó el estudio de requerimientos dentro de la ESFOT-EPN correspondiente a la Zona 1, inspeccionando el sistema eléctrico donde se verificó principalmente el suministro eléctrico, los sistemas de puesta a tierra, la distribución de los circuitos de fuerza y la forma en la que se encontraban energizados los racks. Mediante los datos obtenidos se determinaron los requerimientos y condiciones necesarias para desarrollar el presente proyecto, en base a los siguientes puntos.

- **Ubicación de los racks para la Zona 1**

Como se mencionó en capítulos anteriores este proyecto fue orientado principalmente a la protección de los racks informáticos. Para ello se realizó un recorrido por las edificaciones de la ESFOT-EPN, verificando la ubicación y el número de racks que se encuentran operativos. En la Tabla 3.1 se describe la localización de cada rack dentro de las instalaciones de la ESFOT, correspondiente a la Zona 1.

Tabla 3.1: Ubicación de los racks en la Zona 1

| Edificación | Cantidad | Ubicación de racks para la zona 1 | |
|---------------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Edificio dirección Esfot | 1 | Rack | Lab. Marcelo Dávila |
| | 1 | Rack | Centro de la información |
| Edificio de aulas Esfot | 1 | Rack | Oficina 7 |
| | 1 | Rack | Lab. Tecnología Industrial |
| | 1 | Rack | Centro de Educación Física |

Fuente: (Propia)

- **Verificación del sistema eléctrico para la Zona 1.**

- **Suministro eléctrico**

Se verificaron las instalaciones eléctricas donde se cuenta con un suministro eléctrico provisto por la Empresa Eléctrica Quito S.A. (E.E.Q.) en voltaje trifásico de 220/127 (V). En la Figura 3.2 se observa el contador eléctrico y desde ahí se alimenta las instalaciones de la dirección y parte de aulas en la ESFOT - EPN.

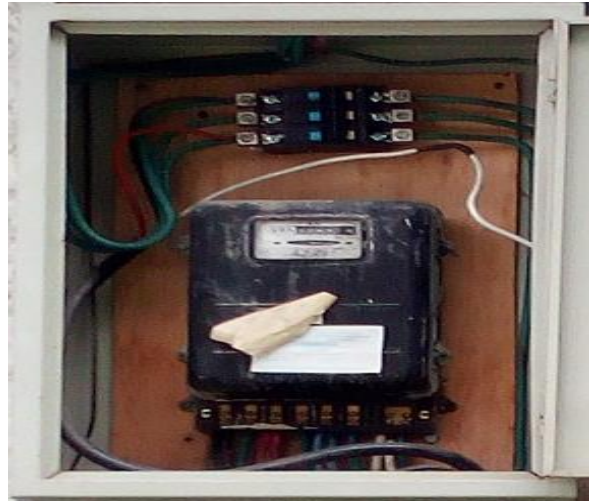


Figura 3.2: Contador trifásico para la Zona 1
Fuente: (Propia)

○ **Distribución eléctrica.**

Se cuenta con un tablero de distribución general trifásico, tipo centro de carga SQUARE-D de 30 puntos 220/127 (V) y 225 (A), el cual se encuentra ubicado en la oficina 7 de profesores y alimenta a cada uno de los circuitos de iluminación y fuerza, donde se observó que no se contaba con circuitos de alimentación dedicados para los racks y el tablero si disponía de una puesta a tierra para los circuitos de fuerza. En la Figura 3.3 se presenta el tablero de distribución principal que alimenta la edificación de aulas en la Zona 1.



Figura 3.3: Tablero de distribución principal.
Fuente: (Propia)

Además, se cuenta con un tablero de distribución secundario SQUARE-D de 12 puntos de 220/127 (V), 125 (A), el cual alimenta los circuitos de iluminación y fuerza. Como en el caso anterior se cuenta con un sistema de puesta tierra, pero no se contaba con circuitos dedicados para los racks. En la Figura 3.4, se observa el tablero el cual se encuentra ubicado en el edificio de la dirección de la ESFOT-EPN.



Figura 3.4: Tablero de distribución secundario
Fuente: (Propia)

3.2 Selección de conductores eléctricos

Al realizar la verificación del cableado eléctrico se constató la antigüedad de los conductores, lo cual puede originar fugas de corriente o en el peor de los casos hasta cortocircuitos incrementando el riesgo de un accidente para los usuarios y equipos eléctricos. Por esta razón se consideró la instalación de nuevos conductores que garanticen la seguridad y confiabilidad del sistema de protección. La selección de los conductores se realizó considerando los siguientes aspectos: suficiente capacidad de corriente, caída de voltaje dentro del límite admisible y tipo de aislamiento.

En la Tabla 3.2 se detalla la ubicación, el recorrido y las dimensiones de los circuitos que sirvieron de guía para determinar la longitud total de los circuitos de fuerza.

Tabla 3.2: Distancias de circuitos para selección de conductores

| Edificación | Circuitos de fuerza | | Longitud (m) |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| | Desde | Hacia | |
| Edificio de aulas Esfot | Tablero de distribución principal | Tablero de protección | 22 |
| | Tablero de protección | Rack / Oficina 7 de profesores | 24 |
| | Tablero de protección | Rack / Laboratorio de Control | 31 |
| | Tablero de protección | Rack / Centro de Educación Física | 42 |
| Edificio Dirección Esfot | Tablero de distribución secundario | Tablero de protección | 6 |
| | Tablero de protección | Rack / Laboratorio Marcelo Dávila | 38 |
| | Tablero de protección | Rack / Centro de la información | 25 |

Fuente: (Propia)

- **Cálculo de la corriente de diseño**

Se cuenta con racks de tipo mural como se observa en la Figura 3.5, que principalmente están dedicados al cableado estructurado de redes, donde el equipo más sensible es el switch de red.



Figura 3.5: Racks tipo mural
Fuente: (Propia)

Para estimar el consumo de potencia se tomaron los datos de placa de los componentes electrónicos alojados en los armarios, mediante estos valores se obtuvieron los consumos de corriente de los racks como se detalla en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Cálculo de potencia instalada en cada rack informático.

| Ítem | Equipo Electrónico | Cantidad | Potencia (W) | Corriente (A) |
|--|---|----------|--------------|---------------|
| 1 | Switch de red 48 puertos (consumo al 100% de cargas POE) ¹ | 1 | 740 | 6,16 |
| 2 | Adaptadores de inyección POE ² | 2 | 30 | 0,5 |
| 3 | UPS ³ | 1 | 350 | 3,24 |
| | | Total | 1120 | 9,8 |
| 1. Dato tomado de la Hoja de datos Switch Cisco Catalys 2960 2. Dato tomado de la placa del equipo 3. Dato tomado de la placa del equipo | | | | |

Fuente: (Propia)

Además, se consideró que las cargas alojadas en un rack no son estáticas y los servidores y demás equipos informáticos en un futuro pueden ser remplazados por equipos más potentes o eficientes, para satisfacer futuras necesidades de energía se tomó el criterio de multiplicar por un factor de sobredimensionamiento de seguridad del 25% (APC, 2019) , donde se tiene

prevista una corriente para cada circuito de fuerza de cada uno de los racks informáticos de acuerdo a la ecuación 2:

$$I_d = I_c \cdot f_s \quad \text{Ec.2}$$

$$I_d = 9,8 \cdot 1,25$$

$$I_d = 12,1 \text{ (A)}$$

Dónde: I_d = Corriente de diseño

I_c = 9,8 (A) corriente estimada por cada rack dato de la Tabla 3.3

f_s = Factor de sobredimensionamiento del 25%

- **Dimensionamiento de los conductores por el método de caída de voltaje**

Mediante el método de caída de tensión se determinó el calibre de los conductores tanto para la alimentación de los tableros de protección y para los circuitos de fuerza derivados con el fin de dimensionar correctamente la instalación, para ello mediante la ecuación 3 se realizaron los cálculos de dimensionamiento:

$$S = \rho \frac{2 L I}{V_n \cdot e\%} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde: S = Sección del conductor en (mm^2)

ρ = Resistencia del conductor cobre $0.018 \left(\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$

L = Longitud del conductor (m)

I = Intensidad de la corriente eléctrica (A)

V_n = Voltaje nominal (V)

$e\%$ = Porcentaje de caída de voltaje admisible

Los resultados obtenidos de los cálculos realizados para el dimensionamiento de los conductores se resumen en la Tabla 3.4. Todos los conductores fueron diseñados para transportar la corriente requerida en los dos tableros de protección que fueron implementados, con una caída de voltaje admisible del 3% (Harper, 2010).

Tabla 3.4: Resumen del cálculo de conductores.

| Cálculo de calibre de conductores eléctricos por caída de voltaje | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|---|------------------------------|
| Edificación | Circuitos | Longitud (m) | Corriente (A) | Voltaje (V) | e (%) | Sección (mm^2) | ΔV |
| Edificio de Aulas Esfot | Circuito de alimentación | 22 | 36 | 127 | 3 | 7,483 | 2,69 |
| | Circuito derivado Oficina 7 | 24 | 12 | 127 | 3 | 2,721 | 2,47 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----|----|-----|---|-------|------|
| | Circuito derivado Lab. C. Industrial | 31 | 12 | 127 | 3 | 3,515 | 3,08 |
| | Circuito derivado Educación Física | 42 | 12 | 127 | 3 | 4,762 | 2,71 |
| Edificio de Dirección Esfor | Circuito de alimentación | 6 | 24 | 127 | 3 | 1,361 | 0,78 |
| | Circuito derivado C. Información | 25 | 12 | 127 | 3 | 2,835 | 2,54 |
| | Circuito derivado Lab. M. Dávila | 38 | 12 | 127 | 3 | 4,309 | 2,46 |

Fuente: (Propia)

Mediante los valores obtenidos de la sección de conductores en (mm^2) en la Tabla 3.4 se busca su equivalencia AWG empleando la siguiente Tabla 3.5 de conductores como se presenta a continuación:

Tabla 3.5: Equivalencias de conductores AWG.

| Tipo de aislante | | TW | RHW, THW | THHN, THWN-2 |
|----------------------|---------------|--------------------|-------------|--------------|
| Nivel de temperatura | | 60°C | 75°C | 90°C |
| Calibre de cable | | Amperaje soportado | | |
| AWG | mm^2 | (A) | | |
| 14 | 2,082 | 20 | 20 | 25 |
| 12 | 3,307 | 25 | 25 | 30 |
| 10 | 5,260 | 30 | 35 | 40 |
| 8 | 8,367 | 40 | 50 | 55 |
| 6 | 13,30 | 55 | 65 | 75 |
| 4 | 21,15 | 70 | 85 | 95 |

Fuente: (Centelsa,2019)

Todos los conductores utilizados son de cobre, con las siguientes características tomando como referencia la Tabla 3.5:

Para circuitos de alimentación: Se tiene un el valor de 7,48 (mm^2), para lo cual su equivalencia es el calibre 8 AWG.

Para circuitos derivados: Se tiene un valor de 2,72 (mm^2) para lo cual su equivalencia es el calibre 12 AWG, excepto para los circuitos con tramos de 42 y 38 (m) que con un valor de 4,79 y 4,32 (mm^2) respectivamente, su equivalencia es el calibre 10 AWG.

Para la selección del color de los conductores eléctricos, se lo realizó tomando como referencia la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Código de colores para conductores eléctricos norma NEMA/ANSI

| Sistema | 1 ϕ | 1 ϕ | 3 ϕ Y | 3 ϕ Δ | 3 ϕ Δ | 3 ϕ Y | 3 ϕ Y | 3 ϕ Δ | 3 ϕ Δ |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Tensiones nominales (voltios) | 120 | 240/120 | 208/120 | 240 | 240/208/120 | 380/220 | 480/440 | 480/440 | Más de 1000(V) |
| Conductores activos | 1 fase 2 hilos | 2 fases 3 hilos | 3 fases 4 hilos | 3 fases 3 hilos | 3 fases 4 hilos | 3 fases 4 hilos | 3 fases 4 hilos | 3 fases 4 hilos | 3 fases |
| Fases | Negro trifásico | Negro Rojo | Amarillo Azul Rojo | Negro Azul Rojo | Negro Naranja azul | Café Negro Amarillo | Café Naranja Amarillo | Café Naranja Amarillo | Violeta Café Rojo |
| Neutro | Blanco | Blanco | Blanco | No aplica | Blanco | Blanco | Gris | No aplica | No aplica |
| Tierra de protección | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde | Desnudo O verde |
| Tierra aislada | Verde o Verde/ amarillo | Verde o Verde/ Amarillo | Verde o Verde/ Amarillo | No aplica | Verde o Verde/ amarillo | Verde o Verde/ amarillo | No aplica | No aplica | No aplica |

Fuente: (NEC, 2020)

Con el fin de cumplir la norma NEMA/ANSI y facilitar el reconocimiento de los conductores en la instalación, se determinó el color de los conductores de acuerdo con la Tabla 3.6, considerando un sistema monofásico de la siguiente manera:

Fase \Rightarrow Negro

Neutro \Rightarrow Blanco

Tierra \Rightarrow Verde

Al ser tendidos por el techo los conductores de los circuitos de fuerza, se tomó como criterio de seguridad la utilización de conductores multifilares enchaquetados de 3 hilos para (fase, neutro y tierra) y aislamiento tipo THHN como se especifica en la Tabla 3.7 de la siguiente manera:

Tabla 3.7: Significado de aislamiento THHN

| Sigla | Descripción |
|-------|---------------------------------|
| T | Termoplástico |
| HH | Resistencia al calor hasta 90°C |
| N | Cubierta de nylon |

Fuente: (Electrocable, 2020)

En la Figura 3.6, se presentan los conductores eléctricos con chaqueta de PVC, el cual permite ser colocado a la intemperie sin la necesidad de utilizar conductos o manguera de protección.



Figura 3.6: Conductor enchaquetado de PVC
Fuente: (Propia)

3.3 Dimensionamiento de los elementos de protección ante sobrevoltaje.

Para la selección de los dispositivos supresores de sobretensiones se planteó un sistema de protección que comprende la utilización de un DPS tipo 2 instalado en el tablero eléctrico y finalizando con un DPS tipo 3 instalado en el equipo final. Para su correcto dimensionamiento se tomó los siguientes criterios establecidos en la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC de Instalaciones Electromecánicas capítulo 15:

- ✓ En paneles secundarios se debe instalar dispositivos supresores de sobrevoltajes probados en la categoría B o tipo 2.
- ✓ El máximo voltaje de operación continua del MOV del supresor debe ser mayor 110% del voltaje nominal del sistema.

$$I_n = 127 \cdot 1,1$$

Ec. 4

$$I_n = 140 \text{ (V)}$$

- ✓ El dispositivo debe contar con una indicación visible de correcto funcionamiento.
- ✓ El supresor debe tener circuitos de supresión que sean reemplazables de manera fácil en terreno, sin necesidad de interrumpir el servicio eléctrico.
- ✓ El voltaje residual según UL1449 para la categoría B no debe exceder L-N 800 (V) L-T 800 (V) y N-T 800 (V).

Mediante los criterios descritos anteriormente, como DPS tipo 2 se realizó la adquisición de un dispositivo de la marca MD Equipos Tecnológicos el cual se observa en la Figura 3.7, el cual presenta las siguientes características técnicas:

- ✓ Protección tipo 2 de acuerdo con la norma IEC 61643-1.
- ✓ Fácil supervisión gracias al dispositivo de desconexión.
- ✓ Diseño en módulos de protección enchufables.
- ✓ Indicador de fallo mediante indicador rojo en ventana.
- ✓ Respuesta rápida.

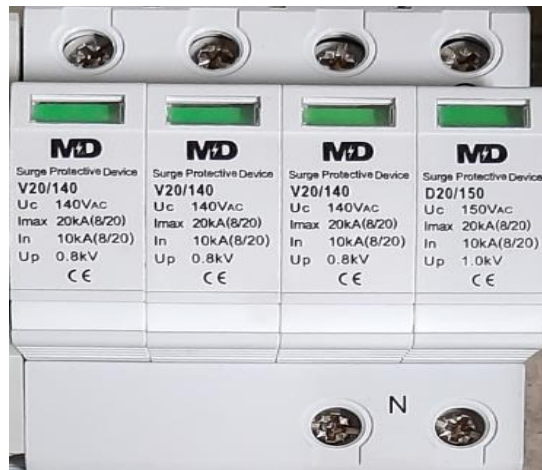


Figura 3.7: DPS tipo 2
Fuente: (MDelectro, 2019)

En la Figura 3.8 se presenta el esquema interno del dispositivo DPS tipo 2, que cuenta con cuatro módulos (3F+N), donde se coordina un sistema de protección con varistores y un descargador de gas como se describe a continuación:

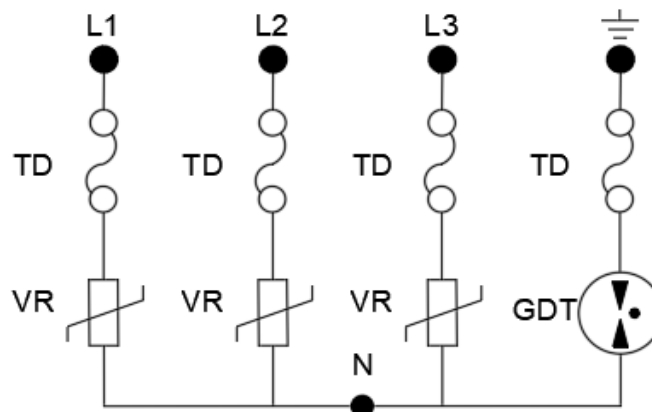


Figura 3.8: Esquema del DPS tipo 2
Fuente: (MDelectro, 2019)

Dónde: TD = Limitador térmico.
VR = Varistor de óxido metal (MOV).
GDT = Descargador de gas

En la Tabla 3.8 se presentan los datos correspondientes a los parámetros del dispositivo DPS tipo 2 frente a sobretensiones transitorias:

Tabla 3.8: Características del DPS tipo 2 ante sobretensiones

| Comportamiento frente a sobretensiones | |
|---|-------------------|
| Tipo de protección (EN 61643-11/IEC 61643-1) | Tipo 2 / clase II |
| Tensión máxima operación continua (U_c) | 140 / 150 (V) |
| Corriente nominal de descarga (8/20) I_n | 10 (kA) |
| Máxima corriente de descarga (8/20) $I_{m\acute{a}x}$ | 20 (kA) |
| Nivel de protección U_p (F-N) | 0,8 (kV) |
| Nivel de protección U_p (N-T) | 1 (kV) |
| Tiempo de respuesta (F-N/N-T) | 25 (ns) |

Fuente: (MDelectro, 2019)

Para el DPS tipo 3 se realizó la adquisición de un tomacorriente con el dispositivo de supresión incorporado de la marca Leviton el cual se presenta en la Figura 3.9. Este dispositivo se puede utilizar de forma individual o como parte de una estrategia coordinada de etapas y con ello conseguir una protección eficaz en los equipos electrónicos, este dispositivo presenta las siguientes características:

- ✓ Protección tipo 3 de acuerdo con especificaciones NEMA 5-15 R.
- ✓ Terminales de cableado de 10-14 AWG.
- ✓ Diagnóstico mediante LED indicador.
- ✓ Filtro de rechazo al ruido.
- ✓ Conexión a tierra aislada.

**Figura 3.9:** Dispositivo DPS tipo 3

Fuente: (Leviton, 2019)

En la Tabla 3.9 se presentan los datos correspondientes a los parámetros del dispositivo supresor de sobretensiones frente a sobretensiones transitorias:

Tabla 3.9: Características del DPS tipo 3 ante sobretensiones

| Comportamiento frente a sobretensiones. | |
|--|---------------------------------|
| Voltaje de operación continua | 150 (V) |
| Corriente de descarga nominal (I_n) | 3 (kA) |
| Corriente de descarga máxima ($I_{m\acute{a}x}$) | L-N 5 (kA) / N-T 5 (kA) |
| Rechazo de ruido | -30 (dB) a 500 (kHz) - 30 (MHz) |
| Voltaje de protección (U_p) | L-N 600 (V) / N-T 600 (V) |

Fuente: (Leviton, 2019)

3.4 Selección de los elementos de protección ante sobrecorrientes.

- **Protección termomagnética para circuitos derivados**

Por lo mencionado en el literal de estudio de corriente, donde se estimó que va a circular una corriente de 12 (A) por los circuitos derivados, se dimensionó un breaker que se aproxime a este valor, entonces basándose en los valores comerciales existentes se tomó como criterio seleccionar el breaker de valor inmediato superior al valor nominal como se detalla en la ecuación 5, este valor fue tomado de la tabla 3.10:

$$I_b = 16 \text{ (A)}$$

Ec. 5

Dónde: I_b = valor de la protección termomagnética para los circuitos derivados

Tabla 3.10: Tabla de breakers comerciales para riel DIN.

| I_n (A) | Capacidad de interrupción |
|-----------------------------|----------------------------------|
| | 110/127(V_{AC}) (kA) |
| 2 | 50 |
| 4 | 50 |
| 6 | 20 |
| 10 | 20 |
| 16 | 20 |
| 20 | 20 |

Fuente: (Schneider, 2019)

- **Protección termomagnética para el DPS**

Todos los dispositivos DPS integran según normativa de fabricación un limitador térmico interno (TD) para la protección frente a su envejecimiento progresivo (Schneider, 2019), cómo se encuentra señalada en la Figura 3.10, pero el mismo no protege al DPS ante un

evento que termine de forma brusca con la vida del dispositivo, la cual puede ser causada por la caída directa de un rayo.

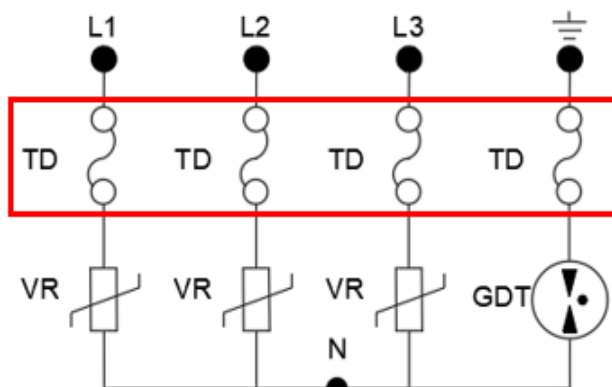


Figura 3.10: Dispositivo DPS con limitador térmico.
Fuente: (MDelectro, 2019)

En capítulos anteriores se mencionó la tecnología MOV de un DPS el cual consiste en un varistor que está definido por una corriente $I_{m\acute{a}x}$. Si este valor se sobrepasa, el dispositivo DPS actuará de manera correcta en una única vez, limitando el pico de sobretensión, pero al mismo tiempo se destruirá creando un cortocircuito.

Este cortocircuito debe ser detectado por un interruptor termomagnético instalado aguas arriba del DPS tipo 2. Por ello, y según norma NEMA, todo DPS debe estar protegido adicionalmente con su correspondiente interruptor automático, en este caso el dimensionamiento de la protección está dada en la hoja de instrucciones de instalación provista por la fabricante visualizada en la Tabla 3.11, este valor como se presenta en la ecuación 6.

$$I_{dps} = 25 \text{ (A)}$$

Ec. 6

Dónde: I_{dps} = Protección termomagnética para el DPS tipo 2.

Tabla 3.11: Especificaciones técnicas para la instalación del DPS tipo 2

| Datos para su instalación | |
|--|-------------------------------|
| Sección recomendada cables de conexión | Cu 5.25 (mm ²) |
| Protección recomendada | MCB Curva C o fusible (I<25A) |
| Método de montaje | Carril DIN 35 (mm) |
| Temperatura de trabajo | -40 (°C) +80 (°C) |
| Grado de protección IP | IP20 |
| Peso (Kg) | 0.39 |

Fuente: (MDelectro, 2019)

- **Protección termomagnética principal**

Esta protección principal debe ser coordinada con la protección del DPS Tipo 2, ya que la protección del DPS debe ser la primera en disparar en caso de que este dispositivo se cortocircuite aislando al DPS de la instalación eléctrica, evitando el disparo de la protección principal y así permitiendo la continuidad del servicio. Por tanto, la primera condición se describe en la ecuación 7 (Schneider, 2019):

$$I_p \gg I_{dps} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde: I_p = Protección termomagnética principal
 I_{dps} = Protección termomagnética del DPS tipo 2

Otra condición importante fue calcular la corriente total del circuito, para lo cual se consideró una corriente de 12 (A) para cada circuito derivado de fuerza; valor calculado en la corriente de diseño. Para el tablero de protección ubicado en la dirección de la ESFOT-EPN se cuenta con dos circuitos derivados, por lo cual el valor de la protección termomagnética se la realizo de acuerdo con la ecuación 8:

$$I_{p1} = I_d \cdot N^\circ \text{ circuitos} \quad \text{Ec. 8}$$

$$I_{p1} = 12 \cdot 2$$

$$I_{p1} = 24 \text{ (A)}$$

Dónde: I_{p1} = Protección termomagnética principal tablero 1
 I_d = Corriente de diseño 12 (A)
 N° circuitos = Número de circuito derivados de fuerza.

Por tanto, considerando que la protección principal debe ser mayor que la protección del DPS tipo 2 en este caso superior a 25 (A); se optó por un termomagnético de 32 (A) que es un valor comercial para tableros tipo SQUAR-D. Para el tablero de protección ubicado en el edificio de aulas de la ESFOT-EPN, se cuenta con tres circuitos derivados, esta protección fue calculada de acuerdo con la ecuación 9:

$$I_{p2} = I_d \cdot N^\circ \text{ circuitos} \quad \text{Ec. 9}$$

$$I_{p2} = 12 \cdot 3$$

$$I_{p2} = 36 \text{ (A)}$$

Dónde: I_{p2} = Protección termomagnética principal tablero 2
 I_d = Corriente de diseño 12 (A)
 N° circuitos = Número de circuito derivados de fuerza.

Para este tablero se dimensiono el termomagnético principal de 40 (A), el cual es un valor comercial para tableros de tipo SQUAR-D y cumple la condición de ser mayor al termomagnético del DPS tipo 2 y la protección de los circuitos derivados.

3.5 Diseño de diagramas unifilares del sistema de protección.

Con todos los elementos determinados, se procedió a diseñar el sistema de protección, donde se puede interpretar los aspectos más importantes del sistema como son: circuitos derivados, calibre de conductores, protección contra sobrecorrientes y la protección contra sobrevoltajes. En la Figura 3.11 se presenta el diagrama unifilar para la Zona 1 correspondiente al edificio de la dirección en la ESFOT-EPN.

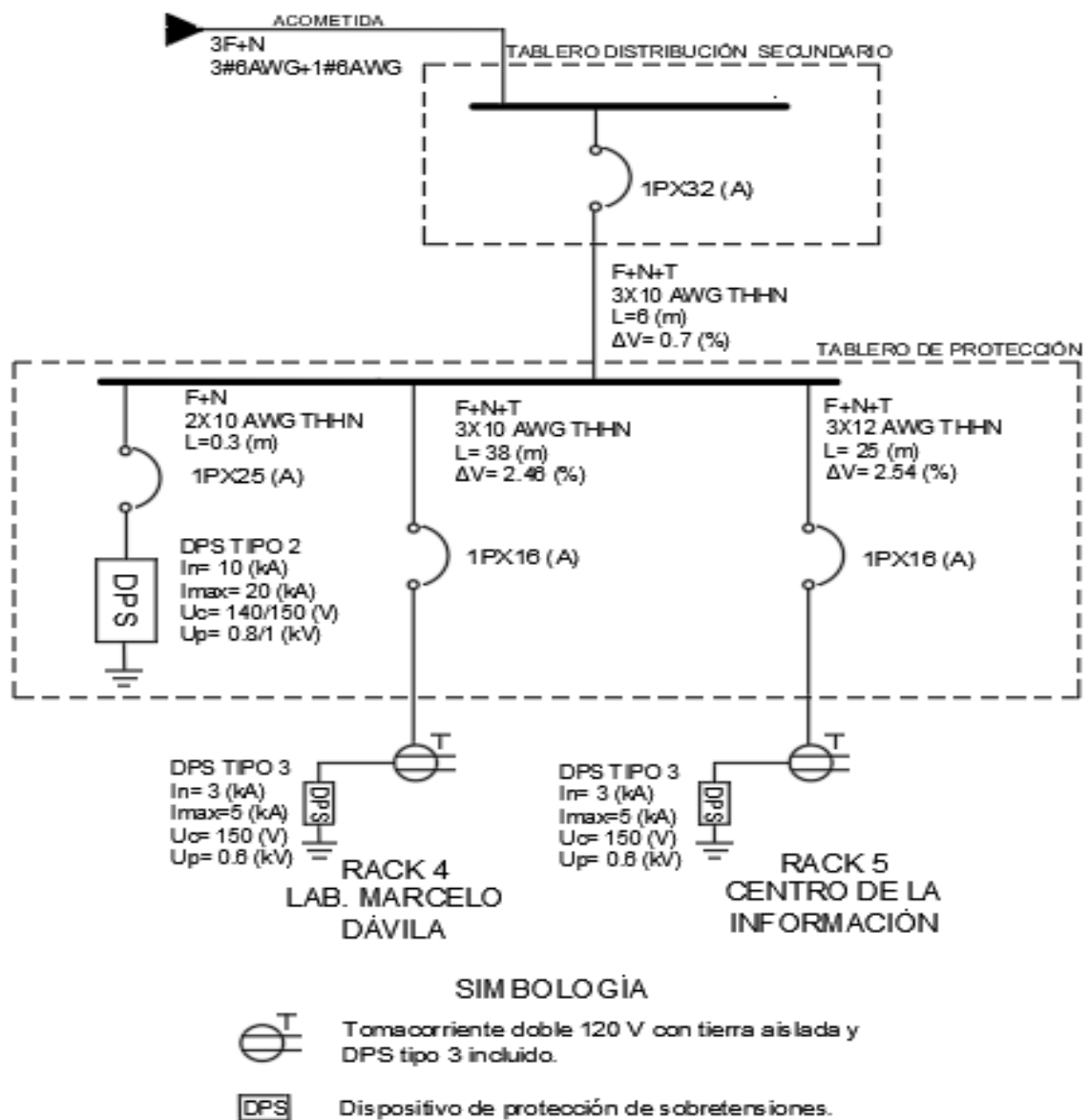


Figura 3.11: Esquema unifilar para la edificación de la dirección ESFOT.
Fuente: (Propia)

En la Figura 3.12 se presenta el diagrama unifilar correspondiente al edificio de aulas de la ESFOT-EPN.

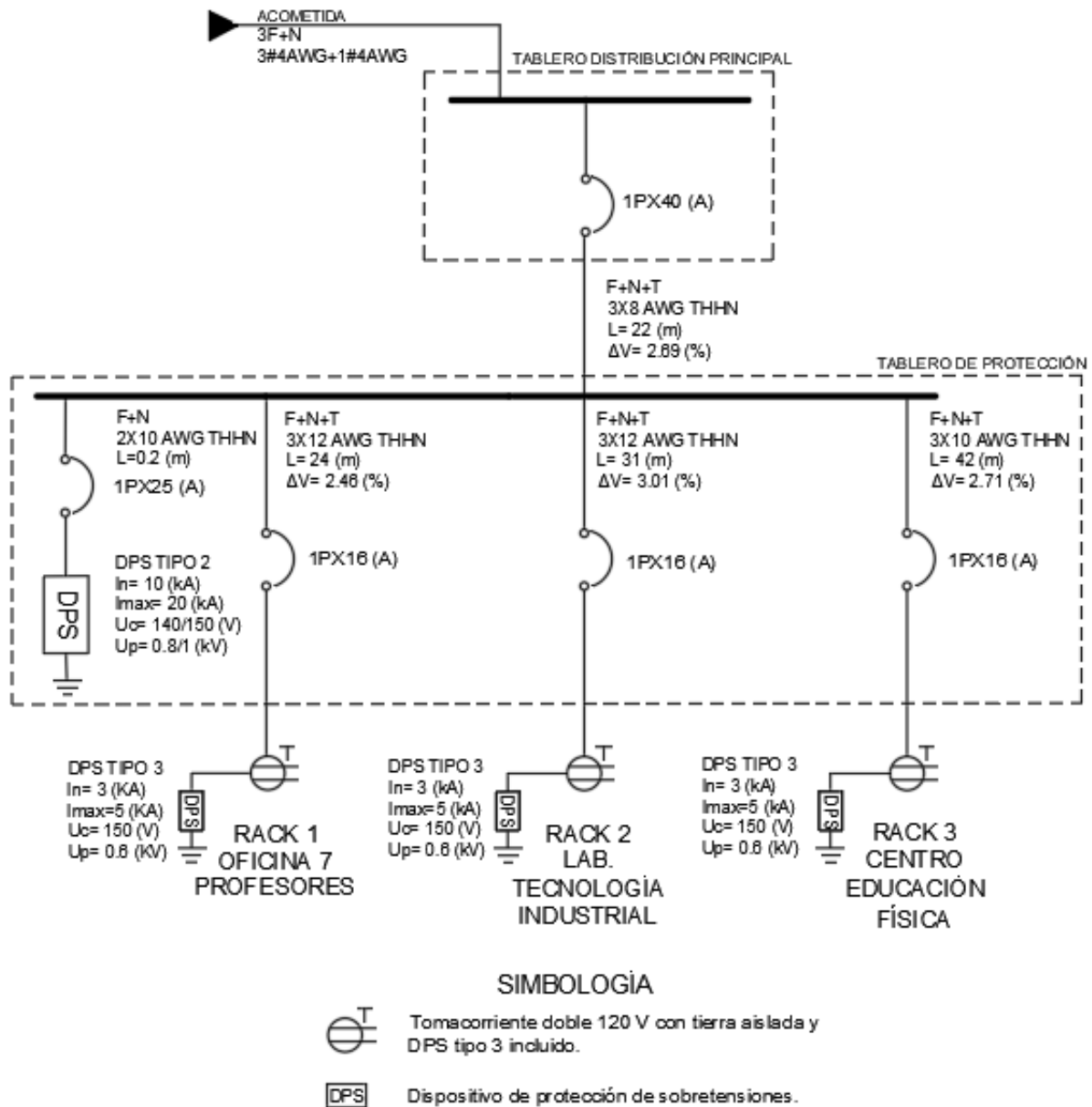


Figura 3.12: Esquema unifilar para la edificación de aulas ESFOT.
Fuente: (Propia)

3.6 Instalación del sistema de protección

- Instalación de los conductores eléctricos

La instalación de conductores para el edificio de aulas de la ESFOT-EPN fue realizada por el techo como se puede visualizar en la Figura 3.13, donde se realizó el tendido del conductor 3x8 AWG para (fase, neutro y tierra); desde el tablero de distribución principal hasta el tablero de protección 1.

Para el tendido de los circuitos derivados se emplearon los conductores 3x12 AWG y 3x10 AWG, desde el tablero de protección hasta la ubicación de cada rack, donde será instalado su respectivo tomacorriente. El recorrido del cableado y la ubicación de los tableros eléctricos se indican de manera clara en el plano adjunto del Anexo A-Lamina 01.



Figura 3.13: Instalación de conductores edificio de aulas ESFOT-EPN.
Fuente: (Propia)

Para el área de la dirección de la ESFOT-EPN, la instalación del cableado fue realizado por el techo como se observa en la Figura 3.14. Para esta zona se realizó el tendido del conductor 3x10 AWG para alimentación del tablero de protección 2 y terminando con el tendido de los circuitos derivados que alimentan a los racks de esta zona con el conductor 3x12 AWG y 3x10 AWG. El recorrido de los conductores y ubicación de los tableros se indican en el Anexo A-Lamina 02.



Figura 3.14: Instalación de conductores edificio de la dirección ESFOT-EPN.
Fuente: (Propia)

- **Construcción de los tableros de protección**

Como primer paso se procedió a seleccionar un gabinete y de acuerdo con los elementos que se instalaron como es el DPS tipo 2 y los termomagnéticos, por lo que se seleccionó un

gabinete con las siguientes dimensiones 30 (cm) x 20 (cm) x 15 (cm) como se presenta en la Figura 3.15 y consta de las siguientes especificaciones técnicas: (Inselec, 2019)

- ✓ Gabinete de servicio liviano, cuerpo monobloque soldado con sistema MIG.
- ✓ Fabricado de acero laminado en frío de 0.8 (mm) de espesor.
- ✓ Grado de protección IP41.
- ✓ Recubrimiento con pintura electrostática en polvo de alta adherencia, dureza y durabilidad procesado entre 180 (°C) a 200 (°C) de color beige texturado.
- ✓ Uso exclusivo de interiores.



Figura 3.15: Gabinete para tablero de protección.
Fuente: (Propia)

Para la instalación de un DPS se consideraron las diferentes reglas de conexionado para asegurar la máxima protección. Por lo cual a continuación se describen las consideraciones más importantes: (Schneider, 2019)

- ✓ La Regla de los 50 (cm) indica que el aumento de la longitud de los conductores de alimentación del dispositivo DPS conlleva a la disminución de la eficiencia de protección, debido a los efectos inductivos y resistivos que presentan los cables, ya que ante una sobretensión de pico elevada lo ideal es que debe ser evacuada lo más rápida posible sin llegar a los límites dieléctricos de los cables del tablero, por lo que la longitud de los conductores debe ser lo más corta posible.
- ✓ La tierra de todos los equipos receptores de la instalación debe estar conectada al mismo bornero de tierra al que se encuentra conectado el DPS
- ✓ El dispositivo DPS debe ser conectado en paralelo a la instalación a proteger.

En la Figura 3.16 se presenta el montaje de los elementos de protección contra sobrevoltaje (dispositivo DPS tipo 2) y elementos de sobrecorrientes (breaker de protección del DPS, breakers de protección de circuitos derivados) instalados en el tablero de protección.



Figura 3.16: Construcción de tableros de protección
Fuente: (Propia)

Para la instalación de los tableros de protección, se tomó como criterio: su fácil accesibilidad de operación y mantenimiento. En la Figura 3.17 se observa el tablero con su respectiva señalética de riesgo eléctrico y la identificación de cada uno de ellos.



Figura 3.17: Instalación de tableros de protección.
Fuente: (Propia)

- **Instalación del tomacorriente con tierra aislada y protección de sobretensiones tipo 3**

La instalación de tomacorrientes con protección de sobretensiones requiere la conexión eléctrica apropiada de los terminales fase, neutro y tierra las cuales deben ser conectados en sus terminales correspondientes para asegurar su polaridad y correcta operación.

Al emplear un tomacorriente de tierra aislada, implica que el conductor de tierra debe recorrer junto con los conductores de alimentación eléctrica (fase y neutro) sin tocar partes metálicas hasta el punto de conexión de puesta a tierra del panel eléctrico como se describe en la Figura 3.18. Muchas veces el concepto de tierra aislada ha llevado a pensar que se debe contar con un sistema de puesta a tierra separado de la tierra de potencia, lo cual es

una violación del NEC 250 y cual puede causar problemas de seguridad a la instalación eléctrica (Ruelas, 2019).

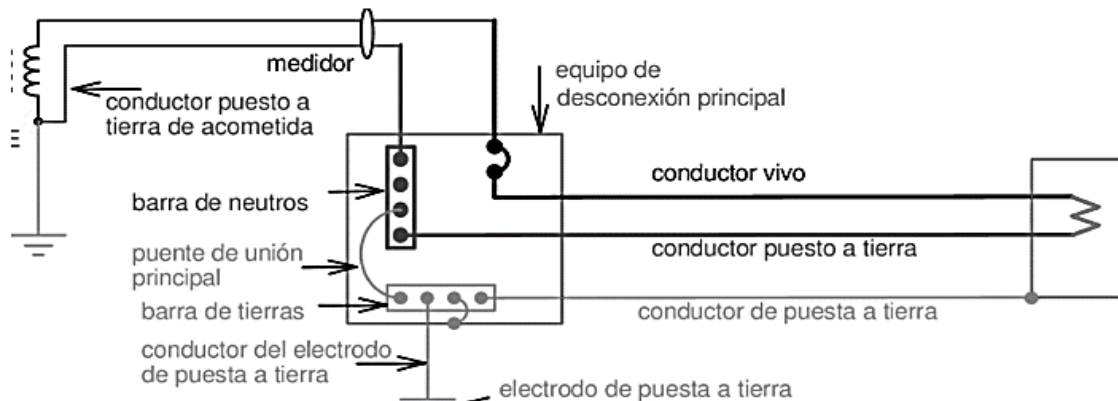


Figura 3.18: Conexión a tierra aislada.
Fuente: (Ruelas, 2019)

La técnica de tierra aislada es usada para la protección de equipos electrónicos sensibles, que son recomendadas por los fabricantes de estos equipos, debido a que reduce el ruido en modo común y brindan blindaje ante interferencias electromagnéticas (EMI) o radiofrecuencia RFI (Ruelas, 2019). Estos tomacorrientes fueron instalados como se presenta en la Figura 3.19 de manera individual para cada rack informático.



Figura 3.19: Conexión de tomacorriente de tierra aislada.
Fuente: (Propia)

3.7 Mejoramiento del sistema de puesta a tierra

- **Mejoramiento de la puesta a tierra Zona 1 (Edificio de aulas ESFOT-EPN)**

Con el fin de conocer el estado en que se encontraba el sistema de puesta a tierra instalado, se realizó la medición de su resistencia empleando el método de los tres electrodos o de caída de potencial. En la Figura 3.20 se puede visualizar el valor de 5,49 (Ω) obtenidos de la medición realizada.

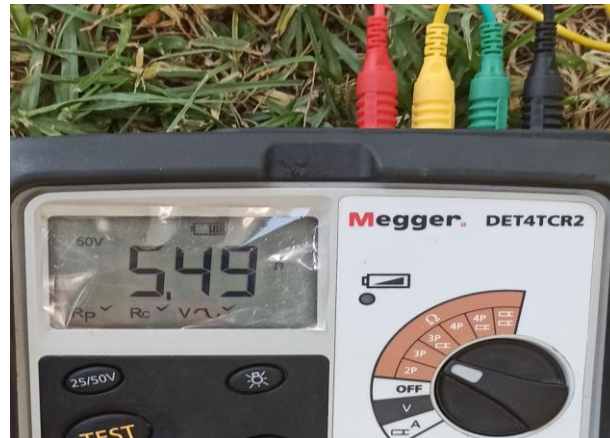


Figura 3.20: Medición de puesta a tierra antigua edificio de aulas ESFOT
Fuente:(Propia)

La resistencia de 5,49 (Ω) medida en la puesta a tierra instalada es un valor bajo, el cual se aproxima al valor de referencia requerido de 5 (Ω). Por tanto, se determinó emplear un mejorador químico, el cual es ideal para bajar la resistencia del suelo de manera que se obtenga un valor de resistencia inferior al establecido en la norma. En la Figura 3.21 se observa el mejorador, el cual presenta las siguientes características:

- ✓ Material 100% de origen mineral- higroscópico tipo gel con PH neutro para evitar la corrosión.
- ✓ Mejorador de suelos con alta resistividad.



Figura 3.21: Envase del mejorador de suelo
Fuente: (Propia)

Para realizar el tratamiento se siguió la hoja de indicaciones provista por el fabricante del mejorador, que se visualiza en la Figura 3.21, y como primer paso se excavó una zanja alrededor del electrodo de aproximadamente 40 (cm) de ancho x 50 (cm) de profundidad como se presenta en la Figura 3.22.



Figura 3.22: Excavación de la puesta a tierra.
Fuente: (Propia)

Como siguiente paso se realizó la mezcla de media funda del producto mejorador con agua hasta lograr una consistencia de forma compacta como se presenta en la Figura 3.23.



Figura 3.23: Mezcla del producto mejorador de suelos.
Fuente: (Propia)

Con la mezcla realizada se procedió a vertir el mejorador en la zanja excavada de manera homogénea como se presenta en la Figura 3.24.



Figura 3.24: Vertido del mejorador de suelo
Fuente: (Propia)

Finalmente se rellenó con una capa de la misma tierra de la excavación de la zanja, la cual fue mezclada en partes iguales entre la tierra extraída y el mejorador, la cual fue compactada como fase final del tratamiento químico como se presenta en la Figura 3.25.



Figura 3.25: Relleno de la puesta a tierra
Fuente: (Propia)

Se observó que la unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra se encontraba con un conector mecánico totalmente oxidado, el cual no presentaba las condiciones de seguridad necesarias. Por tanto, se optó por emplear la soldadura tipo exotérmica para realizar la unión entre el electrodo y conductor de puesta a tierra. Para el procedimiento de soldadura se empleó un molde de grafito y como material fundente una carga de 115 como se presenta en la Figura 3.26.



Figura 3.26: Molde de grafito y material fundente.
Fuente: (Propia)

En la Figura 3.27 se observa el aspecto final de la soldadura exotérmica y el empalme del electrodo con el conductor de cobre.



Figura 3.27: Unión mediante suelda exotérmica.
Fuente: (Propia)

Además, se tomó como criterio de seguridad construir una caja de inspección del sistema de puesta tierra de concreto, la cual servirá como identificación de la puesta a tierra y de protección del electrodo ante la corrosión y demás condiciones desfavorables a las que se encuentre expuesto si estuviere a la intemperie. La caja de inspección consta de las siguientes medidas de 50 (cm) x 40 (cm) x 50 (cm) y cuenta con su respectiva cubierta, construidas en concreto rígido con hierro de refuerzo como se presenta en la Figura 3.28



Figura 3.28: Cajas de inspección de puesta a tierra.
Fuente: (Propia)

- **Mejoramiento de la puesta tierra Zona 1 (Edificación de la Dirección ESFOT-EPN)**

El mejoramiento del sistema de puesta a tierra para esta área consistió en la colocación de un nuevo electrodo de puesta a tierra, ya que en las mediciones realizadas para conocer su estado se obtuvo una resistencia de puesta a tierra de 23,9 (Ω). El valor medido con el telurómetro se indica en la Figura 3.29.



Figura 3.29: Valor de puesta a tierra antigua en el edificio de la Dirección ESFOT
Fuente: (Propia)

Para alcanzar la resistencia establecida en la norma de 5 (Ω) referente a sistemas de puestas a tierra con equipos electrónicos se adquirió un electrodo activo de grafito el cual es ideal para alcanzar resistencias bajas de puestas a tierra como se observa en la Figura 3.30.



Figura 3.30: Electrodo de grafito.
Fuente: (Propia)

A continuación, se detalla las principales características técnicas de un electrodo de grafito en comparación a otros electrodos como: varillas, placas empleados en los sistemas de puestas a tierra (Martínez M. L., 2010):

- ✓ Al tratarse de un electrodo constituido por grafito, no se ve afectado por la corrosión a diferencia de lo que ocurre con los metales.
- ✓ El grafito contiene propiedades eléctricas naturales que lo clasifican como un buen conductor eléctrico a pesar de no ser metálico.
- ✓ Su vida útil es superior a 8 veces una pica de acero recubierta de cobre.

En la Tabla 3.12 se presentan las especificaciones técnicas del electrodo de grafito:

Tabla 3.12: Especificaciones técnicas del electrodo de grafito

| Especificaciones técnicas | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Dimensiones | 1000(mm) x 100(mm) |
| Material | Grafito |
| Punto de conexión | Conductor TTU 2/0 |
| Resistividad eléctrica | 900 ($\mu\Omega/m$) |
| Resistencia teórica | 0,475 (Ω) |

Fuente: (Difasel)

Para la colocación del electrodo se realizó la excavación de un pozo de 1.50 (m) de profundidad y 0.3 (m) de ancho como se observa en la Figura 3.31.



Figura 3.31: Excavación de pozo para la puesta a tierra.

Fuente: (Propia)

En el siguiente paso se agregó $\frac{1}{2}$ funda del mejorador de suelo y se vertió agua de manera progresiva hasta conseguir una base compacta, donde se procedió a colocar el electrodo de grafito como se presenta en la Figura 3.32.



Figura 3.32: Instalación del electrodo de grafito.

Fuente: (Propia)

Como paso final para la instalación del electrodo se rellenó el pozo con la mezcla entre la tierra extraída y el restante del producto mejorador de manera que rellene todo el pozo de manera compacta como se presenta en la Figura 3.33.



Figura 3.33: Compactación de terreno con el mejorador de suelo.
Fuente: (Propia)

De la misma forma que en el anterior sistema de puesta a tierra, se realizó la unión entre el electrodo y el conductor de cobre empleando soldadura exotérmica con material fundente de 115. En la Figura 3.34 se observa el proceso de ignición de la soldadura exotérmica.



Figura 3.34: Soldadura exotérmica de puesta a tierra
Fuente: (Propia)

En la Figura 3.35 se presenta la caja de inspección de puesta tierra correspondiente a la edificación de la dirección de la ESFOT-EPN.



Figura 3.35: Cajas de inspección de puesta a tierra.
Fuente: (Propia)

3.8 Pruebas y Análisis de resultados

- **Prueba 1. Comprobación de los tomacorrientes con protección tipo 3**

Para realizar la verificación de este dispositivo se empleó un comprobador de contactos para tomacorrientes con un voltaje de 127 (V) como se observa en la Figura 3.36, el cual verifica el correcto cableado y diagnostica fallas que pueden afectar la correcta operación del tomacorriente (Eastern, 2020).



Figura 3.36: Comprobador de red para tomacorrientes
Fuente: (Eastern, 2020)

En la Tabla 3.13 se especifica los tipos de fallas de cableado que se pueden ser detectados con el comprobador de contactos y mediante el encendido de su respectivo led indicador, se puede verificar el correcto funcionamiento de los tomacorrientes:






Tabla 3.13: Especificaciones de fallas en tomacorrientes

| R lamp | G1 lamp | G2 lamp | Fallas |
|--------|---------|---------|-------------------------|
| ○ | ○ | ○ | Tierra abierta |
| ○ | ○ | ● | Neutro abierta |
| ○ | ○ | ○ | Fase abierta |
| ● | ○ | ○ | Fase y tierra invertida |
| ● | ○ | ○ | Fase y neutro invertida |
| ○ | ○ | ○ | Correcto |

Fuente: (Eastern, 2020)

Mediante este comprobador se realizó la verificación del correcto funcionamiento de cada tomacorriente instalado para cada rack Informático como se presenta en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14: Test de tomacorrientes para los racks.

| Racks | Test de tomacorrientes | Estado |
|----------------------------|--|----------|
| Lab. Marcelo Dávila |  | Correcto |
| Centro de la Información |  | Correcto |
| Oficina 7 de Profesores |  | Correcto |
| Lab. Control Industrial |  | Correcto |
| Centro de Educación Física |  | Correcto |

Fuente: (Propia)

- **Prueba 2. Verificación de caídas de voltaje.**

Se procedió a verificar que el voltaje en cada circuito derivado este dentro de los límites admisibles de caída de voltajes, de esta manera asegurar el correcto suministro de voltaje a los racks informáticos. Entonces de acuerdo con la caída de tensión admisible del 3% se obtienen los cálculos de acuerdo con la ecuación 10:

$$\Delta V = V_n - V_n \cdot e\% \quad \text{Ec. 10}$$

$$\Delta V = 127 - 127 \cdot 3\%$$

$$\Delta V = 123,19 \text{ (V)}$$

Dónde: ΔV = Caída de voltaje
 V_n = Voltaje nominal 127 (V)
 $e\%$ = Valor admisible 3%

Por lo tanto, el valor de voltaje admisible es de 123,19 (V) en cada uno de los tomacorrientes. En la Tabla 3.15 se presentan los valores tomados de todos los circuitos derivados que alimentan cada uno de los racks y de acuerdo con la ecuación 11 se calculó el porcentaje de caída de voltaje:

$$\Delta V(\%) = \frac{V_{\text{nominal}} - V_{\text{medido}}}{V_{\text{nominal}}} \cdot 100\% \quad \text{Ec. 11}$$

Tabla 3.15: Voltajes medidos en cada circuito derivado

| Ítem | Racks | Denominación circuito | Voltaje medido (V) | Caída voltaje (%) |
|------|--------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| 001 | Lab. Marcelo Dávila | C. Fuerza | 124,0 | 2,36 |
| 002 | Centro de la Información | C. Fuerza | 123,1 | 3,07 |
| 003 | Oficina 7 Profesores | C. Fuerza | 124,2 | 2,20 |
| 004 | Lab. Control Industrial | C. Fuerza | 123,5 | 2,75 |
| 005 | Centro Educación Física | C. Fuerza | 122,8 | 3,30 |

Fuente: (Propia)

Con los valores calculados de la caída de tensión se puede observar que la mayoría de los circuitos están dentro del 3% admisible, a pesar de que el circuito del Centro de Educación Física presenta una caída de voltaje mayor que los demás circuitos, lo cual puede ser debido a fluctuaciones del voltaje de la red eléctrica en el momento de tomar las mediciones ya que en medidas anteriores realizadas se obtuvieron valores más altos. Además, se debe tener en

cuenta que los equipos eléctricos y electrónicos están diseñados para funcionar a un voltaje nominal de 120 (V). Por lo cual estos valores de voltajes obtenidos no afectarán en el buen funcionamiento de los equipos electrónicos.

- **Medición de resistencia de puesta a tierra.**

Para realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra en la Zona 1, se empleó un telurómetro de la marca Megger el cual se presenta en la Figura 3.35.

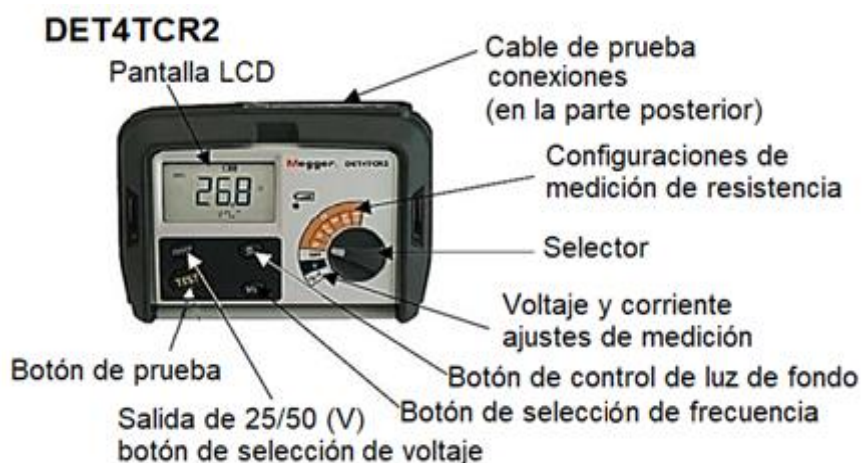


Figura 3.37: Telurómetro marca Megger
Fuente: (Megger, 2019)

- **Principio de medición por caída de potencial de tres terminales**

La prueba por caída de potencial se utiliza para medir con precisión la resistencia de un electrodo de tierra mediante estacas auxiliares insertadas en la tierra física, los cuales forman un circuito para la inyección de corriente y medición de voltaje. Para ello el instrumento inyecta una corriente en CA de magnitud conocida y mide el voltaje que se desarrolla en el mismo como se presenta en la Figura 3.38. La resistencia del sistema es una relación de la ley de ohm y se calcula como se presenta en la ecuación 12 (Megger, 2019):

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ec. 12}$$

Las pruebas han demostrado que, con las estacas instaladas de manera adecuada, este método puede abreviarse colocando la estaca de potencial a una distancia de alrededor del 62% entre el electrodo bajo prueba y la estaca de corriente mediante la siguiente ecuación 13 (Megger, 2019)

$$A = 0,62 \cdot B \quad \text{Ec. 13}$$

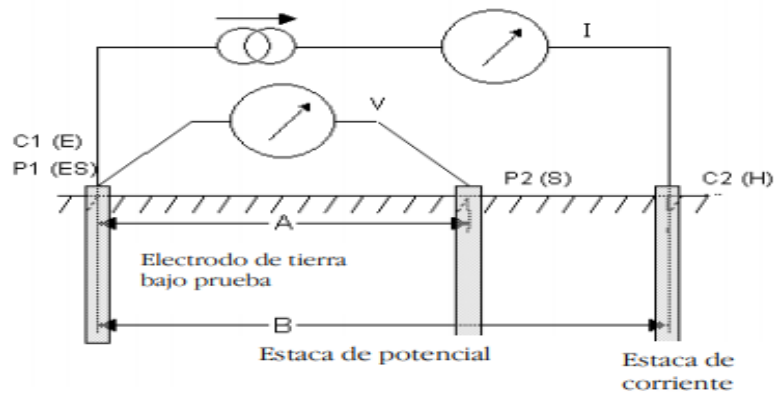


Figura 3.38: Esquema de medición de tres terminales
Fuente: (Megger, 2019)

Con el método de medición ya definido, para empezar con la medición se basó en el esquema de conexión que presenta el instrumento que se encuentra en su parte posterior como se presenta en la Figura 3.39:

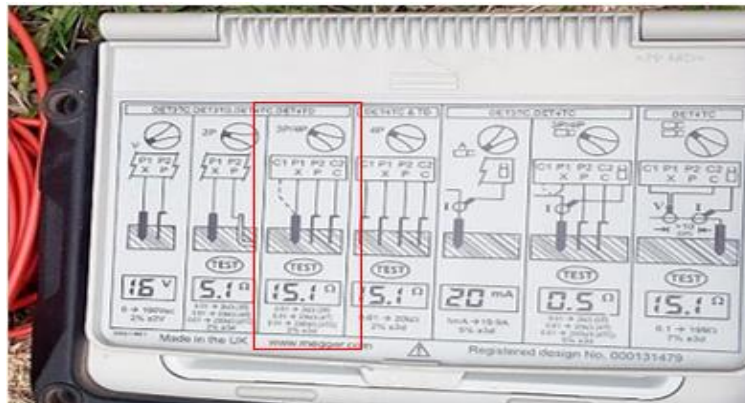


Figura 3.39: Esquema de conexión de tres terminales.
Fuente: (Propia)

Para ello se cortocircuita los terminales de color negro y verde y se realiza la conexión en el electrodo de puesta tierra. Para la terminal de color rojo que es para corriente, la estaca se la debe colocar a la máxima distancia que permita el cable y el lugar, para lo cual la medición se la realizó a una distancia de 10 (m) desde la puesta a tierra y para la terminal de color amarillo que es para voltaje, la estaca se la coloco al valor del 62% de la terminal de corriente, obteniendo como resultado 6,2 (m). En la Figura 3.38 se presenta la disposición de los terminales para la medición realizada, teniendo en cuenta que las estacas de voltaje y corriente deben ser colocadas en línea recta con el sistema puesta a tierra.

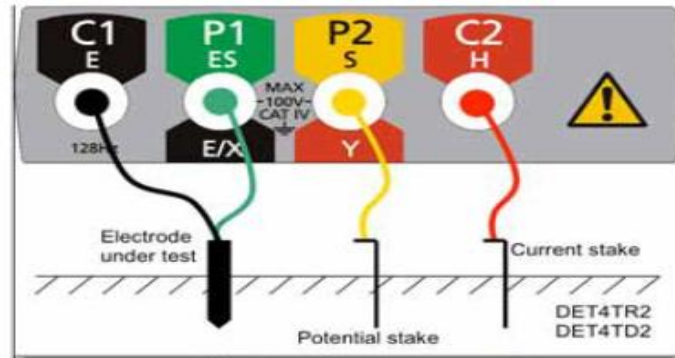


Figura 3.40: Diagrama de conexión de los electrodos.
Fuente: (Megger, 2019)

Por último, se realizó la medición obteniendo valores de resistencias como se detalla a continuación en la Figura 3.41 y 3.42:

En el sistema de puesta a tierra para la edificación de aulas ESFOT-EPN se obtuvo un valor de resistencia del suelo de 1,96 (Ω).



Figura 3.41: Lectura de medición de resistencia a tierra edificio de aulas ESFOT.
Fuente: (Propia)

En el sistema de puesta a tierra para la edificación de la dirección ESFOT-EPN se obtuvo un valor de resistencia del suelo de 4,97 (Ω).



Figura 3.42: Lectura de medición de resistencia a tierra edificio dirección ESFOT.
Fuente: (Propia)

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas (NEC, 2020), por lo que pueden tomarse los siguientes valores máximos de resistencia de puesta a tierra tomadas de la norma ANSI/IEEE 80 que se presenta en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16: Valores de referencia de puestas a tierra.

| Aplicaciones | Valor máximo de resistencia |
|--|------------------------------------|
| Estructuras metálicas de líneas de transmisión | 20 (Ω) |
| Subestaciones de alta tensión | 1 (Ω) |
| Subestaciones de media tensión | 10 (Ω) |
| Protección contra rayos | 10 (Ω) |
| Neutro de acometida de baja tensión | 25 (Ω) |
| Equipo electrónico sensible | 5 (Ω) |

Fuente: (Norma IEEE80,2008)

A partir de las mediciones realizadas se observa que la resistencia de puesta tierra de 1.96 (Ω) para la zona de la edificación de aulas de la ESFOT-EPN, cumple el valor recomendado para equipos electrónicos de la Tabla 3.16. Para la edificación de la dirección de la ESFOT-EPN se obtuvo un valor de 4.97 (Ω), valor que se encuentra dentro de la norma, el cual se consiguió mediante la implementación de un electrodo químico de grafito y agregados electrolíticos para el suelo, dado a que se tenía un valor inicial de 23,9 (Ω) con una varilla de cobre tipo copperweld. Este valor en comparación con la resistencia obtenida de 1.96 (Ω), puede ser atribuido al terreno en el que se encuentra el sistema de puesta a tierra, el cual no mantiene un adecuado nivel de humedad por la gran cantidad de raíces de árboles existente en toda esta área y es un terreno con suelo de relleno.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante la implementación del sistema de protección, se logró reducir las perturbaciones eléctricas, las cuales eran causantes de las averías en los equipos electrónicos de la ESFOT que se encuentran conectados de forma permanente a la red eléctrica.
- Un dispositivo DPS se instala en paralelo a la instalación eléctrica, ya que de haber averías en el dispositivo que no puedan ser resueltas de manera inmediata se debe garantizar la continuidad del servicio eléctrico.
- El varistor es uno de los elementos más empleados para la fabricación de supresores de sobretensiones, ya que ofrece una mejor velocidad de operación y una alta capacidad de manejo de energía.
- Los conductores de fuerza y sus respectivas protecciones fueron diseñadas mediante un factor de sobredimensionamiento, considerando que las cargas de los equipos electrónicos en un futuro demanden más potencia.
- Un DPS tipo 2 está diseñado para manejar una corriente de rayo indirecta o inducida. Sin embargo, ante un evento como es la descarga directa de un rayo este dispositivo se averiará.
- Se determinó de acuerdo con la norma NEC 250 que el conductor neutro debe ser conectado a tierra en un solo punto de la instalación eléctrica.
- Los efectos ambientales de la temperatura y humedad alteran la resistividad del terreno, por lo que este valor variará considerablemente en las diferentes épocas del año.
- Al realizar las pruebas de mediciones de puestas a tierra, se comprobó que los valores se encuentran dentro de la norma de los 5 (Ω) de resistencia, lo cual garantiza una buena conducción y disipación de las corrientes de falla a tierra.
- El tratamiento químico del suelo es una buena técnica para mejorar la resistencia a tierra, pero tiene la desventaja de que no es permanente. Debido a que los químicos con el pasar del tiempo son drenados gradualmente por efectos de la lluvia.
- Mediante los valores tomados de voltaje en cada uno de los circuitos de fuerza se verificó que la caída de voltaje se encuentra dentro de los valores admisibles permitidos, garantizando así el correcto funcionamiento de los equipos.

- En el lapso de los 6 meses que se encuentra en funcionamiento el sistema de protección se ha evidenciado que los racks informáticos se encuentran trabajando con total normalidad sin reportar averías. Por tanto, el proyecto cumple los objetivos planteados.

4.2 Recomendaciones

- Instalar más de un protector de sobretensiones dentro de una instalación eléctrica, requiere que la distancia de entre los dos dispositivos sea superior a 10 (m). Con el fin de evitar el efecto inductivo de los cables y los DPS de activen de forma escalonada.
- Humedecer el suelo con abundante agua, debido a que de esto dependerá de que el electrodo de grafito se active y se pueda obtener un valor de resistencia bajo.
- Efectuar la instalación del electrodo de grafito con mucho cuidado, debido a que su estructura es frágil a cualquier caída o golpe.
- Realizar el estudio de los datos técnicos provistos por los fabricantes de los dispositivos DPS y seguir las recomendaciones de instalación de cada uno de ellos.
- Al momento de armar los tableros eléctricos, se lo debe de realizar de una forma ordenada, con lo cual garantice que los diferentes conductores y elementos de protección, este bien ajustados y asegurados para que no se produzca falsos contactos eléctricos que ocasionan que los diferentes circuitos no funcionen correctamente.
- Evitar el tendido de los cables de alimentación eléctrica vayan junto con cables de telecomunicaciones, esto para contrarrestar la inducción magnética que ocasiona la interferencia de datos.
- En la protección de equipos electrónicos es aconsejable utilizar tierras asiladas, ya que aseguran una energía libre de ruidos e interferencias electromagnéticas y aseguran el correcto funcionamiento de los equipos delicados.
- El lugar en donde se va a realizar la puesta a tierra deberá estar libre de obstáculos que puedan interferir en su valor de resistencia, como lo son escombros en la tierra o cimientos de hormigón, debido a que estos objetos o materiales disminuyen la conductividad del suelo.
- La medición de la puesta a tierra se lo debe realizar en las peores condiciones del suelo, por lo cual es recomendable realizar las mediciones al medio día con mucho sol, cuando el suelo se encuentre totalmente seco, esto con la finalidad de tomar el valor de resistencia real.

- Un aspecto importante en la instalación de un tomacorriente es asegurar su correcto cableado y polaridad. Por tanto, se debe emplear un comprobador de contactos el cual verifica que la fase, neutro y tierra se encuentren instalados en sus respectivos terminales.

5 BIBLIOGRAFÍA

- APC. (20 de Noviembre de 2019). *Calculo del requisito total de potencia para un centro de datos*. Obtenido de https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=VAVR-5TDTEF_R0_LS.pdf&p_Doc_Ref=SPD_VAVR-5TDTEF_LS
- APCs. (5 de Noviembre de 2019). *APC.com*. Obtenido de <http://www.apc.com/salestools/.pdf>.
- At3w.com. (8 de Noviembre de 2019). *La importancia de una adecuada toma de tierra para seguridad*. Obtenido de <https://at3w.com/empresa/noticias/la-importancia-de-una-toma-de-tierra-adecuada/s33c429>
- ATP. (18 de 11 de 2019). *Innovacion energetica*. Obtenido de https://es.slideshare.net/INNOVACION_ENERGETICA/presentacin-dps-apt
- Ciprotec. (25 de Noviembre de 2019). *Cirprotec.com*. Obtenido de <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contrasobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Parametros-de-proteccion-segun-IEC>
- Eastern, Z. (2 de Enero de 2020). *all sun: EM9807 marking socket tester*. Obtenido de <http://www.all-sun.com/EN/d.aspx?pht=1053>
- Electrocable. (15 de febrero de 2020). *www.electrocable.com*. Obtenido de <https://www.electrocable.com/index.php/es/categorias-productos/construccion/cobre/thhn.html>
- Factor, P. (20 de 11 de 2019). *Como proteger mis equipos de los eventos electricos?* Obtenido de <http://powerfactorcm.com/como-proteger-mis-equipos-de-los-eventos-electricos/>
- Farnell. (20 de Noviembre de 2019). *es.farnell.com*. Obtenido de https://es.farnell.com/webapp/wcs/stores/servlet/AdvancedSearchNoResultsView?storeId=10176&st=2250979&catalogId=15001&langId=-5&ddkey=https%3Aes-ES%2FElement14_Spain%2Fbourns%2Fmov-20d391ktr%2Fvaristor-metal-oxide-390v-20mm%2Fdp%2F2250979
- Harper, E. (2010). *Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales*. Mexico: Limusa S.A de C.V.
- Inselec. (17 de Diciembre de 2019). *Catalogo BEAUCOUP*. Obtenido de <https://www.inselec.com.ec/catalogo-beaucoup/>

- Leviton. (25 de Noviembre de 2019). *Type 3 Surge Protective Devices*. Obtenido de https://www.leviton.com/en/docs/Type_3_SPD_5100_5300_Series_Product_Bulletin_Q-672.pdf
- Levy, R. R. (2016). *Modernos criterios de instalaciones electricas industriales*. Cordoba: Jorge Sarmiento Editor-Universitas.
- Martinez, G. (2016). Redes. En *Comunicaciones Industriales* (pág. 255). Barcelona.
- Martinez, M. L. (14 de 10 de 2010). *Electrodo de grafito para aplicaciones de puesta a tierra en zonas muy corrosivas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/236648255_ELECTRODO_SOLIDO_DE_GRAFITO_PARA_APLICACION_DE_SISTEMAS_DE_PUESTA_A_TIERRA_EN_ZONAS_MUY_CORROSIVAS
- MDelectro. (25 de Noviembre de 2019). *MDelectro.es*. Obtenido de https://www.mdelectro.es/wp-content/uploads/2019/10/Cat%C3%A1logoMD_20191004.pdf
- Megger, M. (18 de Diciembre de 2019). *Manual usuario QVM*. Obtenido de <https://www.qvm.cl/herramientas/manuales/Manual%20usuario%20-%20Megger%20DET4TC2.pdf>
- NEC. (4 de Febrero de 2020). *NEC Instalaciones Electromecanicas Cap 15*. Obtenido de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
- Polo, V. (18 de 11 de 2019). *Calidad de la energia electrica bajo la perspectiva del sistema de puesta tierra*. Obtenido de www.redalyc.org/jatsRepo
- Rodriguez, J. (2014). *Equipos eléctricos y electrónicos*. Madrid: Paraninfo.
- Ruelas, R. (18 de Diciembre de 2019). *Equipos electronicos. Teorias y diseños de sistemas de tierras*. Obtenido de <https://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe30ige.html>
- Santos, A. C. (2014). *Instalaciones eléctricas en baja tensión diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje*. Madrid: RA-MA Madrid.
- Schneider. (25 de 11 de 2019). *Kresala.eu*. Obtenido de <http://kresala.eu/eBooks/guia-sobretensiones-transitorias.pdf>
- Uchidg. (25 de Noviembre de 2019). *Descripcion del varistor*. Obtenido de <http://spanish.uchidg.com/news/varistor-overview-19429.html>

6 ANEXOS

ANEXO A: Circuitos de fuerza.

ANEXO B: Hoja de datos DPS.

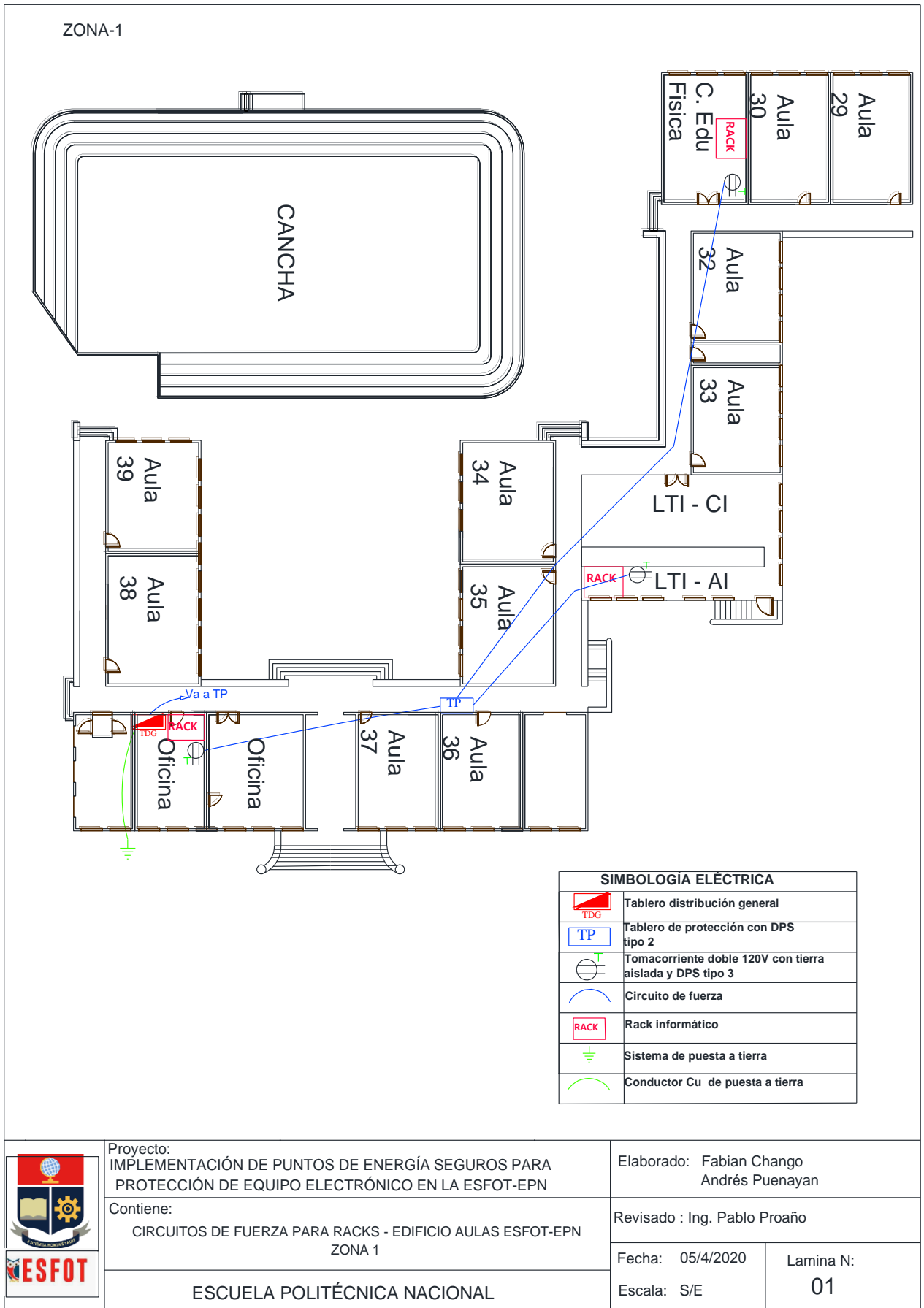
ANEXO C: Diagrama unifilar

ANEXO D: Hoja de datos termomagnéticos.

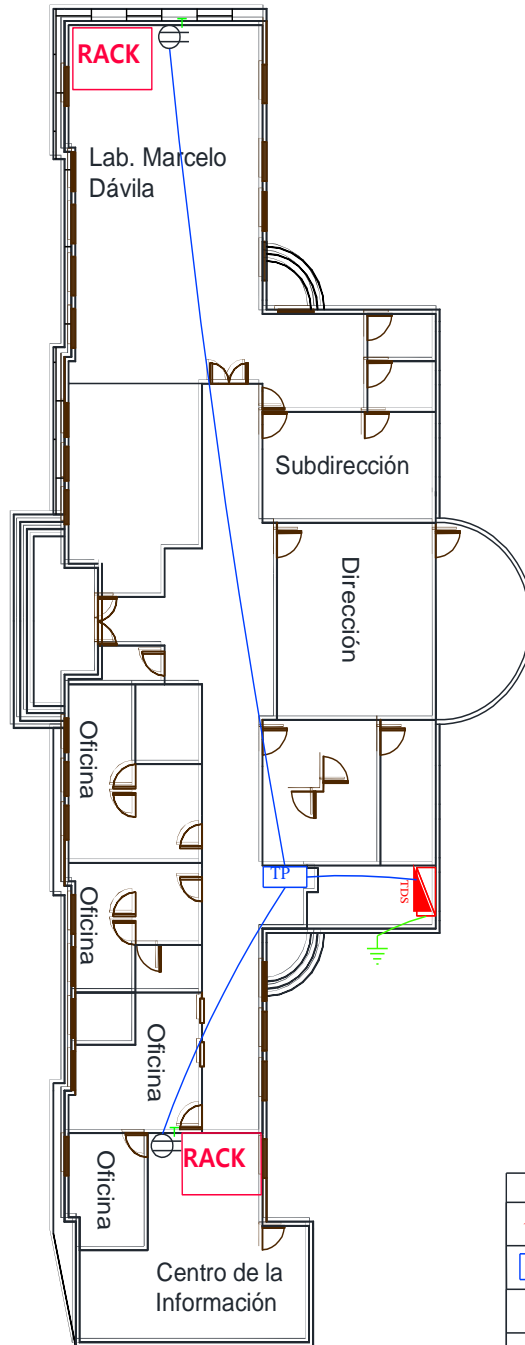
ANEXO E: Hoja de datos conductores.

ANEXO F: Manual de mantenimiento de los equipos

ANEXO A. CIRCUITOS DE FUERZA



ZONA-1



| SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA | |
|----------------------|--|
| | Tablero distribución secundaria |
| | Tablero de protección con DPS tipo 2 |
| | Tomacorriente doble 120V con tierra aislada y DPS tipo 3 |
| | Circuito de fuerza |
| | Rack informático |
| | Sistema de puesta a tierra |
| | Conductor Cu de puesta a tierra |



Proyecto:
IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE ENERGÍA SEGUROS PARA
PROTECCIÓN DE EQUIPO ELECTRÓNICO EN LA ESFOT-EPN

Contiene:
CIRCUITOS DE FUERZA PARA RACKS - EDIFICIO DE LA DIRECCIÓN ESFOT-EPN
ZONA 1

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Elaborado: Luis Chango
Andrés Puenayan

Revisado : Ing. Pablo Proaño

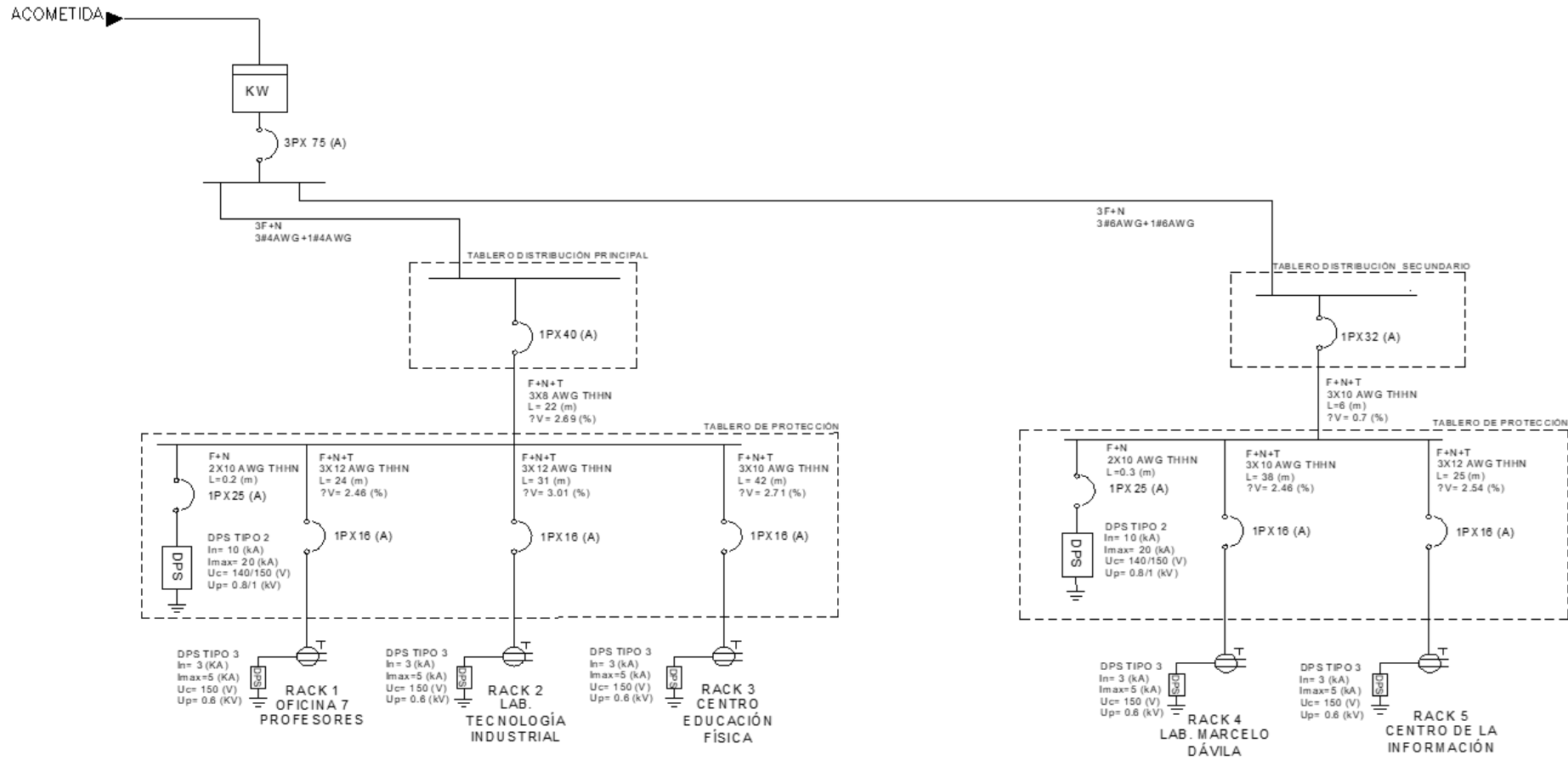
Fecha: 05/04/2020

Lamina N:

Escala: S/E

02

ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR



- SIMBOLOGÍA**
- Tomacorriente doble 120 V con tierra aislada y DPS tipo 3 incluido.
 - Dispositivo de protección de sobretensiones.
 - Contador trifásico Zona 1.

| | | | |
|--|---|---|------------------------|
| | Proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE ENERGÍA SEGUROS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPO ELECTRÓNICO EN LA ESFOT-EPN | Elaborado: Fabian Chango Andrés Puenayan | |
| | Contiene: DIAGRAMA UNIFILAR GLOBAL PARA LA ZONA 1 | Revisado : Ing. Pablo Proaño | |
| | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL | Fecha: 05/7/2020 Escala: S/E | Lamina N: 03 |

ANEXO C: HOJA DE DATOS DPS

MD EQUIPOS
TECNOLOGICOS

SPD // Serie BD
BD4-40/240
MÓDULOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES PARA REDES DE ALIMENTACIÓN EN BAJA TENSIÓN.

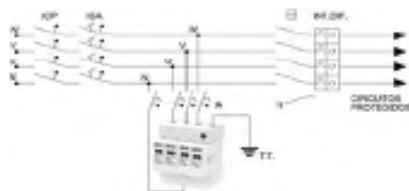
Los protectores de sobretensiones trifásicos Tipo 2 se instalan en cabecera de instalaciones eléctricas.

Protegen los equipos eléctricos y electrónicos contra sobretensiones transitorias de origen atmosférico y de maniobra.

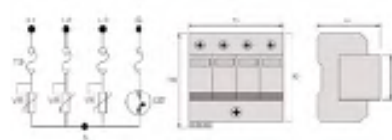
- Protección Clase II de acuerdo con la norma IEC 61643-1
- Protección Tipo 2 de acuerdo con la norma EN 61643-11
- Fácil supervisión gracias al dispositivo de desconexión.
- Diseño en dos partes consistentes en una base y un módulo de protección enchufable.
- Indicación de fallo mediante indicador rojo en ventana.
- Respuesta rápida.
- Terminal de alarma remota opcional.



SPD



Conexión del equipo



Esquema y dimensiones del BD4-40

| MODELO EQUIPO | BD4-40/240 |
|---|--|
| Tipo de instalación | Derivación / Trifásica 3F+N+T |
| Tensión nominal / Frecuencia | 120 V _{P-N} - 208 V _{P-P} / 50-60 Hz |
| Esquemas de puesta a tierra | TT, IT y TN-S |
| Desconexión térmica | Interna verde-normal rojo-fallo |
| Contacto alarma remota | Opcional; Cod BD4-40/240-S |
| Comportamiento frente a sobretensiones | |
| Tipo de protección (EN 61643-11 / IEC 61643-1) | Tipo 2 / Clase II |
| Tensión máxima operación continua (U _c) AC [F-NN-T] | 140 V _{AC} / 150 V _{AC} |
| Corriente nominal de descarga (8/20) I _n | 10 kA |
| Máxima corriente de descarga (8/20) I _{max} | 20 kA |
| Corriente de impulso de rayo (10/350) I _{imp} | - |
| Tensión de cebado DC [N-T] | 350 V |
| Nivel de protección U _p [F-N] | 0,8 kV |
| Nivel de protección U _p [N-T] | 1,0 kV |
| Tiempo de respuesta t _a [F-NN-T] | 25 ns |
| Datos para su instalación | |
| Sección recomendada cables de conexión | Cu 5,25 mm ² |
| Protección recomendada | MCB Curva C o fusible (I _n ≤ 25A) |
| Características envolvente | Termoplástico |
| Método de montaje | Carril DIN 35mm |
| T° de trabajo | -40 °C ... +80 °C |
| Grado de protección IP | IP20 |
| Categoría de localización | Interior |
| Peso (Kg) | 0,39 |
| Dimensiones (mm) (Alto-Ancho-Profundo) | 4 módulos DIN (88x72x66) |

1-amp-Resistant Surge Protective Receptacles

LEVITON


T5280



T5380



T7280



T7380



T8280



T8380

Specifications

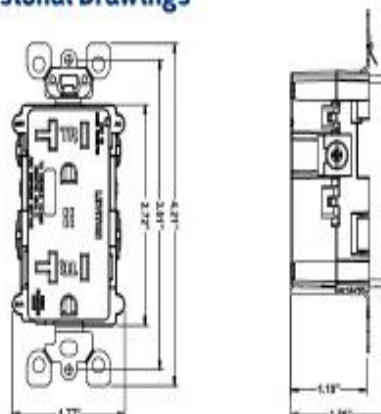
| Electrical Specifications | |
|---|---|
| Dielectric Voltage | Withstands 2000V per UL498 |
| Current Limiting | 20A (16A max continuous load) |
| Temperature Rise | Max 30C after 250 cycles OL at 200% rated current |
| Environmental Specifications | |
| Flammability | Rated V-2 per UL 94 |
| Operating Temperature | -40C to 60C |
| Material Specifications | |
| Face Material | Nylon |
| Body Material | Polycarbonate |
| Line Contacts | Brass Triple-Wipe |
| Terminal Screws | Brass-Plated Steel |
| Grounding Screw | Brass-Plated Steel |
| Yoke | Zinc-Plated Steel |
| Clamp Nuts | Zinc-Plated Steel |
| Ground Clips | Brass-Plated Steel |
| Shutter Mechanism | Delrin® Acetal |
| Mechanical Specifications | |
| Terminal ID | Brass-Hot, Green-Ground, Silver-Neutral |
| Terminal Accom. | 14-10 AWG |
| Product ID | Ratings are permanently marked on device |
| Terminal Screw Torque Rating | 14-16 in lbs. |
| Performance Data | |
| Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV) | 150V rms |
| Joules Rating | 720 |
| Nominal Discharge Current (In) | 3kA (Meets Type 2 & Type 3 Requirements) |
| Max Surge Current | L-N: 18kA, L-G: 9kA, N-G: 9kA |
| Noise Rejection | -30dB at 500kHz-30MHz |
| Voltage Protection Rating (VPR) | L-N: 600V, L-G: 700V, N-G: 600V |
| Short Circuit Current Rating (SCCR) | 5000A |
| Diagnostics | Indicator Light, Audible Alarm (on select versions) |
| Standards and Certifications | |
| NEMA | WD-6 |
| ANSI | C-73 |
| UL498 | File E13399 |
| UL1449 3rd Edition | File E317603 |
| CSA C22.2 No. 42 | File 152105 |
| NOM | 057 |

Ordering Information

| | | |
|------|------------------------|-------------------|
| Key: | ▼ Isolated Ground (IG) | ■ Indicator Light |
| | Audible Alarm | ● Hospital Grade |

| 15A, 125V, TR Surge Protective Receptacle | | | |
|---|----------------------|---------|----------|
| Color | Outlet Configuration | | |
| | Duplex | Duplex | Duplex |
| Brown | T5280 | - | - |
| Ivory | T5280-I | T7280-I | T8280-I |
| White | T5280-W | T7280-W | T8280-W |
| Gray | T5280-GY | - | - |
| Red | - | - | T8280-R |
| Blue | T5280-B | T7280-B | T8280-B |
| Black | T5280-E | T7280-E | - |
| Lt Almond | T5280-T | T7280-T | T8280-T |
| Features | ■ | ■ | ■ ● |
| 20A, 125V, TR Surge Protective Receptacle | | | |
| Color | Outlet Configuration | | |
| | Duplex | Duplex | Duplex |
| Brown | T5380 | - | - |
| Ivory | T5380-I | T7380-I | T8380-I |
| White | T5380-W | T7380-W | T8380-W |
| Gray | T5380-GY | - | T8380-GY |
| Red | - | - | T8380-R |
| Blue | T5380-B | T7380-B | T8380-B |
| Black | T5380-E | T7380-E | - |
| Lt Almond | - | - | - |
| Features | ■ | ■ | ■ ● |

Dimensional Drawings



INSTALLATION

- 1A. **INSTALLING A SURGE PROTECTIVE RECEPTACLE AT THE END OF LINE (Wiring Diagram A):** TURN OFF POWER to this receptacle by removing the fuse or turning the circuit breaker OFF.
- 1B. **INSTALLING A SURGE PROTECTIVE RECEPTACLE IN PLACE OF A RECEPTACLE IN A FEED-TROUGH BRANCH CIRCUIT (Wiring Diagram B):** Select the receptacle which will be replaced by the Surge Protective Receptacle TURN OFF POWER to this receptacle by removing the fuse or turning the circuit breaker OFF.
2. Use a test lamp to confirm that BOTH outlets are NOT powered.
3. Remove existing wallplate and receptacle, if applicable.
4. Remove all wires on SILVER colored terminal screws of old receptacle (should be WHITE Neutral conductors).
 - a) For Side Wiring: Remove insulation 5/8" (1.6 cm). Wrap this short wire 3/4 turn clockwise around the terminal screw marked "WHITE WIRE". Tighten the terminal screw securely.
 - b) For Back Wiring: Remove insulation 1/2" (1.3 cm). Insert this short straight wire into hole marked "WHITE WIRE". Tighten the terminal screw securely. Be sure the terminal clamp tightens on the conductor only, not the insulation.
5. Remove all wires on BRASS colored terminal screws of old receptacle (should be BLACK or RED Hot conductors).
 - a) For Side Wiring: Remove insulation 5/8" (1.6 cm). Wrap this short wire 3/4 turn clockwise around the terminal screw marked "HOT WIRE". Tighten the terminal screw securely.
 - b) For Back Wiring: Remove insulation 1/2" (1.3 cm). Insert this short straight wire into hole marked "HOT WIRE". Tighten the terminal screw securely. Be sure the terminal clamp tightens on the conductor only, not the insulation.
6. Disconnect the conductor from the GREEN colored grounding screw on the old receptacle and connect it to the GREEN colored screw on the Surge Protective Receptacle. For Isolated Ground (IG) circuits using the -IG Surge Protection Receptacles, re-connect the IG wire to the GREEN IG screw located on the end of the receptacle. A non-isolated building ground conductor (if available) should NOT be connected to this IG terminal because it will compromise the integrity of the Isolated Ground. The non-isolated ground conductor (if available) should be connected to the metal wallbox.
7. Installation may now be completed by carefully positioning all wires to provide room in outlet box for receptacle. Mount the Surge Protective Receptacle in wall box, with the ground contact upwards, using the two long mounting screws supplied. Attach wallplate.
8. Restore power at circuit breaker or fuse. **INSTALLATION IS COMPLETE.**

OPERATION

Leviton's Surge Protective Receptacles are designed to reduce the random energy surges of voltage transients and electrical noise on the power supply line.

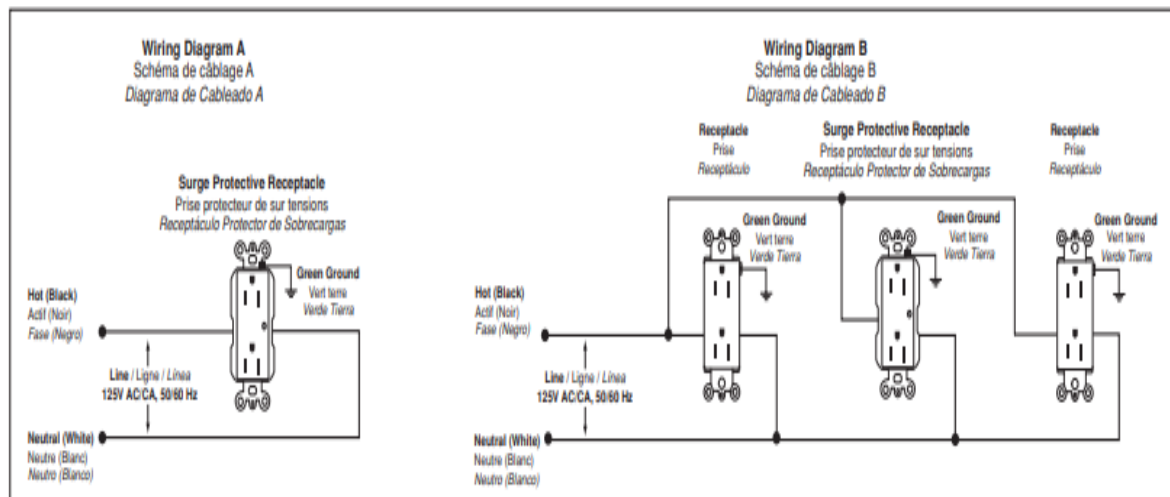
Leviton's Surge Protective Receptacles can be used to protect sensitive electronic equipment in industrial, commercial and residential locations from the stress and degradation inflicted by voltage transients.

Isolated Ground (-IG) Surge Protective Receptacles provide a pure grounding path isolated from the normal grounding means which employs the unit's mounting strap.

Hospital Grade and Commercial Grade Surge Protective Receptacles have an audible tone alarm. If transient protection is lost, the alarm will sound and the green LED indicator light will go out. The alarm tone can be silenced by turning counterclockwise the small screw located on the face of unit, beneath the alarm label. Tamper Resistant Receptacle alarm tone can be silenced by removing the alarm seal and depressing the alarm button. Hospital Grade receptacles are identified by a GREEN dot on the device face.

The diagnostics LED indicator light is ON continuously when protection is active, but turns OFF when protection circuit is deactivated due to excessive transients. The entire unit must be replaced if surge protection is required. If the unit is not replaced, it will function only as a conventional receptacle within its given rating.

Tamper Resistant Surge Protective Receptacles have a shutter mechanism inside the receptacle that blocks access to the contacts unless a two-prong plug is inserted, helping to ensure that hairpins, keys, etc. will be locked out.



FOR CANADA ONLY: For warranty information and/or product returns, residents of Canada should contact Leviton in writing at Leviton Manufacturing of Canada Ltd to the attention of the Quality Assurance Department, 165 Hymus Blvd, Pointe-Claire (Quebec), Canada H9R 1E9 or by telephone at 1 800 405-5320.

ANEXO D: HOJA DE DATOS TERMOMAGNÉTICO.

Product data sheet
Characteristics

EZ9F56116

Miniature circuit breaker, Easy9, 1P, 16 A, C
curve, 6000 A



Main

| | |
|---------------------------|---|
| Range | Easy9 |
| Device application | Distribution |
| Product or component type | Miniature circuit-breaker |
| Device short name | Easy9 MCB |
| Poles | 1P |
| Number of protected poles | 1 |
| [In] rated current | 16 A |
| Network type | AC |
| Trip unit technology | Thermal-magnetic |
| Curve code | C |
| Breaking capacity | 6000 A Icn at 230 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1 10000 A Icn at 127 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1 |
| Suitability for isolation | Yes conforming to IEC 60898-1 |

Complementary

| | |
|--|---|
| Network frequency | 50 Hz |
| [Ue] rated operational voltage | 230 V AC 50 Hz 127 V AC 50 Hz |
| Magnetic tripping limit | 5...10 x In |
| [Ics] rated service breaking capacity | 6 kA 100 % x Icn at 230 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1 |
| [Ui] rated insulation voltage | 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1 |
| [Uimp] rated impulse withstand voltage | 4 kV conforming to IEC 60898-1 |
| Contact position indicator | Yes |
| Control type | Toggle |
| Local signalling | Without |
| Mounting mode | Clip-on |
| Mounting support | DIN rail |
| 9 mm pitches | 2 |

Jan 6, 2020

ANEXO F: MANUAL DE MANTENIMIENTO

Con el fin de conservar en buen estado de funcionamiento los elementos de protección de sobrevoltajes y elementos de sobrecorrientes que integran el tablero de protección, se debe realizar el servicio de mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento del todo el sistema implementado y de existir alguna falla se debe realizar el mantenimiento correctivo para garantizar el servicio continuo de la red de internet en la ESFOT.

- **Mantenimiento preventivo.**

Se debe considerar una inspección visual periódica de los diferentes componentes del tablero de protección y de una inspección rigurosa en la cual se verifique el estado de cada uno de los componentes del tablero de protección y del sistema puesta a tierra, tomando en cuenta las actividades de la siguiente tabla de mantenimiento:

| Mantenimiento del tablero de protección y sistemas puesta a tierra de la ESFOT-EPN ZONA 1 | | |
|--|--|----------------|
| Actividades | Descripción | Periodo |
| Realizar mediciones de corriente, tensión y resistencia del suelo | Se la realiza para obtener datos estadísticos de los mantenimientos | 6 meses |
| Observar el estado de los elementos | Verificar si no existe principios de recalentamiento de los conductores eléctricos y terminales | 6 meses |
| Limpieza de terminales | Limpiar los diferentes terminales y contactos para garantizar el correcto paso de energía eléctrica | 6 meses |
| Observar el estado del DPS | Verificar que el indicador del DPS se encuentre en color verde | 3 meses |
| Limpieza del tablero de protección | Mediante el uso de algún solvente se elimina el polvo o cualquier suciedad en los tableros de protección | 4 meses |
| * Colocar agua | Se lo realiza en la estación del año que son muy secas para así mantener húmedo el suelo y mejorar la conductividad de este. | 4 meses |
| Limpieza de contactos | Eliminar el óxido o suciedad entre el conector y conductores eléctricos para garantizar una buena conexión | 4 meses |
| ** Mejorar la puesta a tierra | Consiste en añadir más minerales o compuestos en el suelo, para así garantizar que la resistencia se mantenga baja | 18 meses |
| Repintar señales | La simbología debe ser claras para poder identificar los puntos de sistema puesta a tierra | 12 meses |

- * = Se debe colocar aproximadamente 50 litros de agua en las estaciones del año más secas, con la finalidad de mantener el suelo húmedo y mejorar la conductividad del terreno.
- ** = Este procedimiento se lo realiza cada 18 meses según recomendaciones del fabricante, para mantener una resistencia de la puesta a tierra muy baja de forma continua, debido a que con el tiempo se van perdiendo los diferentes minerales del electrodo y del suelo.

- **Mantenimiento correctivo**

Principalmente esta explicación se orientará al mantenimiento correctivo del DPS tipo 2 y tipo 3, ya que los demás elementos como breakers su mantenimiento ante una avería es conocida. Como se explicó en capítulos anteriores un DPS emplea la tecnología MOV (Varistor de óxido de metal), el cual es un elemento semiconductor que al sobrepasar su característica de protección este elemento se destruye.

Al contar con un DPS tipo 2 de cuatro módulos para un sistema trifásico (3F+N) de cartuchos recambiables, en donde únicamente se está empleando el módulo de una fase y el neutro para la protección monofásica del sistema. Entonces se tiene la ventaja de contar con dos módulos inhabilitados los cuales pueden ser utilizados como repuesto, evitando así el cambio del todo el dispositivo DPS el cual tiene un costo elevado.

Para la sustitución de los cartuchos averiados, cuando la ventana indicadora este de color rojo, se debe proceder a la sustitución del cartucho averiado como se muestra en la Figura E1, tomando en cuenta los respectivos procedimientos para evitar cualquier tipo de accidentes, y teniendo la ventaja de no cambiar todo el dispositivo.



Figura E1: Módulos cambiables DPS tipo 2
Fuente: (MDelectro, 2019)

En cuanto al tomacorriente con protección de sobretensiones tipo 3 su indicador LED de color verde el cual se indica en la Figura E2, muestra el estado de correcto funcionamiento del dispositivo. En caso de tener el LED verde apagado se debe verificar que exista voltaje en el tomacorriente y de ser así, significa que el dispositivo ha perdido la protección ante sobretensiones y únicamente está operando como un tomacorriente normal, por tanto, se deberá sustituir por un nuevo tomacorriente con protección de sobretensiones tipo 3.



Figura E2: Led indicador para el tomacorriente con DPS tipo 3
Fuente: Propia