



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

MANUAL Y GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES EN PEQUEÑA Y  
MEDIANA EMPRESA APLICANDO NORMATIVA ACTUAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: LUIS MIGUEL COBOS GALINDO

TUTOR: ING. FLAVIO ALFREDO QUIZHPI PALOMEQUE, MGTR.

Cuenca - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Miguel Cobos Galindo con documento de identificación N° 0103446449, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 25 de septiembre de 2023

Atentamente,



---

Luis Miguel Cobos Galindo

0103446449

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Miguel Cobos Galindo con documento de identificación N° 0103446449, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Manual y guía para la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeña y mediana empresa aplicando normativa actual”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de septiembre del 2023

Atentamente,



---

Luis Miguel Cobos Galindo

0103446449

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque con documento de identificación N° 0102257482, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MANUAL Y GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES EN PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA APLICANDO NORMATIVA ACTUAL, realizado por Luis Miguel Cobos Galindo con documento de identificación N° 0103446449, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de septiembre del 2023

Atentamente,



---

Ing. Flavio Alfredo Quizhpi Palomeque, Mgtr.

0102257482

## Dedicatoria

A mis padres, porque que con su esfuerzo, motivación y apoyo incondicional siempre estuvieron junto a mí para cumplir el objetivo y a mis hijos por ser el motivo de inspiración para avanzar y prosperar, a mi abuela que con mucho amor siempre me acompañó, a mis hermanos, cuñados y sobrinos que me motivaron y apoyaron siempre.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a todas las personas que estuvieron junto a mí apoyándome y respaldándome siempre, de todo corazón muchas gracias.

Al Ing. Flavio Quizhpi e Ing. Marco Carpio, gracias por su paciencia, apoyo y dedicación para culminar el trabajo.

## Resumen

Este manual aborda la creciente necesidad de contar con sistemas eléctricos seguros y eficientes en pequeñas y medianas empresas. Ante la falta de una guía normativa específica, se propone la elaboración de un manual que recopile la normativa vigente, analice las operaciones empresariales, y ofrezca pautas constructivas y de mantenimiento. Los capítulos abarcan desde la normativa nacional e internacional hasta las técnicas actuales de construcción, incluyendo diseño de puesta a tierra, fuerza, iluminación, cableado estructurado, automatización e innovación. El objetivo principal es garantizar la seguridad, estabilidad y eficiencia energética de los sistemas eléctricos en estas empresas, contribuyendo a su éxito y economía.

## Summary

This manual addresses the growing need for safe and efficient electrical systems in small and medium-sized enterprises. In the absence of specific regulatory guidelines, the development of a manual is proposed to compile current regulations, analyze business operations, and provide construction and maintenance guidelines. The chapters cover everything from national and international regulations to current construction techniques, including grounding design, power, lighting, structured cabling, automation, and innovation. The primary objective is to ensure the safety, stability, and energy efficiency of electrical systems in these enterprises, contributing to their success and economy.



## Palabras clave

Sistemas eléctricos industriales.

Pequeñas y medianas empresas.

Normativa actual.

Eficiencia energética.

Seguridad eléctrica.

Construcción eléctrica.

# Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	2
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la universidad politécnica salesiana	3
Certificado de dirección del trabajo de titulación	4
Dedicatoria	5
Agradecimiento	6
Resumen	7
Summary	8
Palabras clave	9
<b>1 Introducción</b>	<b>14</b>
<b>2 Normativa para la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas</b>	<b>16</b>
2.1 Normativa nacional . . . . .	17
2.1.1 NEC . . . . .	17
2.1.2 INEN 019 . . . . .	19
2.1.3 INEN 2345 . . . . .	23
2.2 Normativa internacional . . . . .	24
2.2.1 NFPA70-2023 . . . . .	24
2.2.2 IEC 60617 . . . . .	27
2.2.3 IEEE 141-1993 . . . . .	28
2.3 Revistas tecnológicas . . . . .	29
2.3.1 Revista Técnica Energía . . . . .	30
2.3.2 Revista Tecnológica ESPOL (RTE) . . . . .	31
2.3.3 CIGRE (Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas) . . . . .	32
<b>3 Técnicas y procedimientos de construcción actual</b>	<b>33</b>

3.1	Experiencias de técnicos . . . . .	33
3.2	Normativa existente aplicada a pequeñas y medianas empresas . . . . .	40
3.3	Recomendaciones para construcción y adecuamiento de sistemas eléctricos en pequeñas y medianas empresas . . . . .	41
3.4	Reducción de costos y mejora de eficiencia eléctrica en sistemas industriales de pequeñas y medianas empresas . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Elaboración de un manual de construcciones eléctricas aplicado a pequeñas y medianas empresas</b> . . . . .	<b>55</b>
4.1	Sistemas de puesta a tierra . . . . .	55
4.1.1	Simbología de elementos . . . . .	55
4.1.2	Resistividad de terrenos . . . . .	56
4.1.3	Diseño de puesta a tierra según norma IEEE 142 . . . . .	56
4.1.4	Calibre de conductor . . . . .	58
4.1.5	Configuración de la malla, tipos de elementos para realizar un sistema de puesta a tierra y consideraciones de diseño (según normativa NEC) . . . . .	59
4.1.6	Diseño final de puesta a tierra según normativa IEEE y NEC (recomendado o más usado) . . . . .	67
4.1.7	Mediciones prácticas para comprobación de diseño y equipo a usarse para el propósito . . . . .	68
4.1.8	Sistemas de puesta a tierra para sistemas eléctricos y electrónicos . . . . .	69
4.2	Canalización eléctrica . . . . .	71
4.2.1	Simbología de elementos . . . . .	71
4.2.2	Canalización horizontal . . . . .	71
4.2.3	Canalización vertical . . . . .	74
4.2.4	Tipos de canalizaciones . . . . .	75
4.2.5	Cantidad admisible de cable en tubería . . . . .	81
4.3	Diseño de fuerza . . . . .	82
4.3.1	Simbología de elementos . . . . .	82
4.3.2	Estimación de la carga . . . . .	83
4.3.3	Elementos de un sistema de protección eléctrica . . . . .	83
4.3.4	Determinación de protecciones según normativa, método IEEE y NEC . . . . .	114
4.3.5	Elaboración de diagramas eléctricos unifilares . . . . .	117
4.4	Diseño de iluminación . . . . .	119
4.4.1	Simbología de elementos . . . . .	119

4.4.2	Estimación de la carga . . . . .	119
4.4.3	Niveles de iluminación recomendados para puestos de trabajo . . . . .	121
4.4.4	Análisis de la temperatura de luminarias comerciales . . . . .	122
4.4.5	Análisis de luminarias a usarse . . . . .	122
4.4.6	Diseño de señalización e iluminación de emergencia . . . . .	124
4.5	Diseño de cableado estructurado . . . . .	126
4.5.1	Simbología de elementos . . . . .	126
4.5.2	Análisis del alcance del proyecto (establecer condiciones, límites, tipo de uso que se dará al proyecto) . . . . .	128
4.5.3	Diseño de infraestructura a usarse . . . . .	129
4.6	Diseño de automatización o innovación del proceso productivo . . . . .	130
4.6.1	Elementos productivos que pueden automatizarse . . . . .	130
4.6.2	Consideraciones de los elementos que pueden automatizarse . . . . .	132
4.6.3	Análisis técnico – económico para considerar la automatización (existe reducción de costos operativos, tiempo de recuperación de la inversión, costos de mantenimiento, etc.) . . . . .	133
<b>5</b>	<b>Presupuesto</b> . . . . .	<b>135</b>
5.1	Modelo de gestión . . . . .	135
5.2	Presupuestación de obras . . . . .	136
5.3	Análisis de precios unitarios . . . . .	138
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b> . . . . .	<b>145</b>



# “MANUAL Y GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES EN PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA APLICANDO NORMATIVA ACTUAL”

## 1. Introducción

La construcción de sistemas eléctricos es un componente esencial en la infraestructura de pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Estos sistemas desempeñan un papel crítico en el funcionamiento diario de las organizaciones, proporcionando energía eléctrica confiable y segura para alimentar maquinaria, equipos y procesos clave. La correcta planificación, diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos son factores determinantes para el éxito y la sostenibilidad de las PYMEs en la actualidad [1].

Este documento tiene como objetivo principal proporcionar un manual de procedimientos constructivos el mismo que servirá como guía integral para la construcción de sistemas eléctricos específicamente diseñados para pequeñas y medianas empresas. El desarrollo de este manual se basa en la necesidad de cumplir con los estándares de calidad, seguridad y eficiencia establecidos por la normativa vigente (NEC, INEN 019, INEN 2345, NFPA 70, IEC 60617, IEEE 141-1993).

El entorno empresarial está en constante evolución, y las PYMEs representan un componente significativo de la economía global. Para mantenerse competitivas y cumplir con los requisitos normativos en constante cambio, las PYMEs deben contar con sistemas eléctricos que cumplan con los más altos estándares de calidad y seguridad. La construcción de sistemas eléctricos en PYMEs presenta desafíos específicos que van desde la gestión de recursos limitados hasta la necesidad de adaptarse a las demandas cambiantes del mercado. Además, el cumplimiento de las regulaciones eléctricas es esencial para garantizar la seguridad de las operaciones y la protección de las personas y los activos [2].

Los objetivos principales de este manual de procedimientos constructivos son:

Proporcionar una referencia completa de las mejores prácticas en la construcción de sistemas eléctricos para PYMEs, teniendo en cuenta las normativas locales e internacionales aplicables.

Ofrecer directrices claras y detalladas para la planificación, diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos eficientes y seguros.

Facilitar la comprensión y la implementación de los procesos normados en el sector eléctrico para PYMEs.

Contribuir a la mejora de la calidad y la confiabilidad de los sistemas eléctricos en pequeñas y medianas empresas, promoviendo así un entorno empresarial más seguro y eficiente.

En síntesis, este documento representa un recurso valioso para profesionales del sector eléctrico, ingenieros, técnicos y empresarios interesados en la construcción y el mantenimiento de sistemas eléctricos confiables y seguros en pequeñas y medianas empresas. Su implementación contribuirá a la prosperidad y la sostenibilidad de las PYMEs al garantizar un suministro eléctrico eficiente y seguro para sus operaciones.

## 2. Normativa para la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas

La normativa relativa a la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas es de suma importancia para garantizar la seguridad y eficiencia de dichas instalaciones. Estas regulaciones están diseñadas para abordar aspectos clave como la selección y utilización adecuada de equipos eléctricos, la correcta instalación y montaje de sistemas eléctricos, y la implementación de medidas de protección y prevención de riesgos.

La normativa establece requisitos específicos en términos de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos industriales. Esto incluye consideraciones como el dimensionamiento adecuado de cables y conductores, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, la conexión a tierra de los equipos y la implementación de sistemas de protección contra incendios.

Además, la normativa también aborda temas relacionados con la seguridad de los trabajadores y la prevención de accidentes eléctricos. Esto implica la capacitación y certificación de personal calificado para llevar a cabo tareas eléctricas, la señalización adecuada de áreas de riesgo, el uso de equipos de protección personal y la implementación de procedimientos de emergencia en caso de fallas eléctricas.

Es fundamental que las pequeñas y medianas empresas cumplan con estas normativas, ya que ello no solo garantiza la seguridad de los trabajadores y la integridad de las instalaciones, sino que también contribuye a la eficiencia energética y al cumplimiento de estándares de calidad en la producción industrial. Las autoridades competentes suelen realizar inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento de estas normativas y aplicar sanciones en caso de incumplimiento.

Por lo tanto, es crucial que las pequeñas y medianas empresas estén al tanto de la normativa vigente y cuenten con personal capacitado y calificado para asegurar la correcta construcción y mantenimiento de los sistemas eléctricos industriales. Esto garantizará un entorno de trabajo seguro, eficiente y cumplidor de los estándares requeridos.



Las normativas más empleadas en la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas se aprecia en la Tabla 1 :

## 2.1. Normativa nacional

### 2.1.1. NEC

La Normativa Ecuatoriana de construcción de Instalaciones Eléctricas se basa en un proyecto normativo elaborado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), en cumplimiento del Convenio de Cooperación entre MIDUVI - MEER - MINTEL, firmado el 13 de febrero de 2015 [3].

Esta normativa ha sido creada por un grupo de trabajo liderado por el MEER, en colaboración con representantes de diversas Empresas Eléctricas del país, como la Empresa Eléctrica Quito, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), la Empresa Eléctrica Regional Centrosur, la Empresa Eléctrica Regional del Norte, la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi y la Empresa Eléctrica Riobamba, entre otras instituciones. Estas entidades han contribuido con aportes valiosos al documento base.

Para la elaboración de este documento, se ha tomado como referencia el National Electrical Code (NEC) o NFPA 70, y se ha contado con la colaboración de los representantes de las Empresas Eléctricas. Sin embargo, se han realizado adaptaciones pertinentes para ajustar el contenido a la realidad ecuatoriana, en términos de terminología, simbología y dimensionamiento.

Además, es importante destacar que se han agregado disposiciones y recomendaciones adicionales para abordar las especificidades y necesidades parti-

Tabla 1: Normativas más empleadas

Institución	Descripción
NEC	Norma Ecuatoriana de Contrucción Instalaciones eléctricas [3]
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego [4]
INEN	Instituto Ecuatoriano de Estandarización y Normalización [5]
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional [6]
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos [7]

culares del contexto eléctrico del país. Estas modificaciones se han realizado con el propósito de garantizar la seguridad, eficiencia y funcionalidad de las instalaciones eléctricas en los hogares ecuatorianos.

En esta normativa se busca establecer lineamientos claros y precisos para la realización de instalaciones eléctricas residenciales en Ecuador. Se abordan aspectos fundamentales como la selección y uso adecuado de materiales, la distribución de circuitos, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, la puesta a tierra, entre otros.

Se ha puesto énfasis en adaptar el contenido a la realidad del país, considerando factores como las condiciones climáticas, los estándares de seguridad y las normativas vigentes. Se ha trabajado en la definición de terminología específica y en la adaptación de símbolos y gráficos para facilitar la comprensión de los requisitos y recomendaciones establecidos.

Adicionalmente, se han incluido ejemplos prácticos y casos específicos que ayudan a ilustrar la aplicación de las normas. Se brindan recomendaciones sobre la ubicación de dispositivos eléctricos, la capacidad de los conductores, la instalación de sistemas de iluminación y la protección de los equipos contra sobretensiones.

Es importante destacar que la normativa NEC es una herramienta de referencia para profesionales, técnicos y personas involucradas en la realización de instalaciones eléctricas residenciales. Su aplicación contribuirá a garantizar la seguridad de los usuarios, prevenir accidentes eléctricos y promover el uso eficiente de la energía en los hogares ecuatorianos.

Es fundamental que los responsables de la ejecución de proyectos eléctricos residenciales consulten y cumplan con este capítulo, junto con otras normativas y regulaciones aplicables en el país. Asimismo, se recomienda mantenerse actualizado sobre los avances y revisiones que se realicen en el ámbito de la ingeniería eléctrica para garantizar el cumplimiento de los estándares más actualizados y mejorar continuamente la calidad de las instalaciones eléctricas residenciales en Ecuador.

La normativa elaborada abarca diversos aspectos relacionados con las instalaciones eléctricas residenciales en Ecuador. A continuación, se detallan algunos de los puntos clave que se incluyen:

- **Selección y uso de materiales:** Se establecen requisitos para la selección y uso adecuado de cables, conductores, interruptores, tomacorrientes, luminarias y otros componentes eléctricos utilizados en las instalaciones residenciales. Se definen especificaciones técnicas, capacidades nominales y características de seguridad que deben cumplir los materiales utilizados.
- **Distribución de circuitos:** Se establecen pautas para la distribución eficiente y segura de circuitos eléctricos en una vivienda. Se especifica la capacidad de carga permitida para cada circuito, el número y tipo de tomas de corriente por ambiente, y la ubicación adecuada de los paneles de distribución.
- **Protección contra sobrecargas y cortocircuitos:** Se establecen requisitos para la instalación de dispositivos de protección, como disyuntores y fusibles, que previenen daños en los equipos y riesgos de incendio causados por sobrecargas y cortocircuitos. Se definen corrientes de disparo, capacidades de interrupción y coordinación entre dispositivos de protección.
- **Puesta a tierra:** Se establecen los procedimientos y requisitos para la correcta conexión a tierra de las instalaciones eléctricas residenciales, con el objetivo de garantizar la seguridad de los usuarios y proteger los equipos. Se indican los valores de resistencia de tierra permitidos y se brindan directrices para la instalación de sistemas de puesta a tierra.
- **Sistemas de iluminación:** Se establecen recomendaciones sobre la instalación de sistemas de iluminación en las viviendas, incluyendo la selección de lámparas eficientes, la ubicación adecuada de puntos de luz, el uso de sensores de movimiento y la implementación de sistemas de iluminación de emergencia.

### 2.1.2. INEN 019

Las disposiciones de la normativa INEN 019 [5] se enfocan en garantizar la seguridad eléctrica durante la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de emergencia. Estos sistemas comprenden circuitos y equipos diseñados e instalados específicamente para suministrar, distribuir y controlar la electricidad en sistemas de fuerza, iluminación o ambos, cuando se produce una interrupción en el suministro eléctrico normal de dichas instalaciones.

Los sistemas de emergencia son aquellos que se consideran obligatorios por la legislación y son clasificados como tal por las autoridades municipales, estatales, distritales, departamentales u otros organismos gubernamentales competentes. Estos sistemas tienen como objetivo proveer de manera automática energía eléctrica a áreas y equipos específicos, tanto para iluminación como para fuerza, en caso de fallo en el suministro eléctrico habitual o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado a proveer, distribuir y controlar la energía esencial para garantizar la seguridad de las personas.

Por tanto, este manual se ocupa de establecer pautas y requisitos para garantizar la operatividad y confiabilidad de los sistemas de emergencia, salvaguardando así la vida humana en situaciones críticas.

Además de velar por la seguridad eléctrica, esta normativa busca establecer lineamientos específicos para la implementación y el funcionamiento de los sistemas de emergencia. Estos sistemas son considerados de vital importancia, ya que su propósito principal es garantizar la continuidad de la energía eléctrica en áreas y equipos determinados cuando ocurren eventos inesperados, como la interrupción del suministro eléctrico convencional o la aparición de accidentes que afecten los componentes esenciales de un sistema.

Es fundamental destacar que los sistemas de emergencia son de carácter obligatorio según las disposiciones legales y son clasificados como tales por las autoridades competentes. Esto implica que deben cumplir con estándares y regulaciones específicas establecidas por los códigos municipales, estatales, distritales, departamentales u otros organismos gubernamentales correspondientes.

Las regulaciones y estándares relacionados con los sistemas de emergencia en Ecuador pueden variar según la jurisdicción y el tipo de sistema de emergencia en cuestión. Estos sistemas pueden incluir sistemas de alarma contra incendios, sistemas de seguridad en edificios, sistemas de respuesta a desastres, entre otros.

En general, las regulaciones y estándares para sistemas de emergencia en Ecuador están sujetos a la legislación y regulaciones locales, estatales y nacionales. Algunos de los organismos gubernamentales y códigos relevantes que podrían aplicar incluyen:

**Norma Técnica Ecuatoriana (NTE):** Las NTE son normas técnicas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y pueden cubrir una variedad de áreas, incluidos los sistemas de emergencia.

**Cuerpo de Bomberos:** El Cuerpo de Bomberos del Ecuador es una entidad encargada de establecer regulaciones y normas relacionadas con la prevención y respuesta a incendios. Esto puede incluir requisitos para sistemas de alarma contra incendios y equipos de seguridad.

**Municipalidades:** Las municipalidades locales también pueden tener regulaciones específicas relacionadas con sistemas de emergencia, especialmente en lo que respecta a la construcción y seguridad de edificios.

**Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR)**

En el caso de sistemas eléctricos de emergencia, ARCERNNR puede ser la entidad encargada de establecer regulaciones.

Es importante destacar que las regulaciones y estándares pueden cambiar con el tiempo y pueden variar según la ubicación y el tipo de sistema de emergencia. Por lo tanto, si estás buscando información específica sobre regulaciones vigentes en Ecuador para un sistema de emergencia en particular, te recomiendo consultar directamente con las autoridades competentes en tu área o con profesionales calificados que estén familiarizados con las normativas locales.

Dichos sistemas están diseñados para activarse automáticamente en situaciones críticas, suministrando energía eléctrica de manera inmediata y confiable a los sistemas de iluminación, sistemas de fuerza o ambos, según sea necesario. Esto garantiza la seguridad y el funcionamiento adecuado de equipos y áreas específicas que son vitales para la preservación de la vida humana en circunstancias de emergencia.

La normativa abordará una serie de temas clave relacionados con la seguridad eléctrica y los sistemas de emergencia. Algunos de los aspectos que se tratarán en detalle son los siguientes:

- **Alcance y aplicabilidad:** La normativa establecerá claramente a qué instalaciones, operaciones y mantenimiento se aplica en términos de

sistemas de emergencia. Definirá los circuitos y equipos involucrados en el suministro, distribución y control de la electricidad para sistemas de fuerza, iluminación o ambos, cuando el suministro eléctrico normal se vea interrumpido en dichas instalaciones.

- **Clasificación de sistemas de emergencia:** Se proporcionará una clasificación de los sistemas de emergencia con base en su obligatoriedad legal y en las determinaciones realizadas por las autoridades competentes a nivel municipal, estatal, distrital, departamental u otros organismos gubernamentales. Esta clasificación permitirá identificar qué sistemas deben cumplir con los requisitos específicos establecidos en la normativa.
- **Suministro automático de energía:** La normativa abordará el suministro automático de energía eléctrica en caso de falla en el suministro normal o en caso de accidente en los componentes esenciales de un sistema. Se establecerán las pautas para garantizar que los sistemas de emergencia puedan activarse de manera automática y suministrar energía eléctrica confiable a los sistemas de iluminación, sistemas de fuerza o ambos, según sea necesario.
- **Equipos y áreas designados:** La normativa definirá los equipos y las áreas específicas que deben ser cubiertos por los sistemas de emergencia. Estos pueden incluir áreas críticas para la seguridad de la vida humana, como salidas de emergencia, sistemas de comunicación, equipos médicos, entre otros. Se establecerán requisitos detallados para garantizar que estos equipos y áreas reciban la energía eléctrica necesaria durante situaciones de emergencia.
- **Requisitos de instalación y mantenimiento:** La normativa contendrá directrices precisas sobre los requisitos de instalación y mantenimiento de los sistemas de emergencia. Esto abarcará desde la selección adecuada de equipos y componentes hasta la correcta configuración de los circuitos y sistemas de distribución. También se abordarán aspectos relacionados con la supervisión, pruebas y mantenimiento regular de los sistemas para garantizar su funcionalidad óptima en todo momento.

### 2.1.3. INEN 2345

La normativa de seguridad aplicable a los alambres y cables [8] establece los requisitos necesarios para los alambres y cables de un solo conductor con aislamiento termoplástico utilizados en instalaciones eléctricas con una tensión nominal de 600 V, de acuerdo con el estándar CPE INEN 019.

Esta norma también define los requisitos específicos para los cables utilizados en bombas sumergibles, ya sea con o sin chaquetas. En este caso, estos cables se identifican mediante letras.

Es importante destacar que los requisitos para los cables multiconductores con aislamiento y chaqueta termoplásticos, utilizados en instalaciones de 600 V, son abordados en otras normas distintas a esta.

Es relevante tener en cuenta que los productos cubiertos por esta normativa pueden tener aplicaciones que no están descritas en el Código Eléctrico Nacional. Por lo tanto, es necesario seguir las pautas y requisitos establecidos en esta norma para garantizar la seguridad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas en cualquier aplicación particular.

Además de establecer requisitos para los alambres y cables monoconductores con aislamiento termoplástico utilizados en instalaciones eléctricas de 600 V, esta norma de seguridad también considera los cables utilizados específicamente en bombas sumergibles. Estos cables pueden estar presentes en diferentes contextos y aplicaciones.

Es importante resaltar que los cables multiconductores con aislamiento y chaqueta termoplásticos, que se emplean en instalaciones de 600 V, están contemplados en otras normativas específicas, las cuales detallan los requisitos correspondientes.

Es fundamental tener en cuenta que esta normativa abarca productos que pueden tener aplicaciones más allá de las contempladas en el Código Eléctrico Nacional. Esto implica que los cables y alambres sujetos a esta norma pueden ser utilizados en diferentes contextos y proyectos que requieran cumplir con estándares de seguridad y calidad específicos, incluso en situaciones no previstas inicialmente.

La normativa de seguridad para alambres y cables en el presente establece una serie de disposiciones y requisitos para garantizar el uso seguro y adecuado de estos componentes en instalaciones eléctricas. Algunos de los aspectos que se encuentran presentes en esta normativa son los siguientes:

- **Especificaciones técnicas:** La normativa define las especificaciones técnicas detalladas que deben cumplir los alambres y cables en términos de su aislamiento termoplástico, resistencia a la temperatura, flexibilidad, resistencia al fuego y otros aspectos relevantes para su rendimiento seguro y eficiente.
- **Identificación y designación de cables:** La normativa establece métodos claros y sistemas de identificación para los cables cubiertos por esta regulación. Se definen requisitos específicos sobre cómo deben designarse y marcarse los cables para facilitar su correcta instalación y posterior identificación.
- **Requisitos para cables en bombas sumergibles:** La normativa incluye requisitos específicos para los cables utilizados en bombas sumergibles, asegurando que cumplan con estándares rigurosos para su resistencia en entornos de inmersión y condiciones desafiantes.
- **Cumplimiento normativo:** La normativa establece los procedimientos y requisitos para demostrar el cumplimiento de los cables y alambres con los estándares establecidos. Pueden incluir pruebas de calidad, inspecciones y certificaciones necesarias para garantizar la conformidad con los requisitos de seguridad y rendimiento.
- **Aplicaciones adicionales:** La normativa reconoce que los productos cubiertos pueden tener aplicaciones más allá de las establecidas en el Código Eléctrico Nacional. Esto implica que los cables y alambres pueden ser utilizados en diversos contextos, siempre y cuando cumplan con los requisitos de seguridad establecidos en la normativa actual.

## 2.2. Normativa internacional

### 2.2.1. NFPA70-2023

El National Electrical Code (NEC) es una normativa desarrollada por la National Fire Protection Association (NFPA) en los Estados Unidos [4].



Esta normativa es considerada un estándar de referencia en el campo de la ingeniería eléctrica y se utiliza ampliamente para regular las instalaciones eléctricas en edificios, estructuras y áreas adyacentes.

El NEC establece requisitos técnicos y de seguridad para la instalación eléctrica, cubriendo una amplia gama de aspectos, desde la selección y diseño de equipos eléctricos hasta la protección contra incendios y choques eléctricos. Abarca todos los aspectos relacionados con los sistemas eléctricos, incluyendo conductores, cables, dispositivos de protección, equipos de distribución, sistemas de puesta a tierra, iluminación, entre otros.

La normativa del NEC se actualiza periódicamente para reflejar los avances tecnológicos y las mejores prácticas en la industria eléctrica. Cada nueva edición incorpora revisiones, adiciones y modificaciones basadas en la experiencia y el conocimiento acumulados en el campo de la ingeniería eléctrica. Es importante destacar que el NEC no es un código de cumplimiento obligatorio a nivel federal, pero ha sido adoptado por muchos estados y jurisdicciones locales en los Estados Unidos como ley o reglamento obligatorio para las instalaciones eléctricas.

Entre los temas que aborda el NEC se incluyen:

- Requisitos generales de instalación eléctrica, incluyendo métodos y materiales permitidos, procedimientos de instalación y coordinación entre diferentes sistemas eléctricos.
- Circuitos y conductores, cubriendo la selección y capacidad de los conductores, la ubicación de los circuitos y las protecciones necesarias.
- Protección contra sobrecorriente, que establece los requisitos para dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas, como fusibles y disyuntores.
- Puesta a tierra y enlace equipotencial, incluyendo la conexión a tierra de sistemas eléctricos y equipos, así como la protección contra descargas eléctricas y la prevención de riesgos.
- Sistemas de distribución, que abarcan el diseño y la instalación de paneles de distribución, subestaciones, transformadores y equipos de distribución de energía eléctrica.

- Iluminación y equipos especiales, cubriendo los requisitos para la instalación y operación segura de sistemas de iluminación, equipos médicos, sistemas de emergencia, sistemas de comunicación, entre otros.
- Sistemas de distribución, que abarcan el diseño y la instalación de paneles de distribución, subestaciones, transformadores y equipos de distribución de energía eléctrica.
- Seguridad personal, estableciendo medidas de protección para evitar riesgos eléctricos, como el uso de equipos de protección personal y el cumplimiento de distancias seguras.

Las instalaciones industriales son un campo especializado dentro del ámbito de la ingeniería eléctrica, y el National Electrical Code (NEC) aborda varios aspectos relacionados con estas instalaciones. A continuación, se proporciona una descripción más detallada de algunos de los temas relevantes:

- **Requisitos de carga y capacidad:** El NEC establece requisitos para el cálculo de la carga eléctrica de las instalaciones industriales, considerando la demanda de energía de los equipos y sistemas utilizados. Estos requisitos aseguran que el sistema eléctrico tenga la capacidad adecuada para satisfacer las necesidades de la industria.
- **Protección y distribución de la energía:** El NEC define los requisitos para la protección de circuitos y sistemas de distribución de energía en instalaciones industriales. Esto incluye la selección y calibración de dispositivos de protección, como disyuntores y fusibles, para garantizar la seguridad y la confiabilidad del sistema.
- **Aterramiento y puesta a tierra:** La normativa aborda los requisitos para los sistemas de puesta a tierra en instalaciones industriales. Estos requisitos garantizan la seguridad de los trabajadores y la protección contra descargas eléctricas mediante la conexión adecuada a tierra de los equipos y sistemas.
- **Sistemas de iluminación industrial:** El NEC proporciona pautas para los sistemas de iluminación utilizados en entornos industriales. Esto incluye la selección de luminarias adecuadas, los requisitos de iluminación para diferentes áreas y los métodos de instalación seguros.

- **Equipos y sistemas especiales:** La normativa aborda los requisitos para equipos y sistemas especiales utilizados en instalaciones industriales, como motores eléctricos, transformadores, generadores de emergencia, sistemas de control y automatización. Estos requisitos aseguran la seguridad y el rendimiento adecuado de estos equipos en el entorno industrial.
- **Mantenimiento y seguridad en el trabajo:** El NEC establece requisitos para el mantenimiento periódico de las instalaciones eléctricas industriales, incluyendo inspecciones, pruebas y procedimientos de mantenimiento. Además, se abordan medidas de seguridad en el trabajo para proteger a los trabajadores que interactúan con los sistemas eléctricos industriales.

### 2.2.2. IEC 60617

La normativa IEC 60617, también conocida como IEC 60617-Graphical symbols for diagrams [6], es un estándar internacional desarrollado por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Esta normativa proporciona una colección de símbolos gráficos normalizados utilizados en diagramas eléctricos y electrónicos, así como en otros campos relacionados, como la automatización industrial.

El objetivo principal de la normativa IEC 60617 es establecer una terminología y una representación gráfica comúnmente aceptada para los símbolos utilizados en los diagramas técnicos. Al utilizar estos símbolos normalizados, se mejora la comunicación y la comprensión entre los profesionales de la ingeniería eléctrica en todo el mundo.

La normativa IEC 60617 incluye una amplia gama de símbolos, clasificados en diferentes categorías según su función y aplicación. Algunas de las categorías de símbolos que se encuentran en la normativa IEC 60617 son:

- **Símbolos básicos:** Estos símbolos representan los elementos básicos de los circuitos eléctricos, como resistencias, condensadores, inductores, fuentes de alimentación, generadores, motores, transformadores, interruptores, entre otros.
- **Símbolos de conexión:** Estos símbolos se utilizan para representar las conexiones eléctricas entre los componentes en un circuito, como

conexiones a tierra, puentes, cables, conexiones de conductores, entre otros.

- **Símbolos de control y señalización:** Estos símbolos se utilizan para representar dispositivos de control, como interruptores de encendido/apagado, pulsadores, relés, temporizadores, sensores, indicadores luminosos, entre otros.
- **Símbolos de protección y seguridad:** Estos símbolos representan dispositivos de protección y seguridad utilizados en los circuitos eléctricos, como fusibles, interruptores de circuito, dispositivos de protección contra sobretensiones, dispositivos de protección contra corriente residual, entre otros.
- **Símbolos de instrumentación:** Estos símbolos se utilizan para representar instrumentos de medición y equipos de control, como amperímetros, voltímetros, medidores de flujo, registradores, controladores, entre otros.

Es importante tener en cuenta que la normativa IEC 60617 se actualiza periódicamente para reflejar los avances tecnológicos y las necesidades cambiantes en la industria eléctrica. Los profesionales de la ingeniería eléctrica utilizan esta normativa como una referencia para garantizar la correcta representación de los circuitos eléctricos y la comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados en el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas eléctricos y electrónicos.

### 2.2.3. IEEE 141-1993

La normativa IEEE 141-1993, también conocida como IEEE Red Book o "Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants" [7], es un estándar desarrollado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) que establece pautas y prácticas recomendadas para el diseño y la implementación de sistemas de distribución de energía eléctrica en plantas industriales.

El objetivo principal de la normativa IEEE 141 es proporcionar lineamientos para lograr una distribución eficiente, segura y confiable de la energía eléctrica en entornos industriales, considerando los diversos requisitos y desafíos específicos que pueden existir en estas instalaciones.

Algunos aspectos clave que abarca la normativa IEEE 141 son:

- **Diseño de sistemas de distribución:** La normativa establece directrices para el diseño de sistemas de distribución de energía eléctrica, incluyendo la selección de la arquitectura de distribución, la planificación de la capacidad, la coordinación de la protección y la selección de equipos adecuados.
- **Configuración de redes eléctricas:** La normativa proporciona recomendaciones sobre la configuración y estructura de las redes eléctricas en plantas industriales, incluyendo la selección y diseño de alimentadores, subestaciones, transformadores y dispositivos de protección.
- **Protección y coordinación de dispositivos:** La normativa aborda los aspectos relacionados con la protección de los sistemas de distribución eléctrica en plantas industriales, incluyendo la coordinación de dispositivos de protección, como fusibles, disyuntores y relés, para asegurar una respuesta adecuada en caso de fallas eléctricas.
- **Calidad de energía:** La normativa ofrece directrices para garantizar la calidad de la energía eléctrica suministrada a las cargas industriales, incluyendo aspectos como la regulación de voltaje, la mitigación de armónicos y el control de la estabilidad del sistema.
- **Sistemas de puesta a tierra:** La normativa aborda la importancia de los sistemas de puesta a tierra en plantas industriales, proporcionando recomendaciones para su diseño, implementación y mantenimiento adecuados.
- **Eficiencia energética:** La normativa incluye recomendaciones para mejorar la eficiencia energética en la distribución eléctrica de plantas industriales, promoviendo el uso de tecnologías y prácticas que reduzcan las pérdidas y optimicen el consumo de energía.

### 2.3. Revistas tecnológicas

En el contexto de la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas en Ecuador, existen revistas tecnológicas relevantes que pueden proporcionar información valiosa y actualizada. A continuación, se mencionan dos revistas de mayor impacto que abordan temas relacionados con la ingeniería eléctrica y la industria en Ecuador:

### 2.3.1. Revista Técnica Energía

La Revista Técnica Energía del Operador Nacional de Electricidad CENACE es una publicación especializada que promueve la investigación y el intercambio de ideas en beneficio y desarrollo del sector eléctrico y energético en Ecuador. La revista se enfoca en profundizar el análisis de avances científicos y tecnológicos, así como compartir experiencias de alto nivel relacionadas con los sectores eléctrico y energético, incluyendo interconexiones internacionales de electricidad [9].

La revista se encuentra indexada en bases de datos reconocidas como EBSCO Information Services y Latindex Catálogo 2.0. Esto ha consolidado el prestigio y reconocimiento nacional e internacional de la Revista Técnica Energía [9].

La Revista Técnica Energía ofrece la oportunidad de difundir artículos técnicos que abarcan avances científicos y tecnológicos, así como experiencias profesionales en áreas relacionadas con Sistemas Eléctricos de Potencia, Sistemas Energéticos e Interconexiones Internacionales de Electricidad [3]. Los trabajos técnicos se clasifican en dos categorías: aplicaciones prácticas y artículos académicos. Esto permite cubrir diferentes temáticas técnicas inherentes a la gestión de instituciones académicas e investigativas, incluyendo sistemas eléctricos de potencia, eficiencia energética y temas tecnológicos e innovadores [9].

La revista realiza una conferencia anual, donde se presentan y evalúan trabajos relacionados con diferentes áreas temáticas. También se realiza un reconocimiento a los mejores trabajos presentados en cada edición. La revista proporciona una plataforma para compartir conocimientos y contribuir al avance del sector eléctrico y energético en Ecuador [9].

En cuanto a la disponibilidad de la revista, se puede acceder a ella a través del sitio web del Operador Nacional de Electricidad CENACE, donde se encuentran los enlaces para descargar las diferentes ediciones de la revista. Además, la revista se distribuye en formato impreso y digital, permitiendo un amplio acceso a la información para profesionales y académicos del sector eléctrico y energético en Ecuador [9].

Es importante destacar que la revista Energía del Operador Nacional

de Electricidad CENACE se ha convertido en un medio importante para el intercambio de conocimientos y la difusión de avances en el campo de la electricidad y la energía en Ecuador. Su prestigio y reconocimiento reflejan su contribución al desarrollo y mejora continua del sector eléctrico y energético del país [9].

### 2.3.2. Revista Tecnológica ESPOL (RTE)

La Revista Tecnológica ESPOL (RTE) es una publicación científica y tecnológica que se inició como una revista impresa en 1976. Su objetivo principal es promover la investigación formativa en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y preparar a futuros investigadores en el proceso de la publicación científica en diversas áreas del conocimiento relacionadas con los estudios de grado y postgrado. Desde el año 2005, RTE se convirtió en una revista digital y continúa abordando temas multidisciplinarios a nivel científico y tecnológico [10].

RTE publica principalmente artículos de investigación científica novedosos y originales de autores nacionales e internacionales. También incluye una sección especial dedicada a artículos técnicos que presentan y describen aplicaciones prácticas, estudios exploratorios y análisis o revisiones literarias que apoyan e incentivan el trabajo de potenciales y futuros investigadores [10].

La revista se publica de manera digital y de acceso abierto en su plataforma [rte.espol.edu.ec](http://rte.espol.edu.ec). Además, se encuentra registrada en varios indexadores y directorios de bases de datos, lo que contribuye a su visibilidad y alcance [10].

En cuanto al proceso de evaluación, la Revista Tecnológica ESPOL es una revista arbitrada que sigue el sistema doble par anónimo. Los artículos enviados por los autores son evaluados previamente por el Comité de Redacción para verificar si cumplen con las normas de edición y las políticas temáticas de la revista. Posteriormente, los artículos que pasan este primer filtro son enviados a dos evaluadores externos expertos en la temática abordada por el autor. Para garantizar la ética de la investigación, estos evaluadores desconocen la identidad de los autores y su afiliación institucional [10].

### 2.3.3. CIGRE (Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas)

CIGRE es una organización internacional que se enfoca en la promoción y el intercambio de conocimientos en el campo de la ingeniería eléctrica, con un enfoque particular en sistemas de energía y redes eléctricas de alta tensión. Algunos aspectos clave de CIGRE incluyen [11]:

**Red de Expertos:** CIGRE reúne a expertos, ingenieros, investigadores y profesionales de la industria eléctrica de todo el mundo. Estos expertos colaboran en grupos de trabajo y comités técnicos para abordar desafíos y oportunidades en el sector eléctrico.

**Publicaciones:** CIGRE publica informes técnicos, documentos y revistas que cubren una amplia gama de temas relacionados con sistemas de energía, equipos eléctricos, protección, automatización y más. Estas publicaciones son una fuente importante de información para la comunidad de ingeniería eléctrica.

**Eventos y Conferencias:** CIGRE organiza conferencias, coloquios y eventos técnicos a nivel internacional para promover el intercambio de conocimientos y la colaboración entre profesionales y expertos en el campo.

**Desarrollo de Normas y Mejores Prácticas:** CIGRE trabaja en la formulación de normas y mejores prácticas en el ámbito de la ingeniería eléctrica y sistemas de energía, contribuyendo así al avance de la industria.

**Red de Miembros:** CIGRE cuenta con una red de miembros que incluye a empresas, organizaciones gubernamentales y académicos interesados en el sector de energía eléctrica.



## 3. Técnicas y procedimientos de construcción actual

### 3.1. Experiencias de técnicos

En [12], se menciona algunas de las experiencias y desafíos comunes que podrían enfrentar los técnicos en este campo.

- **Diseño de sistemas eléctricos:** Los técnicos a menudo están involucrados en el diseño de sistemas eléctricos industriales para satisfacer las necesidades de las pequeñas y medianas empresas. Esto puede implicar analizar los requisitos de potencia, seleccionar los componentes adecuados, realizar cálculos de carga y diseñar el esquema de cableado.

Una de las primeras etapas del diseño de un sistema eléctrico es analizar los requisitos de potencia. Esto implica determinar la cantidad de energía eléctrica necesaria para alimentar los equipos y maquinarias de la empresa. Los técnicos deben considerar factores como la demanda de energía de cada dispositivo, la carga máxima esperada y la capacidad del suministro eléctrico disponible. A partir de esta información, pueden calcular la capacidad requerida para el sistema eléctrico en términos de voltaje, corriente y potencia.

Una vez que se han establecido los requisitos de potencia, los técnicos deben seleccionar los componentes adecuados para el sistema eléctrico. Esto implica elegir los transformadores, interruptores, fusibles, cables y otros dispositivos necesarios para garantizar el suministro de energía de manera segura y eficiente. Los técnicos deben tener en cuenta factores como la capacidad de carga de los componentes, la compatibilidad entre ellos y las normas de seguridad eléctrica aplicables.

Otro aspecto crucial del diseño de sistemas eléctricos es realizar cálculos de carga. Esto implica determinar la cantidad de corriente que fluirá a través de los cables y dispositivos en diferentes puntos del sistema. Los técnicos deben considerar factores como la longitud de los cables, la resistencia eléctrica, la caída de voltaje permitida y la distribución de cargas en el sistema. Estos cálculos son fundamentales para dimensionar

correctamente los cables y asegurar que no se produzcan sobrecargas o problemas de funcionamiento.

Una vez que se han realizado los cálculos de carga y se han seleccionado los componentes, los técnicos deben diseñar el esquema de cableado. Esto implica trazar los cables de manera eficiente, teniendo en cuenta la ubicación de los dispositivos, los paneles eléctricos y los puntos de conexión. Los técnicos deben asegurarse de que el cableado cumpla con los estándares de seguridad y que sea fácil de mantener y modificar en el futuro.

- **Instalación y montaje:** Una vez que el diseño está listo, los técnicos se encargan de la instalación y montaje de los sistemas eléctricos. Esto puede incluir el tendido de cables, la conexión de equipos y la instalación de paneles de control. El primer paso en la instalación es el tendido

de cables. Los técnicos deben seguir el esquema de cableado diseñado previamente y asegurarse de que los cables sean colocados de manera ordenada y segura. Esto implica la correcta identificación de los cables, el enrutamiento adecuado para evitar cruces o interferencias, y el uso de métodos de sujeción apropiados para fijar los cables a lo largo de su recorrido.

Una vez que los cables están tendidos, los técnicos proceden a realizar las conexiones eléctricas. Esto implica conectar los cables a los dispositivos, equipos y paneles de control correspondientes, siguiendo las especificaciones del diseño. Es fundamental que las conexiones se realicen de manera segura y confiable, utilizando los métodos y herramientas adecuadas, y garantizando una adecuada protección contra cortocircuitos o sobrecargas.

Además de la conexión de equipos, los técnicos también se encargan de la instalación de los paneles de control. Estos paneles son responsables de la gestión y control del sistema eléctrico, permitiendo la monitorización y operación de los equipos y circuitos. Los técnicos deben ubicar los paneles de manera estratégica, asegurándose de que sean accesibles y estén protegidos adecuadamente.

Durante todo el proceso de instalación y montaje, los técnicos deben seguir estrictamente las normas y regulaciones de seguridad eléctrica. Esto implica utilizar equipos de protección personal, asegurarse de que la instalación cumpla con los estándares de puesta a tierra y aislamiento, y realizar pruebas de funcionamiento para verificar la correcta operación del sistema.

Una vez que la instalación y montaje han sido completados, los técnicos pueden llevar a cabo pruebas y verificaciones adicionales para asegurarse de que el sistema eléctrico funcione correctamente. Estas pruebas pueden incluir la medición de voltajes y corrientes, la comprobación de la continuidad de los circuitos y la verificación de que los dispositivos y equipos respondan adecuadamente a las señales de control.

- **Mantenimiento y reparación:** Los técnicos también son responsables del mantenimiento y la reparación de los sistemas eléctricos en las pequeñas y medianas empresas. Esto implica realizar inspecciones periódicas, diagnosticar y solucionar problemas, reemplazar componentes defectuosos y garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas.

El mantenimiento de los sistemas eléctricos involucra realizar inspecciones periódicas para detectar posibles problemas o desgastes en los componentes. Los técnicos llevan a cabo revisiones detalladas de los equipos, paneles de control y conexiones eléctricas para identificar signos de desgaste, corrosión o sobrecalentamiento. También verifican el cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica, como la correcta puesta a tierra y la protección contra sobrecargas.

Además de las inspecciones, los técnicos también se encargan de diagnosticar y solucionar problemas en los sistemas eléctricos. Esto implica identificar y localizar las causas de posibles fallas, como cortocircuitos, circuitos abiertos o malfuncionamiento de dispositivos. Utilizando herramientas y equipos de prueba, los técnicos determinan el origen del problema y proceden a reparar o reemplazar los componentes defectuosos.

El reemplazo de componentes defectuosos es una parte importante del

mantenimiento y reparación de los sistemas eléctricos. Los técnicos deben tener conocimiento de los diferentes componentes eléctricos, como interruptores, fusibles, transformadores, relés, entre otros. En caso de que se encuentre un componente dañado o que no funcione correctamente, los técnicos proceden a su sustitución utilizando las especificaciones adecuadas y asegurándose de que cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento.

Asimismo, los técnicos son responsables de garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos una vez que se han realizado las reparaciones o reemplazos necesarios. Esto implica llevar a cabo pruebas y verificaciones para asegurarse de que el sistema esté operando dentro de los parámetros establecidos. Se realizan mediciones de voltaje, corriente y resistencia para corroborar que los valores sean los adecuados y que no existan desequilibrios o irregularidades en el sistema.

Además del mantenimiento regular y las reparaciones, los técnicos también pueden brindar asesoramiento y recomendaciones para mejorar la eficiencia y confiabilidad de los sistemas eléctricos. Pueden sugerir la implementación de sistemas de monitoreo y control, la actualización de componentes obsoletos o la optimización de la distribución de cargas, entre otras acciones.

- **Cumplimiento de normas y regulaciones:** Los técnicos deben asegurarse de que los sistemas eléctricos cumplan con las normas y regulaciones aplicables. Esto implica conocer los códigos eléctricos relevantes y garantizar que los sistemas estén correctamente diseñados e instalados para cumplir con los estándares de seguridad.

Cada país o región tiene sus propios códigos y normas eléctricas que deben ser cumplidos. Estos códigos suelen ser establecidos por organizaciones o entidades gubernamentales, y están diseñados para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas, prevenir riesgos de incendios, evitar descargas eléctricas y promover prácticas de instalación adecuadas.

Los técnicos deben estar familiarizados con los códigos eléctricos relevantes y asegurarse de que los sistemas eléctricos que diseñan, instalan o mantienen cumplan con estos requisitos. Esto incluye aspectos como el tamaño y tipo de conductores y cables utilizados, la correcta selección y ubicación de dispositivos de protección como interruptores y fusibles, la adecuada puesta a tierra y la protección contra sobrecargas.

Además de los códigos eléctricos, también existen otras regulaciones y normativas que los técnicos deben tener en cuenta, dependiendo del tipo de industria o aplicación específica. Por ejemplo, puede haber regulaciones relacionadas con la eficiencia energética, la gestión de residuos eléctricos y electrónicos, o requisitos especiales para entornos peligrosos o sensibles.

Es responsabilidad de los técnicos asegurarse de que los sistemas eléctricos estén correctamente diseñados e instalados para cumplir con las normas y regulaciones correspondientes. Esto implica realizar una planificación adecuada, utilizar los componentes y equipos aprobados y seguir las prácticas recomendadas por los organismos reguladores. Además, los técnicos también deben mantenerse actualizados sobre los cambios y actualizaciones en las normativas eléctricas para garantizar la conformidad continua de los sistemas.

En caso de que se realicen inspecciones o auditorías de seguridad eléctrica, los técnicos pueden ser requeridos para proporcionar documentación y evidencia de que los sistemas cumplen con los requisitos normativos. Esto puede incluir diagramas de circuitos, especificaciones de equipos, registros de pruebas y certificaciones de cumplimiento.

- **Coordinación con otros equipos:** Los técnicos suelen trabajar en estrecha colaboración con otros profesionales, como ingenieros eléctricos, ingenieros de proyectos y personal de mantenimiento. Esto requiere una buena comunicación y coordinación para garantizar que todos los aspectos del proyecto se ejecuten de manera eficiente.

La coordinación con ingenieros eléctricos es importante durante las etapas de diseño y planificación del proyecto. Los técnicos aportan su

experiencia técnica y conocimiento práctico, mientras que los ingenieros eléctricos proporcionan la visión conceptual y el enfoque estratégico. Juntos, trabajan en el diseño del sistema eléctrico, teniendo en cuenta los requisitos de potencia, la distribución de cargas, la selección de componentes y el cumplimiento de las normas y regulaciones aplicables.

Durante la fase de ejecución del proyecto, los técnicos colaboran estrechamente con el personal de mantenimiento y los ingenieros de proyectos. El personal de mantenimiento puede brindar información valiosa sobre la operatividad y la experiencia práctica de los sistemas eléctricos existentes, lo que ayuda a identificar posibles desafíos y a garantizar la integración adecuada del nuevo sistema. Por otro lado, los ingenieros de proyectos se encargan de la gestión general del proyecto, coordinando los recursos, estableciendo plazos y asegurando la comunicación fluida entre los equipos involucrados.

Una comunicación clara y efectiva es esencial para la coordinación exitosa con otros equipos. Los técnicos deben comunicar sus necesidades y requerimientos técnicos de manera precisa y comprensible, y estar abiertos a recibir información y sugerencias de los demás profesionales involucrados. La colaboración en equipo permite abordar de manera integral los desafíos técnicos, identificar soluciones óptimas y asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Además, la coordinación con otros equipos implica también mantener una comunicación regular y actualizada sobre el progreso del proyecto. Esto incluye la planificación de reuniones de seguimiento, compartir informes de avance, discutir posibles desviaciones o cambios en el alcance y asegurarse de que todas las partes estén al tanto de los aspectos técnicos y logísticos relevantes.

- **Resolución de problemas:** En el campo de la construcción de sistemas eléctricos industriales, los técnicos a menudo se enfrentan a desafíos y problemas inesperados. Deben ser capaces de diagnosticar y resolver problemas rápidamente para minimizar el tiempo de inactividad y garantizar la continuidad de las operaciones en las empresas.

Cuando surgen problemas en los sistemas eléctricos, los técnicos deben utilizar su conocimiento y experiencia para identificar la causa raíz del problema. Esto implica realizar pruebas y análisis detallados de los componentes eléctricos, el cableado y los dispositivos de control. Pueden utilizar herramientas y equipos de diagnóstico, como medidores de voltaje y corriente, osciloscopios y software de monitoreo, para evaluar el funcionamiento del sistema y determinar dónde se encuentra el fallo.

Una vez que se ha identificado la causa del problema, los técnicos deben desarrollar soluciones efectivas y seguras. Esto puede implicar reparar o reemplazar componentes defectuosos, reajustar configuraciones, corregir errores de cableado o realizar ajustes en los parámetros de funcionamiento. Los técnicos deben asegurarse de seguir los procedimientos adecuados y cumplir con las normas de seguridad eléctrica durante todo el proceso de resolución de problemas.

Es importante destacar que la resolución de problemas requiere de habilidades analíticas y un enfoque metódico. Los técnicos deben ser capaces de evaluar rápidamente la situación, recopilar información relevante y utilizar un enfoque estructurado para identificar la mejor solución. También deben ser capaces de trabajar bajo presión y tomar decisiones informadas en situaciones urgentes, minimizando el impacto en la producción y la operatividad de la empresa.

Además, la comunicación efectiva con otros miembros del equipo y los responsables del proyecto es esencial durante el proceso de resolución de problemas. Los técnicos deben ser capaces de describir claramente el problema, las acciones tomadas y los resultados obtenidos. También es importante mantener a todos los interesados informados sobre el progreso y las acciones correctivas implementadas.

La resolución de problemas no se limita únicamente a situaciones de emergencia. Los técnicos también deben ser proactivos en la identificación y solución de problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas importantes. Realizar inspecciones regulares, llevar a cabo mantenimiento preventivo y estar atentos a los signos de desgaste o funcionamiento anormal son acciones importantes para prevenir problemas y

garantizar la confiabilidad de los sistemas eléctricos.

### 3.2. Normativa existente aplicada a pequeñas y medianas empresas

En la presente subsección se menciona la normativa que actualmente se aplica en la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas:

- **NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción Instalaciones Eléctricas):** La NEC es un conjunto de estándares que establece los requisitos mínimos de seguridad eléctrica para la instalación y uso de sistemas eléctricos en edificios. Para la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas, se deben seguir las pautas establecidas en la NEC para la selección de conductores, diseño de circuitos, instalación de equipos eléctricos, protección contra sobrecorriente, puesta a tierra y otros aspectos relacionados con la seguridad eléctrica.
- **NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego):** La NFPA se enfoca en la prevención de incendios y la protección contra incendios en edificios y estructuras. En la construcción de sistemas eléctricos industriales, es importante seguir las normas de la NFPA relacionadas con el cableado eléctrico, el diseño de sistemas de alarma de incendios, la ubicación de equipos eléctricos en áreas clasificadas, el uso adecuado de materiales ignífugos y otros requisitos de seguridad contra incendios.
- **INEN (Instituto Ecuatoriano de Estandarización y Normalización):** El INEN establece normas técnicas para diversos sectores en Ecuador. Para la construcción de sistemas eléctricos industriales, es fundamental consultar las normas técnicas relevantes del INEN que aborden los aspectos específicos de los sistemas eléctricos, como la instalación de equipos eléctricos, la protección contra sobretensiones, el dimensionamiento de conductores y otros requisitos aplicables.
- **IEC (Comisión Electrotécnica Internacional):** La IEC es una organización que publica estándares internacionales en el campo de la



electricidad y la electrónica. Sus normas son reconocidas a nivel mundial y cubren una amplia gama de temas relacionados con los sistemas eléctricos. Para la construcción de sistemas eléctricos industriales, se pueden aplicar las normas de la IEC en áreas como el diseño de paneles de control, la selección y aplicación de dispositivos de protección, la eficiencia energética y otros aspectos relacionados.

- **IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos):** El IEEE es una organización que publica estándares técnicos en el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica. Sus normas cubren una amplia gama de temas, incluidos los sistemas eléctricos industriales. Al construir sistemas eléctricos industriales en pequeñas y medianas empresas, se pueden aplicar las normas del IEEE en áreas como la calidad de la energía, la protección de equipos sensibles, la gestión de sistemas de energía, la supervisión remota y otros aspectos técnicos.

### 3.3. Recomendaciones para construcción y adecuamiento de sistemas eléctricos en pequeñas y medianas empresas

En [13] se mencionan recomendaciones para garantizar la seguridad y eficiencia de los sistemas eléctricos. Es importante tener en cuenta que siempre se debe contar con el apoyo de un ingeniero eléctrico calificado para realizar un diseño y evaluación específica según las necesidades de la empresa. A continuación se presentan algunas directrices clave:

- **Cálculo de carga eléctrica:** Se debe realizar un estudio detallado de la carga eléctrica necesaria para la empresa, considerando la demanda actual y futura. Esto ayudará a determinar la capacidad requerida del sistema eléctrico y evitará sobrecargas o subdimensionamiento.
- **Distribución eficiente:** Es necesario diseñar una distribución eléctrica eficiente que minimice las pérdidas de energía y reduzca los costos operativos. Se deben utilizar cables de la sección adecuada, evitar distancias excesivas entre los equipos y distribuir los circuitos de manera equilibrada.
- **Protección contra sobrecargas y cortocircuitos:** Se deben instalar dispositivos de protección adecuados, como interruptores automá-

ticos, fusibles y relés de protección, para prevenir sobrecargas y cortocircuitos. Estos dispositivos deben estar correctamente dimensionados y ubicados estratégicamente en el sistema.

- **Puesta a tierra:** Es fundamental asegurarse de que el sistema eléctrico cuente con un sistema de puesta a tierra adecuado. La puesta a tierra proporciona un camino seguro para la descarga de corriente en caso de fallas y ayuda a proteger a las personas y equipos contra descargas eléctricas.
- **Sistemas de iluminación eficientes:** Se debe considerar la instalación de sistemas de iluminación eficientes, como lámparas LED, que consumen menos energía y tienen una vida útil más larga. Además, es recomendable utilizar sensores de movimiento y reguladores de intensidad para controlar el uso de la iluminación en áreas con baja ocupación.
- **Respaldo de energía:** Se debe evaluar la necesidad de contar con un sistema de respaldo de energía, como generadores eléctricos o sistemas de baterías, para asegurar el suministro eléctrico en caso de fallas o cortes de energía.
- **Mantenimiento regular:** Es importante establecer un programa de mantenimiento regular para inspeccionar y mantener los equipos eléctricos. Esto incluye la limpieza, ajuste y verificación de conexiones eléctricas, así como la detección temprana de posibles problemas.
- **Cumplimiento normativo:** Se debe asegurar el cumplimiento de todas las normas y regulaciones eléctricas aplicables en el área. Esto incluye los códigos de instalación eléctrica, requisitos de seguridad y normativas ambientales.

### 3.4. Reducción de costos y mejora de eficiencia eléctrica en sistemas industriales de pequeñas y medianas empresas

En [14] se menciona información sobre cómo reducir costos y mejorar la eficiencia eléctrica en sistemas industriales de pequeñas y medianas empresas. Estas medidas son importantes para optimizar el consumo de energía,

aumentar la rentabilidad y minimizar el impacto ambiental. A continuación, se presentan algunos enfoques y estrategias clave:

- **Auditoría energética:** Realizar una auditoría energética es el primer paso para identificar oportunidades de mejora. Mediante el análisis detallado del consumo de energía, es posible identificar áreas de ineficiencia y determinar dónde se pueden implementar medidas correctivas.

Realizar una auditoría energética es un proceso importante para identificar oportunidades de eficiencia energética y reducción de costos en un sistema o edificio. Para llevar a cabo una auditoría energética efectiva, se deben seguir ciertas recomendaciones.

En primer lugar, se debe recopilar información detallada sobre el sistema o edificio que se va a auditar, incluyendo planos, facturas de energía, datos de consumo histórico y especificaciones técnicas.

Luego, es esencial formar un equipo de auditoría compuesto por profesionales con experiencia en energía, como ingenieros o consultores energéticos.

Los objetivos de la auditoría deben establecerse claramente, ya sea para reducir costos, mejorar la eficiencia energética o cumplir con regulaciones específicas.

La inspección física de las instalaciones y sistemas es fundamental para identificar áreas de ineficiencia, como sistemas de iluminación, HVAC y equipos eléctricos.

Se debe analizar detenidamente el consumo de energía, comparándolo con estándares de referencia para identificar áreas de consumo excesivo.

Identificar y priorizar oportunidades de mejora es otro paso importante, considerando la actualización de equipos, la implementación de tecnologías eficientes y la optimización de procesos.

Calcular el retorno de la inversión (ROI) es esencial para evaluar la rentabilidad de las medidas propuestas.

Se debe considerar la viabilidad de incorporar fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas.

Desarrollar un plan de acción detallado que incluya medidas de eficiencia, plazos y recursos necesarios es fundamental.

Después de implementar las medidas, se debe realizar un seguimiento y medición del consumo de energía, ajustando según sea necesario.

Cumplir con regulaciones y normativas locales y nacionales es esencial en todo el proceso.

Finalmente, mantener registros detallados de la auditoría, las medidas implementadas y los resultados obtenidos es importante para futuras referencias y para demostrar el retorno de la inversión.

- **Eficiencia en motores:** Los motores eléctricos son componentes fundamentales en muchos sistemas industriales. Al reemplazar motores antiguos y menos eficientes por modelos de alta eficiencia, se puede lograr un ahorro significativo de energía. Además, es importante asegurarse de que los motores estén correctamente dimensionados para evitar el funcionamiento en cargas parciales, que resulta ineficiente.

Para mejorar la eficiencia en motores, es importante seguir una serie de recomendaciones que contribuyen a reducir el consumo de energía y mejorar el rendimiento de los motores eléctricos. A continuación, se presentan algunas de estas recomendaciones:

**Mantenimiento regular:** El mantenimiento preventivo y programado es esencial para garantizar la eficiencia de los motores. Esto incluye tareas como la limpieza, lubricación y ajuste de componentes, así como la inspección de cables y conexiones eléctricas. Un motor bien mantenido tiene un funcionamiento más eficiente y una vida útil prolongada.

**Selección adecuada del motor:** Es importante elegir un motor eléctrico que se adapte adecuadamente a la carga que va a mover. Evitar

motores sobredimensionados para cargas ligeras contribuye a una mayor eficiencia energética.

**Variadores de frecuencia (VFD):** Cuando sea posible, se recomienda la instalación de variadores de frecuencia (VFD) o arrancadores suaves. Estos dispositivos permiten controlar la velocidad del motor de manera precisa, ajustándola según la demanda. Esto puede reducir significativamente el consumo de energía, especialmente en aplicaciones de carga variable.

**Motores de alta eficiencia:** Optar por motores eléctricos de alta eficiencia es una decisión importante. Los motores que cumplen con estándares como el NEMA Premium en los Estados Unidos o el IE3 en Europa están diseñados para ser más eficientes energéticamente.

**Aislamiento adecuado:** Garantizar que los motores estén correctamente aislados y protegidos contra temperaturas extremas contribuye a minimizar las pérdidas de calor y mejora la eficiencia.

**Monitoreo y control:** La implementación de sistemas de monitoreo y control permite supervisar el rendimiento de los motores en tiempo real. Esto facilita la detección temprana de problemas y oportunidades de mejora.

**Arranque suave:** La utilización de arrancadores suaves o sistemas de arranque progresivo reduce la corriente de arranque y minimiza el estrés tanto en el motor como en la red eléctrica.

**Optimización de carga:** Es fundamental revisar y optimizar el diseño del sistema y la carga conectada a los motores. Eliminar cargas innecesarias o redundantes ayuda a mejorar la eficiencia.

**Programación de mantenimiento:** Establecer un programa de mantenimiento preventivo y seguir las recomendaciones del fabricante es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo del motor.

**Educación y capacitación:** Brindar capacitación al personal encargado del mantenimiento y la operación de los motores asegura que estén

al tanto de las mejores prácticas y cómo operar los motores de manera eficiente.

**Auditoría energética:** Realizar auditorías energéticas periódicas ayuda a identificar áreas de mejora y evaluar el rendimiento de los motores en el contexto de todo el sistema eléctrico.

- **Variadores de velocidad:** La instalación de variadores de velocidad en los motores permite adaptar la velocidad de operación a la demanda real, lo cual reduce el consumo energético al evitar el funcionamiento a velocidades fijas innecesariamente altas. Esto es especialmente útil en aplicaciones que experimentan fluctuaciones en la carga.

Para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los variadores de velocidad, se presentan a continuación una serie de recomendaciones que ayudarán a optimizar su funcionamiento:

**Selección adecuada del variador:** Al elegir un variador de velocidad, es esencial considerar las características de la carga y las especificaciones técnicas requeridas. Se debe asegurar que el variador sea adecuado para la aplicación en términos de capacidad y funcionalidad.

**Programación personalizada:** Configurar el variador según las necesidades específicas de la aplicación puede mejorar su eficiencia. Ajustar los parámetros de velocidad, aceleración y desaceleración de acuerdo con la carga contribuye a un mejor rendimiento.

**Mantenimiento regular:** Realizar un mantenimiento preventivo es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo. Esto incluye la limpieza, inspección de conexiones eléctricas y comprobación de componentes internos. Un variador bien mantenido es más confiable y eficiente.

**Monitoreo continuo:** Implementar sistemas de monitoreo y control permite supervisar el funcionamiento del variador en tiempo real. Esto facilita la detección temprana de posibles problemas y permite tomar medidas correctivas de manera proactiva.

**Protección contra sobrecargas:** Utilizar dispositivos de protección, como fusibles y disyuntores, para prevenir sobrecargas en el variador y

en el motor. Esto garantiza la seguridad del equipo y prolonga su vida útil.

**Educación y capacitación:** Capacitar al personal encargado de operar y mantener los variadores de velocidad es fundamental. Un conocimiento adecuado de su funcionamiento y configuración contribuye a un uso eficiente y seguro.

**Actualización de firmware:** Mantener el firmware del variador actualizado es importante para aprovechar mejoras en la eficiencia y la funcionalidad proporcionadas por el fabricante.

**Optimización de la refrigeración:** Controlar y mantener adecuadamente el sistema de refrigeración del variador ayuda a prevenir el sobrecalentamiento, lo que puede reducir su eficiencia y vida útil.

**Seguridad eléctrica:** Asegurarse de que el variador esté instalado y operado de acuerdo con las normativas de seguridad eléctrica garantiza un funcionamiento seguro y confiable.

**Auditoría de eficiencia energética:** Realizar auditorías periódicas de eficiencia energética en el sistema en el que se encuentra el variador puede revelar oportunidades de mejora en su uso y eficiencia.

- **Iluminación eficiente:** Reemplazar las lámparas convencionales por tecnología LED de alta eficiencia puede generar un ahorro sustancial en el consumo de energía. Además, se deben implementar sistemas de control de iluminación, como sensores de presencia y reguladores de intensidad, para evitar el uso innecesario de luces en áreas desocupadas o durante períodos de luz natural suficiente. Para mejorar la eficiencia

en la iluminación, se ofrecen las siguientes recomendaciones que pueden ser implementadas [15]:

**Transición a iluminación LED:** La adopción de bombillas LED es una de las formas más efectivas de mejorar la eficiencia lumínica. Los LED consumen menos energía y tienen una vida útil más larga en comparación con las bombillas incandescentes y fluorescentes.

**Sensores de movimiento y temporizadores:** Instalar sensores de movimiento y temporizadores en áreas de baja afluencia de personas

garantiza que las luces se enciendan solo cuando sea necesario, lo que reduce el consumo de energía.

**Aprovechamiento de la luz natural:** Diseñar espacios con acceso a la luz natural y utilizar sistemas de control de iluminación que ajusten automáticamente la intensidad de la luz en función de la luz natural disponible.

**Iluminación direccionada:** Utilizar luminarias que dirijan la luz hacia donde se necesita, evitando la dispersión innecesaria y garantizando una iluminación eficiente.

**Apagar luces cuando no se necesiten:** Fomentar el hábito de apagar las luces cuando una habitación esté desocupada o durante el día cuando la luz natural sea suficiente.

**Uso de reguladores de intensidad:** Instalar reguladores de intensidad (dimmers) permite ajustar la cantidad de luz emitida según las necesidades, lo que ahorra energía y crea ambientes versátiles.

**Mantenimiento regular:** Realizar un mantenimiento programado para limpiar y reemplazar las bombillas o luminarias defectuosas, lo que garantiza que la iluminación funcione de manera eficiente.

**Actualización de tecnología:** Evaluar y actualizar el sistema de iluminación existente a medida que surgen tecnologías más eficientes y sostenibles.

**Educación y concienciación:** Educar a los ocupantes sobre la importancia de la eficiencia energética en la iluminación y promover el uso responsable de la luz.

**Auditoría energética:** Realizar auditorías periódicas de eficiencia energética en el sistema de iluminación para identificar áreas de mejora y medir el rendimiento.

- **Gestión de energía:** Implementar sistemas de gestión de energía y monitoreo en tiempo real permite obtener información detallada sobre los patrones de consumo, identificar picos de demanda y controlar los equipos en función de las necesidades reales. Esto ayuda a optimizar la distribución de energía y reducir los costos asociados.

Para mejorar la gestión energética de una organización o instalación,



se presentan las siguientes recomendaciones que pueden ser implementadas [16]:

**Realizar una auditoría energética:** Llevar a cabo auditorías periódicas para evaluar el consumo de energía y identificar áreas de mejora. Esto proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas.

**Establecer metas de eficiencia energética:** Definir objetivos claros y medibles para reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono. Estas metas ayudan a enfocar los esfuerzos y evaluar el progreso.

**Monitorear y medir el consumo de energía:** Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para rastrear el uso de energía y detectar desviaciones o ineficiencias de manera temprana.

**Implementar tecnología de gestión energética:** Utilizar software de gestión energética que permita recopilar, analizar y gestionar datos de consumo energético de manera eficiente.

**Optimizar la iluminación y sistemas HVAC:** Actualizar equipos y sistemas de iluminación y calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para que sean más eficientes y utilicen tecnología avanzada.

**Promover la concienciación y capacitación:** Educar a los empleados sobre prácticas de uso eficiente de la energía y capacitar al personal en la operación de equipos y sistemas energéticamente eficientes.

**Implementar políticas de eficiencia energética:** Establecer políticas y procedimientos que promuevan el ahorro de energía y la reducción del consumo en toda la organización.

**Fomentar la participación de los empleados:** Involucrar a los empleados en la identificación y aplicación de medidas de eficiencia energética. Pueden aportar ideas valiosas desde sus perspectivas individuales.

**Realizar mantenimiento preventivo:** Mantener equipos y sistemas en buen estado de funcionamiento a través de un programa de mantenimiento preventivo, lo que ayuda a evitar pérdidas de energía debido a fallas.

**Medir el retorno de la inversión (ROI):** Evaluar las inversiones en eficiencia energética mediante el cálculo del ROI para determinar su rentabilidad y priorizar proyectos.

**Cumplir con normativas y estándares:** Asegurarse de cumplir con las regulaciones y estándares de eficiencia energética locales y nacionales aplicables.

**Fomentar la innovación continua:** Buscar constantemente nuevas tecnologías y prácticas que puedan mejorar aún más la gestión energética y reducir el consumo.

- **Aislamiento y protección:** Verificar el aislamiento adecuado de los cables y equipos eléctricos es esencial para evitar pérdidas de energía y garantizar un rendimiento óptimo. Además, la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones y sobrecorrientes ayuda a prevenir daños en los equipos y reducir costos de mantenimiento y reemplazo.

Para mejorar el aislamiento y la protección eléctrica en instalaciones y equipos, se presentan las siguientes recomendaciones que pueden ser implementadas [17]:

**Análisis de riesgos eléctricos:** Realizar un análisis detallado de los riesgos eléctricos en la instalación para identificar posibles problemas y áreas de mejora.

**Mantenimiento preventivo:** Establecer un programa de mantenimiento preventivo regular para inspeccionar y mantener los equipos eléctricos, como interruptores, tableros eléctricos y cables, con el fin de prevenir fallos y accidentes.

**Aislamiento adecuado:** Garantizar que todos los componentes eléctricos estén correctamente aislados para prevenir cortocircuitos y descargas eléctricas. Esto incluye el uso de aisladores, recubrimientos y aislamientos dieléctricos.

**Instalación de dispositivos de protección:** Incorporar interruptores de circuito, interruptores de falla a tierra (GFCI), interruptores de circuito en miniatura (MCB) y otros dispositivos de protección eléctrica según sea necesario para desconectar automáticamente la corriente en caso de fallas.

**Protección contra sobretensiones:** Utilizar dispositivos de protección contra sobretensiones para evitar daños a equipos sensibles en caso

de picos de voltaje. Esto es especialmente importante en áreas propensas a tormentas eléctricas.

**Plan de evacuación:** Tener un plan de evacuación en caso de emergencias eléctricas, como incendios causados por cortocircuitos, y asegurarse de que todos los ocupantes de la instalación estén familiarizados con el plan.

**Capacitación del personal:** Proporcionar capacitación regular sobre seguridad eléctrica a todo el personal que trabaje con equipos eléctricos. Esto incluye procedimientos de trabajo seguros y el uso adecuado de herramientas y equipo de protección personal.

**Etiquetado claro:** Etiquetar claramente todos los paneles eléctricos, interruptores y cables para facilitar la identificación y el mantenimiento seguro.

**Cumplir con las normativas:** Asegurarse de cumplir con todas las regulaciones y estándares de seguridad eléctrica locales y nacionales aplicables.

**Auditorías de seguridad eléctrica:** Realizar auditorías periódicas de seguridad eléctrica para evaluar la efectividad de las medidas de protección y realizar las mejoras necesarias.

**Pruebas y verificaciones:** Realizar pruebas eléctricas regulares, como pruebas de continuidad y pruebas de resistencia, para verificar la integridad de los sistemas eléctricos.

- **Energías renovables:** Evaluar la viabilidad de utilizar fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, puede ser beneficioso en términos de reducción de costos a largo plazo y disminución de la dependencia de la red eléctrica convencional. Estas soluciones son especialmente adecuadas para empresas ubicadas en áreas con recursos naturales favorables.

Para mejorar la utilización de energías renovables eléctricas, se presentan las siguientes recomendaciones que pueden ser implementadas [18]:

**Evaluación de recursos:** Realizar un estudio detallado de los recursos naturales disponibles, como la radiación solar, la velocidad del viento,

la hidroenergía y la biomasa, para determinar la viabilidad de diferentes fuentes de energía renovable en la ubicación específica.

**Selección de tecnologías adecuadas:** Elegir las tecnologías de energía renovable apropiadas en función de los recursos disponibles y las necesidades energéticas. Esto puede incluir paneles solares, turbinas eólicas, sistemas de energía geotérmica o plantas de biomasa.

**Diseño eficiente de sistemas:** Diseñar sistemas de energía renovable eficientes que maximicen la captación y conversión de energía. Esto implica la ubicación estratégica de paneles solares o turbinas eólicas y la optimización de la eficiencia de conversión.

**Almacenamiento de energía:** Implementar sistemas de almacenamiento de energía, como baterías, para gestionar la energía generada y garantizar un suministro constante incluso en momentos de baja generación.

**Eficiencia energética:** Priorizar la eficiencia energética en el consumo, lo que reduce la demanda total de energía y aumenta la proporción de energía renovable en el suministro.

**Integración en la red eléctrica:** Conectar sistemas de energía renovable a la red eléctrica y cumplir con los requisitos de interconexión para inyectar energía en la red y, en algunos casos, obtener compensación económica por la energía generada.

**Legislación y regulaciones:** Conocer y cumplir con las leyes y regulaciones locales y nacionales relacionadas con la generación de energía renovable, incluidos los incentivos fiscales y las tarifas de alimentación.

**Educación y capacitación:** Capacitar al personal involucrado en la operación y mantenimiento de sistemas de energía renovable para garantizar un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada.

**Monitoreo y mantenimiento:** Implementar sistemas de monitoreo continuo para supervisar el rendimiento de los sistemas de energía renovable y realizar un mantenimiento regular para garantizar su eficiencia a lo largo del tiempo.

**Inversión y financiamiento:** Explorar opciones de financiamiento, como subsidios gubernamentales, financiamiento a bajo interés o inversiones privadas, para facilitar la adopción de energías renovables.

**Planificación a largo plazo:** Desarrollar un plan estratégico a largo plazo para la expansión y mejora de la infraestructura de energía renovable, teniendo en cuenta el crecimiento futuro de la demanda de energía.

- **Capacitación y concienciación:** Fomentar la capacitación y la conciencia en temas de eficiencia energética entre los empleados es fundamental. Al promover prácticas responsables y fomentar el uso eficiente de la energía, se crea una cultura organizacional orientada hacia la mejora continua en términos de eficiencia eléctrica.

Para mejorar la capacitación y la conciencia en temas de eficiencia energética, se presentan las siguientes recomendaciones que pueden ser implementadas:

**Desarrollo de programas de capacitación:** Diseñar programas de capacitación en eficiencia energética que aborden tanto a empleados como a la alta dirección de la organización. Estos programas deben incluir información sobre prácticas y tecnologías eficientes, así como los beneficios económicos y ambientales asociados.

**Sensibilización continua:** Fomentar una cultura de conciencia en eficiencia energética mediante campañas de sensibilización regulares. Estas campañas pueden incluir comunicaciones internas, seminarios web, carteles y material educativo.

**Participación de empleados:** Involucrar a los empleados en la identificación de oportunidades de ahorro de energía en sus áreas de trabajo. Fomentar la presentación de ideas y sugerencias para mejorar la eficiencia.

**Evaluación de conocimientos:** Realizar evaluaciones periódicas para medir el conocimiento de los empleados sobre eficiencia energética y brindar retroalimentación para el desarrollo continuo.

**Entrenamiento en tecnología:** Proporcionar capacitación específica en el uso y mantenimiento de tecnologías de eficiencia energética, como sistemas de iluminación eficiente, sistemas de calefacción y refrigeración, y equipos eléctricos.

**Certificaciones y reconocimientos:** Establecer programas de reconocimiento o incentivos para aquellos empleados que demuestren un compromiso destacado con la eficiencia energética.

**Colaboración externa:** Buscar la colaboración con organizaciones externas, como agencias gubernamentales, ONG y asociaciones industriales, para acceder a recursos y programas de capacitación adicionales.

**Medición y seguimiento:** Establecer métricas para medir el impacto de las iniciativas de capacitación y conciencia en la reducción del consumo de energía y el ahorro de costos.

**Evaluación de resultados:** Evaluar regularmente el impacto de las iniciativas de capacitación y ajustar los programas según sea necesario para lograr mejores resultados.

**Comunicación transparente:** Mantener una comunicación abierta y transparente con los empleados sobre los objetivos de eficiencia energética de la organización, los avances y los resultados alcanzados.

**Integración en la cultura organizacional:** Incorporar la eficiencia energética como un componente fundamental de la cultura organizacional, donde se promueva y recompense el uso responsable de la energía.

**Cumplimiento normativo:** Asegurarse de cumplir con todas las regulaciones y estándares relacionados con la eficiencia energética y la capacitación en el lugar de trabajo.

## 4. Elaboración de un manual de construcciones eléctricas aplicado a pequeñas y medianas empresas

### 4.1. Sistemas de puesta a tierra

#### 4.1.1. Simbología de elementos

La simbología de puesta a tierra es un lenguaje visual esencial en el campo eléctrico que permite representar de manera gráfica y comprensible los componentes y conexiones del sistema de puesta a tierra, promoviendo la seguridad y la eficiencia en el manejo de la energía eléctrica.





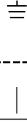

Símbolo	Descripción
	Símbolo de tierra
	Conexión a tierra con electrodo
	Conexión de un componente a tierra
	Conductor de conexión a tierra
	Conexión a tierra de un componente protegido
	Toma de tierra para conectar dispositivos

Figura 1: Simbología de puesta a tierra IEC 60417 [19]

#### 4.1.2. Resistividad de terrenos

Es esencial comprender cómo diferentes tipos de suelos presentan distintos niveles de resistividad, lo que afecta la efectividad de las conexiones a tierra. La resistividad puede variar ampliamente según la composición del suelo, su contenido de humedad y otros factores geográficos y climáticos. Conocer los rangos aproximados de resistividad de los terrenos permite tomar decisiones informadas en el diseño de sistemas de puesta a tierra y asegurar una protección eléctrica adecuada.

Tabla 2: Resistividad de terrenos [20]

Tipo de Suelo	Resistividad (ohm·m)
Roca seca	1000 o menos
Arcilla húmeda	100 - 3000
Arena húmeda	300 - 5000
Arcilla seca	1000 - 5000
Arena seca	1000 - 10000
Turba o pantano	10000 - 100000 o más

#### 4.1.3. Diseño de puesta a tierra según norma IEEE 142

La norma IEEE 142, "Norma para prácticas recomendadas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de energía", establece los principios y prácticas recomendadas para el diseño de puesta a tierra en sistemas eléctricos de energía. A continuación, se detallan los aspectos clave que se deben tener en cuenta en el diseño de puesta a tierra según esta norma:

- **Selección del tipo de puesta a tierra:** La norma recomienda el uso de un sistema de puesta a tierra efectivo y confiable, que generalmente se logra mediante el uso de una puesta a tierra en forma de anillo o malla, conocida como "sistema de puesta a tierra en anillo o malla".
- **Resistividad del terreno:** Es fundamental conocer la resistividad del terreno donde se implementará el sistema de puesta a tierra. Se deben realizar mediciones en el sitio para obtener un valor preciso de la resistividad del terreno y utilizar esta información en el diseño.



- **Cálculo de la resistencia de puesta a tierra:** La norma proporciona métodos para calcular la resistencia de puesta a tierra requerida para diferentes sistemas de energía y niveles de tensión. El objetivo es lograr una resistencia de puesta a tierra lo suficientemente baja para disipar las corrientes de falla de manera segura.
- **Espaciado de los electrodos:** La norma también especifica el espaciado adecuado entre los electrodos de puesta a tierra para garantizar una distribución uniforme de la corriente en el suelo.
- **Profundidad de los electrodos:** La profundidad de los electrodos de puesta a tierra debe ser suficiente para alcanzar capas de suelo con resistividad más baja y reducir la resistencia total del sistema de puesta a tierra.
- **Conexión de los electrodos:** Se deben utilizar conexiones adecuadas y asegurarse de que estén bien sujetas para evitar daños y pérdidas en la eficacia del sistema de puesta a tierra.
- **Conductores de puesta a tierra:** La norma recomienda el uso de conductores de cobre o aluminio para la conexión de los electrodos de puesta a tierra al sistema.
- **Puesta a tierra de equipos eléctricos:** Se deben conectar adecuadamente los equipos eléctricos y sistemas metálicos, como subestaciones y torres, al sistema de puesta a tierra para garantizar la seguridad de las personas y equipos en caso de fallas.
- **Sistemas de puesta a tierra para protección contra sobretensiones:** Se deben implementar sistemas de puesta a tierra adicionales para proteger contra sobretensiones inducidas por rayos u otros eventos transitorios.
- **Inspección y mantenimiento:** Es fundamental realizar inspecciones regulares del sistema de puesta a tierra y mantenerlo adecuadamente para garantizar su correcto funcionamiento y eficacia a lo largo del tiempo.

#### 4.1.4. Calibre de conductor

El calibre del conductor utilizado en la puesta a tierra es un aspecto importante para garantizar un sistema seguro y efectivo. A continuación, se describen los aspectos clave relacionados con el calibre del conductor:

- **Capacidad de corriente:** El calibre del conductor debe seleccionarse de manera que pueda soportar la corriente de falla máxima esperada en el sistema de puesta a tierra. Esto implica calcular la corriente máxima que fluiría hacia el suelo en caso de una falla y luego seleccionar un calibre de conductor capaz de manejar esa corriente sin sobrecalentarse ni dañarse.
- **Durabilidad y resistencia a la corrosión:** Los conductores de puesta a tierra están expuestos a diversos elementos ambientales, como la humedad del suelo, que pueden provocar corrosión. Por lo tanto, se deben utilizar materiales de conductores que sean resistentes a la corrosión, como el cobre estañado o el cobre revestido de acero.
- **Normativas y códigos:** La selección del calibre del conductor también debe cumplir con las normativas y códigos eléctricos locales o internacionales aplicables, que establecen los requisitos mínimos para la selección de conductores de puesta a tierra en función de la aplicación y las condiciones específicas.
- **Longitud del conductor:** La longitud del conductor también influye en la selección del calibre, ya que la resistencia del conductor aumenta con la longitud. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la distancia entre los puntos de conexión de la puesta a tierra al seleccionar el calibre del conductor.
- **Sección transversal efectiva:** La sección transversal efectiva del conductor también se debe considerar al seleccionar el calibre. Una sección transversal más grande ofrece menor resistencia y, por lo tanto, permite una mejor disipación de la corriente de falla hacia el suelo.
- **Presupuesto del proyecto:** La selección del calibre del conductor también puede estar influenciada por el presupuesto del proyecto, ya que los conductores de mayor calibre pueden ser más costosos. Es importante equilibrar los requisitos técnicos con las consideraciones económicas.

- **Sobrecarga temporal:** En algunos casos, el calibre del conductor puede dimensionarse para soportar corrientes de falla temporales durante un período breve, como una sobrecarga durante una tormenta, sin sufrir daños.

En la Tabla 3 se aprecia algunos valores AWG (American Wire Gauge) y sus usos recomendados en función de la corriente eléctrica:

Tabla 3: Valores AWG del cable normativa NEC [3]

AWG	Corriente	Usos Recomendados
20	Hasta 11 A	Cableado de iluminación, señalización
18	Hasta 16 A	Extensiones eléctricas, dispositivos de bajo consumo
16	Hasta 22 A	Extensiones eléctricas, dispositivos de consumo moderado
14	Hasta 32 A	Tomas de corriente, electrodomésticos
12	Hasta 41 A	Circuitos de alto consumo, equipos pesados
10	Hasta 55 A	Circuitos de alto consumo, sistemas de alimentación
8	Hasta 73 A	Circuitos de alto consumo, sistemas de alimentación
6	Hasta 101 A	Sistemas de alimentación, aplicaciones industriales
4	Hasta 157 A	Sistemas de alimentación, aplicaciones industriales
2	Hasta 231 A	Sistemas de alimentación, aplicaciones industriales
1	Hasta 285 A	Sistemas de alimentación, aplicaciones industriales
0	Hasta 325 A	Sistemas de alimentación, aplicaciones industriales

#### 4.1.5. Configuración de la malla, tipos de elementos para realizar un sistema de puesta a tierra y consideraciones de diseño (según normativa NEC)

La configuración de la malla de puesta a tierra, los tipos de elementos utilizados y las consideraciones de diseño de acuerdo con la normativa NEC para sistemas de puesta a tierra son los siguientes:

##### **Configuración de la malla de puesta a tierra:**

La malla de puesta a tierra es un sistema de electrodos interconectados enterrados en el suelo para proporcionar una ruta segura y eficiente para la disipación de corrientes de falla. La configuración más común es la "malla

de puesta a tierra en forma de anillo.º "sistema de malla radial". En esta configuración, se entierran conductores a una profundidad adecuada en un patrón de anillo alrededor del perímetro del edificio o la instalación, y también se puede extender hacia el interior de la estructura.

### **Tipos de elementos utilizados en el sistema de puesta a tierra:**

Los sistemas de puesta a tierra en Ecuador, al igual que en otros lugares, utilizan una variedad de elementos y componentes para garantizar la seguridad eléctrica y la protección contra sobretensiones. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de elementos utilizados en sistemas de puesta a tierra que pueden estar disponibles en el mercado ecuatoriano [21]:

1. Electrodo de Puesta a Tierra: Los electrodos son elementos enterrados en el suelo que permiten la dispersión de corrientes eléctricas hacia la tierra. Los electrodos de tierra comunes incluyen varillas de tierra, placas de tierra y anillos de tierra, apreciar la Figura 2



Figura 2: Electrodo de puesta a tierra [21]

2. Cables de Puesta a Tierra: Estos cables conductores conectan los componentes eléctricos y las estructuras al electrodo de tierra. Deben tener una capacidad de conducción adecuada y estar diseñados para soportar condiciones ambientales, apreciar la Figura 3



Figura 3: Cables de puesta a tierra [21]

3. Abrazaderas y Conectores de Puesta a Tierra: Estos componentes se utilizan para conectar los cables de puesta a tierra a las estructuras metálicas, equipos y sistemas eléctricos, apreciar la Figura 4.



Figura 4: Abrazaderas y conectores de puesta a tierra [21]

4. Dispositivos de Control de Puesta a Tierra: Los dispositivos como interruptores de puesta a tierra y seccionadores de puesta a tierra se utilizan para asegurar que un sistema eléctrico se encuentra en un estado seguro antes de realizar trabajos de mantenimiento, apreciar la Figura 5.



Figura 5: Dispositivos de control de puesta a tierra [21]

5. Medidores de Resistencia de Puesta a Tierra: Estos dispositivos miden

la resistencia de la conexión a tierra para garantizar que cumple con los estándares de seguridad y protección, apreciar la Figura 6.



Figura 6: Medidores de resistencia de puesta a tierra [21]

6. Protector de Sobretensiones: Estos dispositivos se instalan en el sistema de puesta a tierra para proteger contra sobretensiones transitorias y evitar daños a equipos eléctricos, apreciar la Figura 7.



Figura 7: Protector de sobretensiones  
[21]

7. Supresores de Transitorios: Se utilizan para reducir las sobretensiones transitorias que pueden dañar los equipos eléctricos sensibles, apreciar la Figura 8.



Figura 8: Supresores de transitorios  
[21]



8. Electrodo Químico: En algunos casos, se pueden utilizar electrodos químicos para mejorar la conductividad del suelo y reducir la resistencia de puesta a tierra, apreciar la Figura 9.

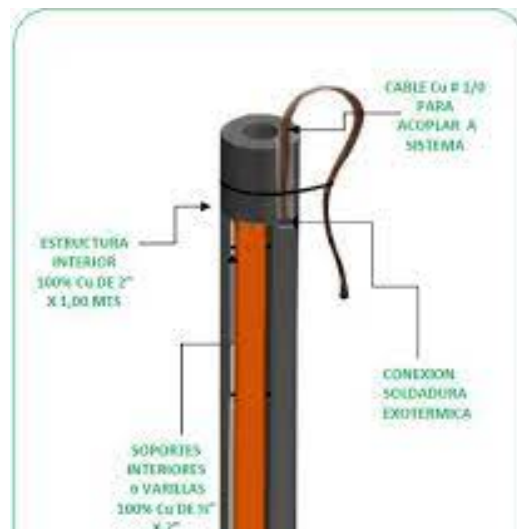


Figura 9: Electrodo químico [21]

9. Sistemas de Puesta a Tierra Temporales: Para proyectos de construcción temporales o eventos al aire libre, se pueden utilizar sistemas de puesta a tierra temporales como estacas de tierra y cables para garantizar la seguridad eléctrica, apreciar la Figura 10.



Figura 10: Sistema de puesta a tierra temporal [21]

#### Consideraciones de diseño según la normativa NEC:

- a. Resistividad del suelo: La normativa NEC recomienda realizar pruebas en el sitio para determinar la resistividad del suelo. Esto es fundamental para dimensionar adecuadamente la malla y los electrodos de puesta a tierra.
- b. Profundidad de los electrodos: Los electrodos deben estar enterrados a una profundidad suficiente para alcanzar capas de suelo con menor resistividad. La normativa proporciona pautas específicas sobre la profundidad requerida según la resistividad del suelo y otros factores.
- c. Distancia entre electrodos: La normativa también establece requisitos sobre la distancia máxima permitida entre electrodos para garantizar una disipación efectiva de la corriente de falla.
- d. Capacidad de corriente y calibre de conductores: El diseño debe asegurar que los conductores y electrodos tengan la capacidad adecuada para soportar las corrientes de falla sin daños.
- e. Ubicación de la malla: Se debe considerar la ubicación de la malla en relación con la estructura o el sistema eléctrico a proteger.
- f. Sistemas de puesta a tierra adicionales: La normativa NEC puede requere-

rir sistemas de puesta a tierra adicionales, como electrodos de puesta a tierra de protección contra rayos, según el riesgo de exposición a sobretensiones.

#### 4.1.6. Diseño final de puesta a tierra según normativa IEEE y NEC (recomendado o más usado)

A continuación se detallan los aspectos clave que se considerarían al diseñar un sistema de puesta a tierra siguiendo las normativas IEEE y NEC, que son ampliamente reconocidas y utilizadas en la industria eléctrica:

- **Análisis del sitio:** Se debe realizar un análisis detallado del sitio para determinar la resistividad del suelo y otros factores relevantes que influirán en el diseño de la puesta a tierra.
- **Selección de la configuración de la malla:** La configuración de la malla de puesta a tierra, como la malla en anillo, se debe seleccionar en función de las características del sitio y los requerimientos de protección.
- **Dimensionamiento de electrodos:** Se dimensionarán los electrodos de puesta a tierra y se determinará la cantidad necesaria para cumplir con los requisitos de corriente de falla y resistividad del suelo.
- **Selección de conductores:** Se seleccionarán conductores de puesta a tierra adecuados en función de la corriente de falla máxima esperada y los criterios de calibre y resistencia eléctrica.
- **Conexiones y uniones:** Se diseñarán conexiones seguras y adecuadas entre los electrodos y los conductores para garantizar una baja resistencia de puesta a tierra.
- **Puesta a tierra de equipos eléctricos:** Se implementarán conexiones efectivas para puesta a tierra de equipos y sistemas metálicos, como subestaciones y torres.
- **Sistemas de protección contra sobretensiones:** Se considerarán sistemas adicionales de puesta a tierra para protección contra sobretensiones, como electrodos de puesta a tierra de protección contra rayos.

- **Cumplimiento de normas y códigos:** El diseño se ajustará a los estándares y regulaciones establecidos en la normativa IEEE y NEC, así como a otras normativas locales y nacionales aplicables.
- **Inspección y mantenimiento:** Se planificarán procedimientos de inspección y mantenimiento periódicos para asegurar el correcto funcionamiento y la eficacia a largo plazo del sistema de puesta a tierra.

#### 4.1.7. Mediciones prácticas para comprobación de diseño y equipo a usarse para el propósito

De los diferentes métodos y equipos que se tienen para realizar mediciones de puesta a tierra, se ha considerado el más efectivo, rápido y confiable, que es el método de tres polos para mediciones de puesta a tierra usando un telurómetro [22]. Es la forma más sencilla de obtener el valor de un sistema

de puesta a tierra y consiste en que los circuitos de tensión y corriente del sistema total se conectan al sistema de puesta a tierra por medio de un solo cable, adicionalmente para la prueba con este método se requieren dos picas o sondas auxiliares mismos que convergen en el telurómetro (equipo de obtención del resultado) el cuál inyecta un corriente alterna en la tierra por medio del electrodo sobre la varilla que está siendo objeto de medición y la pica de corriente, luego, mide la caída de tensión entre la varilla que se está comprobando y la sonda de tensión para finalmente por medio de la Ley de Ohm calcular la resistencia total del sistema. En la Figura 11 se observa el diagrama eléctrico interno del equipo al momento de realizar su medición [22].

En la Figura 12 se muestra un ejemplo práctico de como realizar la medición considerando todo el sistema (picas, electrodo de referencia, sondas y equipo de medición), además de realizar mediciones de puesta a tierra, el telurómetro es capaz de medir la resistividad del terreno.

Por los buenos resultados que arroja este método, es uno de los más utilizados para mediciones considerando también que se use un equipo calibrado de buena calidad. Los errores que se pueden presentar al realizar este método pueden ser [22]:

- Las picas o sondas se colocan muy cerca del punto de referencia.
- Las picas o sondas auxiliares que generalmente tienen una longitud de 30 centímetros se las coloca sobre cables o líneas energizadas.

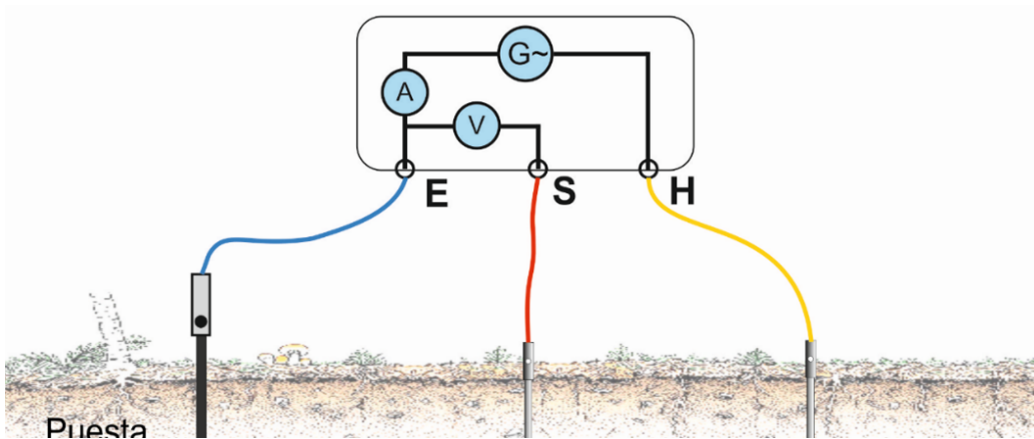


Figura 11: Diagrama eléctrico interno del equipo [22]

- La pica o sonda de tensión se conduce fuera del área de potencial de referencia cero.
- Para realizar pruebas de grandes sistemas de puesta a tierra la corriente de referencia generada por el telurómetro suele ser demasiado baja para el sistema total.

#### 4.1.8. Sistemas de puesta a tierra para sistemas eléctricos y electrónicos

Los sistemas de puesta a tierra para sistemas eléctricos y electrónicos son fundamentales para garantizar la seguridad, estabilidad y correcto funcionamiento de equipos y personas. Estos sistemas buscan establecer una ruta de baja resistencia hacia la tierra para desviar las corrientes de falla y proteger contra sobretensiones. A continuación, se presentan los principales tipos de sistemas de puesta a tierra para sistemas eléctricos y electrónicos:

- **Puesta a tierra de protección:** Este sistema de puesta a tierra se refiere a la conexión de equipos y estructuras metálicas a un electrodo de puesta a tierra para proteger a las personas y el equipo de descargas eléctricas y corrientes de falla. En sistemas eléctricos residenciales o comerciales, esto puede implicar conectar tomacorrientes, electrodomésticos, subtableros, cajas de fusibles y otras partes metálicas al sistema

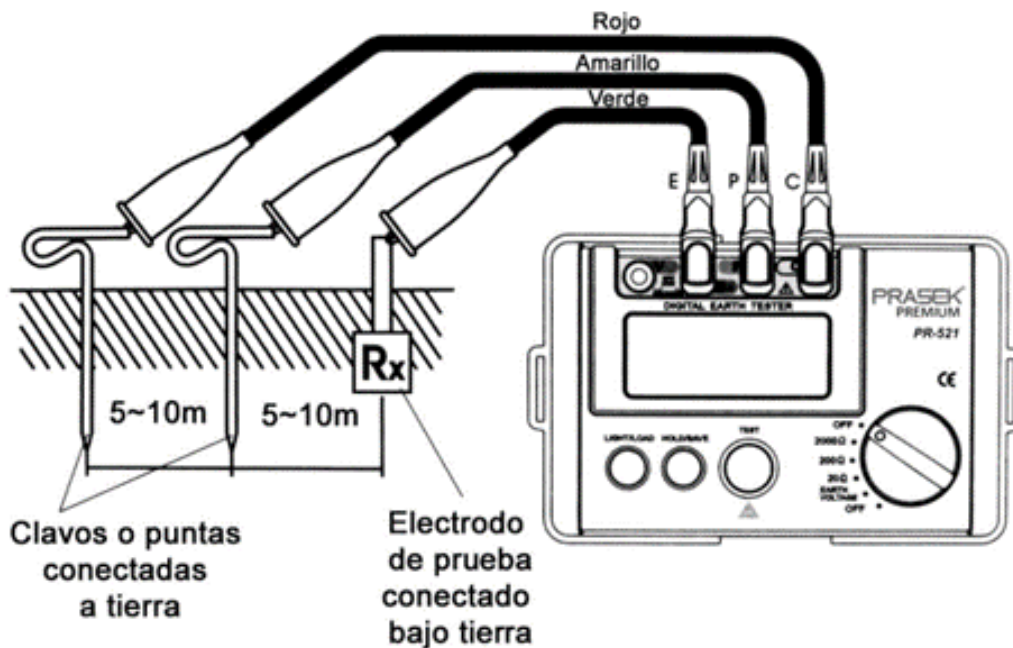


Figura 12: Ejemplo práctico para medición [22]

de puesta a tierra.

- **Puesta a tierra de equipos electrónicos sensibles:** Para proteger equipos electrónicos sensibles de daños causados por sobretensiones transitorias o descargas electrostáticas, se implementan sistemas de puesta a tierra específicos para estos equipos. Estos sistemas incluyen técnicas de protección de sobretensiones, como varistores y protectores de sobretensiones, que desvían las sobretensiones hacia tierra.
- **Puesta a tierra de equipos de telecomunicaciones:** En sistemas de telecomunicaciones y tecnologías de la información, se utiliza la puesta a tierra para proporcionar un camino seguro para la descarga de sobretensiones y garantizar una operación confiable. Los sistemas de puesta a tierra se implementan en torres de comunicaciones, antenas y equipos electrónicos en centros de datos.
- **Puesta a tierra en sistemas industriales y subestaciones:** En entornos industriales y sistemas de transmisión de alta tensión, se utili-

zan sistemas de puesta a tierra para proteger equipos y personas contra corrientes de falla y descargas eléctricas. Estos sistemas incluyen una extensa red de electrodos de puesta a tierra y conexiones adecuadas para disipar las corrientes de falla hacia tierra.

A continuación en la Tabla 4 se presenta los valores de sistemas a tierra estimados por cada normativa:

Tabla 4: Valores estimados de puesta a tierra por cada normativa

<b>Normativa</b>	<b>Valor Estimado de Resistencia (Ohmios)</b>
NEC	Menos de 5
INEN 019	Menos de 5
IEC 60617	Menos de 5
NFPA 70	Menos de 5
IEEE 141-1993	Menos de 10

## 4.2. Canalización eléctrica

### 4.2.1. Simbología de elementos

El conocimiento y la comprensión de la simbología de canalización eléctrica son esenciales para ingenieros, electricistas y profesionales involucrados en proyectos eléctricos, ya que les permiten comunicarse de manera efectiva y garantizar la correcta instalación y funcionamiento de sistemas eléctricos seguros y eficientes. En la siguiente figura se aprecia la principal simbología de canalización eléctrica:

### 4.2.2. Canalización horizontal

La canalización horizontal, también conocida como enrutamiento de conductores o cableado horizontal, es una parte fundamental de los sistemas de distribución eléctrica y de telecomunicaciones en edificios y estructuras. Esta técnica se utiliza para transportar cables, conductores y fibras ópticas desde puntos centrales de distribución hasta puntos de acceso en diferentes áreas del edificio, como oficinas, salas de reuniones o aulas. A continuación, se proporciona información detallada sobre la canalización horizontal:






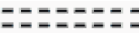
Símbolo	Descripción
	Canalización desde nivel inferior
	Canalización hacia nivel inferior
	Canalización atravesando verticalmente hacia abajo
	Canalización atravesando verticalmente
	Acometida
	Canalización en bandeja de rejilla

Figura 13: Simbología de canalización eléctrica [23]

### Definición y Propósito:

La canalización horizontal es el proceso de instalar conductos, bandejas portacables, tubos o canaletas a lo largo de las paredes o techos de un edificio para alojar y proteger los cables eléctricos y de comunicaciones. Su objetivo principal es permitir la distribución organizada y segura de cables y permitir la flexibilidad para futuras modificaciones o expansiones del sistema eléctrico o de redes.

### Tipos de Canalización Horizontal:

Existen varios tipos de canalización horizontal utilizados comúnmente en edificios y estructuras:

*Conductos:* Los conductos metálicos o de PVC son una opción común para la canalización horizontal. Proporcionan una protección robusta y son adecuados para una variedad de aplicaciones, incluidas redes eléctricas y de telecomunicaciones.



*Charolas Portacables:* Las charolas portacables son bandejas metálicas que se instalan a lo largo de las paredes o techos para sostener y organizar los cables. Son ideales para sistemas de cableado estructurado y ofrecen una fácil accesibilidad para mantenimiento y cambios en la configuración del cableado.

*Tubos o Tubos Flexibles:* Los tubos rígidos o flexibles, generalmente hechos de PVC, se utilizan para encajonar y proteger cables individuales o haces de cables. Los tubos flexibles son útiles para enrutamiento en áreas donde se requiere cierta flexibilidad.

*Canaletas:* Las canaletas son conductos angostos, típicamente utilizados en aplicaciones de baja tensión, como redes de voz y datos. Son especialmente útiles cuando se necesita una canalización discreta.

### **Consideraciones de Diseño:**

Al diseñar la canalización horizontal, es importante tener en cuenta varios factores:

*Capacidad de Carga:* La canalización debe ser capaz de soportar el peso de los cables y dispositivos conectados a ella.

*Espacio para Futuras Expansiones:* Se debe proporcionar suficiente espacio adicional para acomodar posibles cambios o expansiones futuras en el sistema de cableado.

*Rutas Lógicas:* La canalización debe seguir rutas lógicas y coherentes para facilitar el acceso y el mantenimiento del cableado.

*Separación de Servicios:* Es esencial mantener separados los cables de alimentación eléctrica y los cables de comunicaciones para evitar interferencias y problemas de seguridad.

### **Ventajas de la Canalización Horizontal:**

- a) Organiza y protege los cables y conductores.
- b) Facilita la identificación y el acceso para mantenimiento y resolución de problemas.
- c) Permite futuras modificaciones y expansiones de manera más sencilla.

d) Contribuye a un aspecto estético limpio y profesional.

### 4.2.3. Canalización vertical

La canalización vertical, también conocida como canalización ascendente o enrutamiento vertical, es un componente esencial en los sistemas de distribución eléctrica y de telecomunicaciones en edificios y estructuras. Este tipo de canalización se utiliza para transportar cables, conductores y fibras ópticas desde el piso inferior hasta los pisos superiores, permitiendo una distribución organizada y segura de los cables eléctricos y de comunicaciones. A continuación, se proporciona información detallada sobre la canalización vertical:

#### **Definición y Propósito:**

La canalización vertical es el proceso de instalar conductos, bandejas portables, tubos o canaletas a lo largo de las paredes, columnas o ductos de un edificio para alojar y proteger los cables eléctricos y de comunicaciones que se distribuirán en diferentes niveles del edificio. Su principal propósito es facilitar el enrutamiento ordenado y seguro de los cables desde el subsuelo hasta los pisos superiores, permitiendo la conectividad y accesibilidad eficiente de los servicios eléctricos y de telecomunicaciones en todas las áreas del edificio.

#### **Tipos de Canalización Vertical:**

Existen varios tipos de canalización vertical utilizados comúnmente en edificios y estructuras:

*Conductos Verticales:* Los conductos verticales, ya sean metálicos o de PVC, son la opción más común para la canalización vertical. Estos conductos atraviesan varios pisos y proporcionan una protección robusta para los cables.

*Bandejas Portables Verticales:* Las bandejas portables verticales se instalan a lo largo de las paredes o columnas y sostienen los cables en diferentes niveles. Son ideales para sistemas de cableado estructurado y permiten una fácil accesibilidad para mantenimiento y cambios en el cableado.

*Tubos Verticales:* Los tubos verticales, rígidos o flexibles, se utilizan para

encajonar y proteger cables individuales o haces de cables a lo largo de la altura del edificio.

*Canaletas Verticales:* Las canaletas verticales son conductos estrechos, generalmente utilizados para aplicaciones de baja tensión, como redes de voz y datos, que se instalan en las paredes para un enrutamiento discreto.

### **Consideraciones de Diseño:**

Al diseñar la canalización vertical, se deben tener en cuenta varios factores:

*Capacidad de Carga:* La canalización vertical debe ser capaz de soportar el peso de los cables y dispositivos conectados a ella en diferentes niveles.

*Espacio para Futuras Expansiones:* Se debe proporcionar suficiente espacio adicional para acomodar posibles cambios o expansiones futuras en el sistema de cableado.

*Separación de Servicios:* Es esencial mantener separados los cables de alimentación eléctrica y los cables de comunicaciones para evitar interferencias y problemas de seguridad.

### **Ventajas de la Canalización Vertical:**

- a) Permite la distribución eficiente de cables y servicios a diferentes niveles del edificio.
- b) Facilita la identificación y el acceso para mantenimiento y resolución de problemas en cualquier piso.
- c) Contribuye a un aspecto estético limpio y profesional en las áreas comunes y visibles del edificio.

#### **4.2.4. Tipos de canalizaciones**

Los principales tipos de canalizaciones utilizadas en sistemas eléctricos y de telecomunicaciones son los siguientes [24]:

- **Conductos Metálicos (Tubos Metálicos):** Los conductos metáli-

cos son tubos rígidos hechos de acero galvanizado o aluminio, utilizados para alojar y proteger cables eléctricos y de telecomunicaciones. Son resistentes y ofrecen una alta protección contra impactos y daños mecánicos, apreciar la Figura 14



Figura 14: Conducto metálico [24]

- **Conductos PVC (Tubos Plásticos):** Los conductos de PVC son tubos rígidos o flexibles hechos de policloruro de vinilo (PVC). Son livianos, resistentes a la corrosión y se utilizan comúnmente en aplicaciones donde no se requiere alta resistencia mecánica, , apreciar la Figura 15



Figura 15: Conducto PVC [24]

- **Conductos Flexibles:** Los conductos flexibles son tubos corrugados hechos de metal o materiales plásticos flexibles. Son ideales para rutas de cableado que requieren cierta flexibilidad, como en áreas con curvas o movimientos de vibración, apreciar la Figura 16



Figura 16: Conducto flexible [24]

- **Bandejas Portacables:** Las bandejas portacables son sistemas de so-

porte hechos de metal, aluminio o acero galvanizado que se instalan a lo largo de las paredes o techos para soportar y organizar los cables. Son especialmente útiles en sistemas de cableado estructurado, apreciar la Figura 17



Figura 17: Bandeja portacable [24]

- **Tuberías Conduit Subterráneas:** Las tuberías conduit subterráneas son tubos enterrados en el suelo para proteger cables eléctricos y de comunicaciones en aplicaciones exteriores o subterráneas, apreciar la Figura 18



Figura 18: Tuberías Conduit Subterráneas [24]

- **Canaletas:** Las canaletas son conductos estrechos y superficiales que se instalan en paredes para encajonar cables eléctricos de baja tensión, como redes de datos y voz, apreciar la Figura 19



Figura 19: Canaleta [24]

- **Cables Canalizados o Riel DIN:** Los cables canalizados son sistemas de canales prefabricados que permiten la instalación de cables eléctricos en rieles o carriles DIN para equipos y dispositivos en tableros eléctricos, apreciar la Figura 20



Figura 20: Cables canalizados o riel  
DIN [24]

- **Sistema de Racks o Gabinetes:** En el contexto de centros de datos y salas de telecomunicaciones, los racks y gabinetes ofrecen una canalización vertical y horizontal para montar y organizar equipos, servidores y dispositivos de red, apreciar la Figura 21



Figura 21: Sistema de Racks o Gabinetes [24]



- **Canalización aérea:** En ciertos casos, se utilizan sistemas de canalización aérea para llevar cables eléctricos y de telecomunicaciones a lo largo de postes o soportes en el aire, apreciar la Figura 22

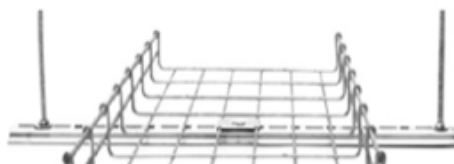


Figura 22: Canalización aérea [24]

#### 4.2.5. Cantidad admisible de cable en tubería

La cantidad de cables que se admiten en una tubería está regulada por las normas y códigos eléctricos locales, como el Código Eléctrico Nacional (NEC). La NEC proporciona pautas específicas para determinar la capacidad de llenado de las tuberías o canalizaciones eléctricas con conductores, y esto depende del tipo de tubería, el tipo de conductores y su tamaño, la temperatura ambiente y otros factores.

En la NEC, la capacidad de llenado de una tubería se expresa en términos de "porcentaje de llenado" o "porcentaje de área ocupada". Esto se refiere al espacio ocupado por los conductores en comparación con el área total interna de la tubería.

Es importante destacar que el porcentaje de llenado admisible puede variar según el tipo de tubería, como tubos de metal rígidos o conductos flexibles, y según el tipo de conductores utilizados, como cables THHN/THWN, cables de comunicación, etc.

Las pautas generales que se aplican para determinar la cantidad de cables admitidos en una tubería según el NEC son las siguientes:

**Método basado en el área de sección transversal de los conductores:** El área total ocupada por los conductores no debe exceder el 40 % del área total interna de la tubería.

**Método basado en el diámetro externo de los conductores:** El

diámetro total de los conductores no debe exceder el 53% del diámetro interno de la tubería.

### **4.3. Diseño de fuerza**

#### **4.3.1. Simbología de elementos**

El conocimiento y la familiaridad con la simbología de diseño de fuerza son componentes críticos para aquellos que trabajan en el campo de la ingeniería eléctrica, ya que les proporciona una herramienta efectiva para comunicar y visualizar de manera clara y estandarizada los elementos clave en la distribución y protección de la energía eléctrica. En la siguiente figura se aprecia la principal simbología de canalización eléctrica:









Símbolo	Descripción
	Tomacorriente en el piso
	Tomacorriente monofásico
	Tomacorriente trifásico
	Transformador
	Transformador de aislamiento
	Transformador de seguridad
	Tablero de distribución
	Tablero general

Figura 23: Simbología de diseños de fuerza [25]

#### 4.3.2. Estimación de la carga

#### 4.3.3. Elementos de un sistema de protección eléctrica

Un sistema de protección eléctrica está diseñado para salvaguardar los equipos, dispositivos y las personas contra posibles fallas, sobrecargas y fenómenos transitorios que puedan ocurrir en una instalación eléctrica. A continuación, se describen los elementos principales que conforman un sistema de protección eléctrica:

- Fusibles:** Los fusibles son dispositivos de protección que se colocan en serie con el circuito eléctrico. Su función principal es proteger contra sobrecargas y cortocircuitos. Cuando se produce una corriente excesiva,

el fusible se funde, interrumpiendo el flujo de corriente y protegiendo los equipos y dispositivos conectados al circuito.

Tabla 5: Tabla técnica de fusibles

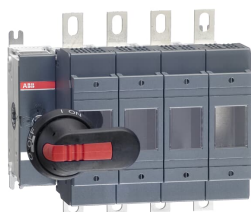
<b>Tipo de Fusible</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Material del Fusible</b>
Fusible de Vidrio	2	250	Vidrio
Fusible de Cartucho	10	600	Cerámica
Fusible de Cuchilla	30	690	Plástico
Fusible Térmico	5	250	Aleación de Plomo

A continuación se detalla la ficha técnica de un fusible térmico:

PRODUCT-DETAILS

# OS200DZ04N2P

## OS200DZ04N2P SWITCH FUSE



### Información General

Tipo de producto extendido	OS200DZ04N2P
Código de producto	1SCA022820R9230
EAN	6417019280622
Descripción corta	OS200DZ04N2P SWITCH FUSE
Descripción larga	Switch Fuses,Front Operated,4-pole,04 (Left Side),DIN,00,Handle and shaft included,Switched - With Solid Link

### Circular Value

Plantilla de notificación de minerales de conflicto (CMRT)	9AKK108467A5658
Declaración REACH	1SCC011021D0201
Información sobre RoHS	1SCC011020D0201

### Clasificación

Cantidad mínima de pedido	1 piece
Código arancelario	85365080
País de origen	Finland (FI)

## Descargas Populares

Ficha técnica, información técnica	1SCC311013C0201
Instrucciones y manuales	1SCC311012M0219

## Dimensiones

Ancho del product	220 mm
Alto del producto	199 mm
Largo del product	149 mm
Peso del product	4 kg 8.8 lb

## Technical

Corriente nominal de funcionamiento AC-21A ( $I_e$ )	(500 V) 200 A (690 V) 200 A
Corriente nominal de funcionamiento AC-22A ( $I_e$ )	(380 ... 415 V) 200 A (500 V) 200 A (690 V) 200 A
Corriente nominal de funcionamiento AC-23A ( $I_e$ )	(380 ... 415 V) 200 A (500 V) 200 A (690 V) 200 A
Potencia operativa nominal AC-23A ( $P_e$ )	(220 ... 240 V) 60 kW (400 V) 110 kW (415 V) 110 kW (500 V) 132 kW (690 V) 200 kW
Corriente térmica convencional de aire libre ( $I_{th}$ )	$\Theta = 40\text{ °C}$ 200 A
Corriente térmica convencional ( $I_{the}$ )	Fully Enclosed 200 A
Tensión nominal soportada por impulsos ( $U_{imp}$ )	12 kV
Tensión nominal de aislamiento ( $U_i$ )	1000 V
Tensión nominal de operación	Main Circuit 690 V AC
Corriente nominal de corta duración Tensión baja ( $I_{cw}$ )	for 1 s 8 kiloampere rms
Corriente nominal de cortocircuito condicional ( $I_{nc}$ )	(690 V) 80 kA
Pérdida de potencia	at Rated Operating Conditions per Pole 17 W
Grado de contaminación	3
Tipo de asa	Handle and shaft included
Posición del cuarto polo	Right Side
Tipo de cuarto polo	Switched - With Solid Link
Mecanismo de funcionamiento de los interruptores	04 (Left Side)
Posición de los terminales de línea	Top In - Bottom Out Bottom In - Top Out
Tamaño del fusible	NH00

Sistema de fusibles	DIN
Modo de funcionamiento	Front Operated
Normas	IEC 60947-3
Tipo de montaje	Base mounting
Número de polos	4
Tipo de terminal	Lug terminals
Anchura de los terminales	20 mm
Par de apriete	15 ... 22 N·m
Corriente nominal (I <sub>n</sub> )	Main Circuit 200 A

### Technical UL/CSA

Par de apriete	15 ... 22 N·m
----------------	---------------

### Ambiente

Estado de RoHS	Following EU Directive 2011/65/EU and Amendment 2015/863 July 22, 2019
----------------	--

### Certificados y Declaraciones (Número de Documento)

Certificado CCC	CCC OS200-250 2016
Declaración de conformidad - CE	1SCC311091D2704
Certificado DNV GL	1SCC311123D0203
Certificado EAC	EAC OT_OTDC_OTL_OTP_OTR_OTU_OTE_OETL_OESA_OESC_OTM_OS_OS M_.pdf
Declaración REACH	1SCC011021D0201

### Información de Embalaje

Embalaje Nivel 1 Unidades	box 1 piece
Embalaje Nivel 1 Ancho	230 mm 9.1 in
Embalaje Nivel 1 Largo	270 mm 10.6 in
Embalaje Nivel 1 Alto	170 mm 6.7 in
Embalaje Nivel 1 Peso	4.3 kg 9.4 lb
Embalaje Nivel 1 EAN	6417019280622

### Clasificaciones

Código de clasificación de objetos	Q
ETIM 7	EC001040 - Fuse switch disconnecter
ETIM 8	EC001040 - Fuse switch disconnecter
ETIM 9	EC001040 - Fuse switch disconnecter
Clase electrónica	V11.1 : 27371401
Categoría RAEE	5. Small Equipment (No External Dimension More Than 50 cm)

- Interruptores Termomagnéticos:** También conocidos como disyuntores o interruptores automáticos, estos dispositivos ofrecen protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Están diseñados para abrir el circuito cuando se detecta una corriente excesiva o una falla, y se restablecen automáticamente después de solucionar el problema.

Tabla 6: Tabla Técnica de Interruptores Termomagnéticos

<b>Tipo</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Capacidad de Interrupción (kA)</b>	<b>Polos</b>
Monofásico	10	240	5	1
Bifásico	20	415	10	2
Trifásico	50	690	20	3

A continuación se detalla la ficha técnica de un interruptor termomagnético trifásico:



Alta funcionalidad:  
Con una corriente nominal de 25  
a 1000 A, el interruptor en caja  
moldeada 3VA2 está diseñado  
para aplicaciones exigentes.



## Interruptor en caja moldeada 3VA2: Cumple con altas exigencias.

### Destacados

- Cumple con las más altas exigencias técnicas de la infraestructura y la industria
- Excelentes características de selectividad para alta disponibilidad del sistema
- Opciones de comunicación flexibles para la transparencia en el sistema de distribución de energía

En el tablero principal, en el de distribución de energía: Las necesidades exigentes son un juego de niños para el interruptor en caja moldeada 3VA2. Con sus unidades de disparo electrónicas, las opciones integradas de comunicación y la función de medición integradas, totalmente equipadas para su aplicación específica. Y su mayor capacidad de ruptura y excelentes características de protección selectiva también agregan valor importante.

### Siempre listo

El interruptor en caja moldeada 3VA2 ofrece una protección de línea confiable y disponibilidad óptima del sistema en la industria de procesos y automatización, en edificios industriales y en infraestructura. Numerosos accesorios incluyendo gran variedad de tecnologías de conexión, diversos accionamientos, y accesorios internos que permiten un uso flexible, especialmente en la construcción de máquinas.

### Comunicación flexible

Gracias a sus capacidades de comunicación flexibles, el interruptor en caja moldeada 3VA2 ayuda a optimizar su utilización en el sistema e identificar posibles ahorros de energía. Informa de manera fiable los estados del sistema y los valores medidos al sistema de gestión de energía de nivel superior y los sistemas de automatización, que proporcionan importantes beneficios de la eficiencia, en particular en plantas industriales.



Aumento de la eficiencia:  
El interruptor en caja moldeada 3VA2 supervisa de manera confiable el flujo de energía en entornos industriales, lo que garantiza una disponibilidad óptima del sistema.



Interruptor en caja moldeada 3VA2	100 A	160 A	250 A	400 A	630 A	1000 A
Número de polos	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4
Corriente asignada $I_n$ 50 °C [A]	25 ... 100	25 ... 160	160 ... 250	250 ... 400	400 ... 630	630 ... 1000
Tensión asignada de operación $U_g$ AC [V]	690	690	690	690	690	Hasta 690
Capacidad de ruptura última asignada $I_{cu}$ AC [kA] 380 ... 415 V AC	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150
Unidad de disparo (electrónica)						
Protección de líneas LI ETU320	■	■	■	■	■	■
LIG ETU330	■	■	■	■	■	■
LSI ETU350/550/850	■	■	■	■	■	■
LSIG ETU560/860	■	■	■	■	■	■
Capacidad de comunicación (opcional)	■	■	■	■	■	■
Adquisición de datos de energía	Disponible en las ETUs 8					

# Características principales



	3VA1 (Aplicaciones Standard)	3VA2 (Aplicaciones Selectivas)
Aplicaciones	Aplicaciones Standard	Demandas Exigentes
Tamaño	100 A / 160 A / 250 A / 400 A / 630 A	100 A / 160 A / 250 A / 400 A / 630 A / 800 A / 1000 A
Unidad de disparo	Termomagnética (TMTU)	Electrónica (ETU)
Capacidad Interruptiva IEC $I_{cu}$ 415 V 50/60 Hz 690 V 50/60 Hz	16-70 kA Arriba de 10 kA	55-150 kA Arriba de 24 kA
Selectividad	Restringida	Excelente 1:2,5
Comunicación	No	Opción Disponible
Adquisición de Datos	No	Posible con la serie 800
Accesorios	Amplio Rango	Amplio Rango
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones Standard <math>I_{cu}</math> 70 kA@415V</li> <li>• Aplicaciones DC</li> <li>• Diseño Compacto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta Capacidad Interruptiva</li> <li>• Selectividad</li> <li>• Comunicación y Función de Medida</li> </ul>

- **Protección contra Sobretensiones (TVSS):** Los Supresores de Tensión Transitoria (TVSS) o protectores contra sobretensiones son dispositivos que se utilizan para proteger equipos y dispositivos electrónicos contra picos de tensión y sobretensiones causadas por rayos o conmutación de cargas en la red eléctrica.

Tabla 7: Tabla Técnica de Protección contra Sobretensiones (TVSS)

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (kA)</b>	<b>T. respuesta (ns)</b>	<b>Conexión</b>
TVSS-1	120/240	20	5	Bifásico
TVSS-2	480	40	10	Trifásico
TVSS-3	120/208	30	8	Trifásico con neutro

A continuación se detalla la ficha técnica protecciones contra sobretensiones:

# Características técnicas

## Protectores contra sobretensiones OVR - Tipo 1 y Tipo 1+2



	<b>Tipo 1+2 OVR T1+2 25 255 TS</b>	<b>Tipo 1+2 OVR HL 15 440 s PTS</b>	<b>Tipo 1+2 OVR T1+2 15 255-7</b>	<b>Tipo 1+2 OVR T1+2 7 275 s P</b>
	Electrónica + cámara apagachispas/varistor	Varistor	Electrónica + cámara apagachispas	Varistor
	IEC 61643-1 / EN 61643-11 1 / I	IEC 61643-1 / EN 61643-11 1 / I	IEC 61643-1 / EN 61643-11 1 / I	IEC 61643-1 / EN 61643-11 1 / I
	TNS - TNC - TT	1P 2L, 2P 2L, 3P 3L, 4P 4L	1P 2L, 3P+N 3N TNS - TNC TT	1P 2L, 3P 3L, 4P 4L TNS - TNC TT
	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.
	230	400	230	230
	255	440	255	275
	-	-	-	275
	25	15	15	7
	-	-	-	7 / 12
	25	5	15	6
	-	-	-	6
	1.5	1.4	1.5	0.9
	-	-	-	0.9 / 1.4
	15	NA	7	NA
	-	-	-	NA / 0.1
	334	440	650	334
	-	-	-	334 / 1200
	< 1 (Fuga varistor)	< 1	< 2 (LED)	< 1
	50	50	50	50
	125	-	-	-
	125	25	125	32
	125	NA	NA	NA
	-40 a +80	-40 a +80	-40 a +80	-40 a +80
	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
	V0	V0	V0	V0
	Poliaramida gris RAL 7035	PC gris RAL 7035	Poliaramida gris RAL 7035	PC gris RAL 7035
	Sí	Sí	Sí	Sí
	Sí	Sí	No	No
	2.5 ... 50	2.5 ... 25	2.5 ... 50	2.5 ... 25
	2.5 ... 35	2.5 ... 16	2.5 ... 35	2.5 ... 16
	15	12.5	15	12.5
	3.5	2.8	3.5	2.8
	1NO (1 contacto normalmente abierto), +1NC (1 contacto normalmente cerrado)	1NO (1 contacto normalmente abierto), +1NC (1 contacto normalmente cerrado)	-	-
	12V D.C. - 10 mA	12V D.C. - 10 mA	-	-
	250V A.C. - 1 A	250V A.C. - 1 A	-	-
	No	No	-	-
	1.5	1.5	-	-

# Características técnicas

## Protectores contra sobretensiones OVR - Tipo 2



Características técnicas	Tipo 2 (enchufable)		
	OVR T2	(s) P	(TS)
Tecnología	Varistor		
<b>Características eléctricas</b>			
Standard	IEC 61643-1 / EN 61643-11		
Tipo / Clase test	2 / II		
Polos	1P	1P, 3P, 4P	1P+N, 3P+N
Tipo de red	IT	TNS - TNC	TT
Tipo de corriente	A.C.		
Tensión nominal Un	400	230	230
Tensión máx. en operación continua Uc	440	275	-
Tensión máx. en operación continua Uc (L-N / N-⊥)	-	-	275 / 255
Corriente máx. de descarga Imáx (8/20) por polo	15 40 70	15 40 70	- - -
Corriente máx. de descarga Imáx (8/20) (L-N / N-⊥)	- - -	- - -	15/70 40/70 70/70
Corriente nominal de descarga In (8/20) por polo	5 20 30	5 20 30	- - -
Corriente nominal de descarga In (8/20) (L-N / N-⊥)	- - -	- - -	5/30 20/30 30/30
Nivel de protección de tensión Up	1.5 1.9 2	1 1.4 1.5	- - -
Nivel de protección de tensión Up (L-N / N-⊥)	- - -	- - -	1/1.4 1.4/1.4 1.5/1.4
Corriente de seguimiento Ifi	kArms NA NA NA		
Corriente de seguimiento Ifi (L-N / N-⊥)	kArms - - NA / 0.1		
Resistencia TOV U <sub>T</sub> (5s.)	440 440 440	334	-
Resistencia TOV U <sub>T</sub> (L-N: 5s. / N-⊥: 200ms.)	V - - 334 / 1200		
Corriente en operación continua I <sub>c</sub>	mA < 1 < 1 < 1		
Capacidad de resistencia al cortocircuito	kArms 50 50 50		
Dispositivo de corte asociado			
Fusible gG -gL	A 32 32 32		
Int. Aut. Curva C	A 40 40 40		
<b>Características mecánicas</b>			
Temperatura de almacenaje y operación	°C -40 a +80		
Grado de protección	IP 20		
Resistencia al fuego de acuerdo UL 94	V0		
Material de la caja	PC gris RAL 7035		
Cartucho enchufable	Sí		
Deconexión térmica integrada	Sí		
Indicador de estado	Sí		
Reserva de seguridad	Opción (s)		
Señalización a distancia	Opción (TS)		
<b>Instalación</b>			
Terminales de conexión (L, N, ⊥)			
cable rígido	mm <sup>2</sup> 2.5 ... 25		
cable flexible	mm <sup>2</sup> 2.5 ... 16		
Longitud conductor desnudo (L, N, ⊥)	mm 12.5		
Par de apriete (L, N, ⊥)	Nm 2.8		

### Características técnicas del contacto auxiliar integrado

<b>Características eléctricas</b>	
Contactos	1NO (1 contacto normalmente abierto), +1NC (1 contacto normalmente cerrado)
Mín. carga	12V D.C. - 10 mA
Máx. carga	250V A.C. - 1 A
Corriente en operación	mA No
<b>Instalación</b>	
Sección	mm <sup>2</sup> 1.5

# Características técnicas

## Protectores contra sobretensiones OVR - Tipo 2



	<b>Tipo 2 (no enchufable)</b> <b>OVR T2 10 275</b> <b>Varistor</b>	<b>Tipo 2 (no enchufable)</b> <b>OVR T2 275</b> <b>Varistor</b>	<b>Tipo 2 Fotovoltaico</b> <b>OVR PV (s) P (TS)</b> <b>Varistor</b>	<b>Telecomunicaciones / Datos</b> <b>OVR TC ... P</b>
	IEC 61643-1 / EN 61643-11	IEC 61643-1 / EN 61643-11	IEC 61643-1 / EN 61643-11	IEC 61643-21
	2 / II	2 / II	2 / II	TC
	1P+N 1N, 3P+N 3N	1P 1, 3P 3L, 4P 4L   3P+N 3N	2 3	1 par
	TNS - TT	TNS - TNC - TT	Sistemas PV	Datos / Telecomunicaciones
	A.C.	A.C.	D.C.	Baja corriente
	230	230	75 600 1000	6 12 24 48 200 200
	-	275	106 700 1200	7 14 27 53 220 220
	275 / 255	-	-	-
	-	15 40	30 40 40	10
	10 / 10	-	-	-
	-	5 20	10 20 20	5
	2 / 2	-	-	-
	-	1 1.4	-	-
	0.9 / 0.9	-	0.3 / 0.6 2.8 / 1.4 3.8	15 20 35 70 700 300
	-	NA	-	-
	NA / 0.1	-	-	-
	-	334	-	-
	334 / 1200	-	-	-
	< 1	< 1	< 1	140
	10	50	-	-
	-	-	-	-
	16	32	-	-
	10	40	-	-
	-40 a +80	-40 a +80	-40 a +80	-40 a +80
	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
	V0	V0	V0	V0
	PC gris RAL 7035	PC gris RAL 7035	PC gris RAL 7035	PC gris RAL 7035
	No	No	Sí	Sí
	Sí	Sí	Sí	Sí   Sí   Sí   Sí   No   Sí
	Sí	Sí	Sí	No
	No	No	Opción (s)	No
	No	No	-	No
	2.5 ... 25	2.5 ... 25	2.5 ... 25	0.5 ... 2.5
	2.5 ... 16	2.5 ... 16	2.5 ... 16	0.5 ... 2.5
	12.5	12.5	12.5	-
	2.8	2.8	2.8	-
	-	-	1NO (1 contacto normalmente abierto), +1NC (1 contacto normalmente cerrado)	-
	-	-	12V D.C. - 10 mA	-
	-	-	250V A.C. - 1 A	-
	-	-	No	-
	-	-	1.5	-

- Relés de Protección:** Los relés de protección son dispositivos que responden a condiciones anormales en un sistema eléctrico, como sobrecorrientes, sobretensiones, pérdida de fase o desequilibrios de carga. Cuando se activa una condición de alarma o falla, el relé envía una señal para desactivar el sistema y evitar daños mayores.

Tabla 8: Tabla Técnica de Relés de Protección

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Funciones de Protección</b>	<b>Tipo</b>
RLP-100	240	100	Sobrecorriente, Sobretensión	Electromecánico
RLP-2000	480	2000	Protección de Motor	Electrónico
RLP-5000	690	5000	Detección de Fases	Electrónico

A continuación se detalla la ficha técnica de relés de protección:





# Relés de protección y curvas de actuación

## PR122/P

### Funciones de protección y valores de regulación - PR122

Función	Umbral de actuación	Escalones de umbral	Tiempo de actuación	Escalones tiempo	Pos. excl.	Relación $t=f(I)$	Memoria térmica	Selectividad de zona
<b>L</b> Protección de sobrecargas Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I1 = 0,4 \dots 1 \times I_n$ Disparo entre 1,05 e $1,2 \times I1$	$0,01 \times I_n$	Con $I = 3 \times I1$ $t1 = 3 \text{ s} \dots 144 \text{ s}$ $\pm 10\% \quad I_g \leq 4 \times I_n$ $\pm 20\% \quad I_g > 4 \times I_n$	3 s <sup>(1)</sup>	–	$t = k/I^2$	■	–
<b>S</b> Protección selectiva de cortocircuito Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I2 = 0,6 \dots 10 \times I_n$ $\pm 7\% \quad I_g \leq 4 \times I_n$ $\pm 10\% \quad I_g > 4 \times I_n$	$0,1 \times I_n$	Con $I > I2$ $t2 = 0,05 \text{ s} \dots 0,8 \text{ s}$ <sup>(2)</sup> El mejor de los dos datos: $\pm 10\% \text{ o } \pm 40 \text{ ms}$	0,01 s	■	$t = k$	–	■
Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I2 = 0,6 \dots 10 \times I_n$ $\pm 7\% \quad I_g \leq 4 \times I_n$ $\pm 10\% \quad I_g > 4 \times I_n$	$0,1 \times I_n$	Con $I = 10 \times I_n$ $t2 = 0,05 \text{ s} \dots 0,8 \text{ s}$ $\pm 15\% \quad I_g \leq 4 \times I_n$ $\pm 20\% \quad I_g > 4 \times I_n$	0,01 s	■	$t = k/I^2$	■	–
<b>I</b> Protección instantánea de cortocircuito Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I3 = 1,5 \dots 15 \times I_n$ $\pm 10\%$	$0,1 \times I_n$	Instantáneo $\leq 30 \text{ ms}$	–	■	$t = k$	–	–
<b>G</b> Protección de los defectos a tierra Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I4 = 0,2 \dots 1 \times I_n$ $\pm 7\%$	$0,02 \times I_n$	Con $I > I4$ $t4 = 0,1 \text{ s} \dots 1 \text{ s}$ El mejor de los dos datos: $\pm 10\% \text{ o } \pm 40 \text{ ms}$	0,05 s	■	$t = k$	–	■
Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I4 = 0,2 \dots 1 \times I_n$ $\pm 7\%$	$0,02 \times I_n$	$t4 = 0,1 \text{ s} \dots 1 \text{ s}$ (con $I = 4 \times I_n$ ) $\pm 15\%$	0,05 s	■	$t = k/I^2$	–	■
<b>Rc</b> Protección de corriente diferencial Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I_d = 0,3-0,5-0,7-1-2-3-5-7-10-20-30 \text{ A}$ $\pm 10\%$		$t_d = 0,06-0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,8-1-3-4-4,8 \text{ s}$ <sup>(3)</sup>		■	$t = k$	–	–
<b>OT</b> Protección de sobretensión	no programable	–	Instantáneo	–	–	$\text{temp} = k$	–	–
<b>U</b> Protección de desequilibrio de fase Tolerancia <sup>(2)</sup>	$I6 = 5\% \dots 90\%$ $\pm 10\%$	5%	$t4 = 0,5 \text{ s} \dots 60 \text{ s}$ El mejor de los dos datos: $\pm 20\% \text{ o } \pm 100 \text{ ms}$	0,5 s	■	$t = k$	–	–

(1) El valor mínimo de dicha actuación es de 1 s, independientemente del tipo de curva configurada (autoprotección)

(2) Dichas tolerancias son válidas en estas condiciones:

- relé autoalimentado a régimen y/o autoalimentación auxiliar (sin arranque)
- alimentación bifásica o trifásica
- tiempo de intervención programado en  $\geq 100 \text{ ms}$

(3) Tiempo de no actuación

Para todos los casos no contemplados por las hipótesis anteriores son válidos los siguientes valores de tolerancia:

Umbral de actuación	Tiempo de actuación
L Disparo entre 1,1 y $1,25 \times I1$	$\pm 20\%$
S $\pm 10\%$	$\pm 20\%$
I $\pm 15\%$	$\leq 60 \text{ ms}$
G $\pm 15\%$	$\pm 20\%$
Otras	$\pm 20\%$

## Funciones de protección adicionales y valores de regulación - PR122 con PR120/V

Función	Umbral de actuación	Escalones de umbral	Tiempo de actuación	Escalones Pos. tiempo excl.	Relación t=f(I)	Memoria térmica	Selectividad de zona
UV Protección de mínima tensión Tolerancia <sup>(1)</sup>	U8= 0,5...0,95 x Un ± 5%	0,01 x Un	Con U < U8 t8= 0,1 s...5 s El mejor de los dos datos: ± 20% o ± 100 ms	0,1 s ■	t=k	-	■
OV Protección de máxima tensión Tolerancia <sup>(1)</sup>	U9= 1,05...1,2 x Un ± 5%	0,01 x Un	Con U > U9 t9= 0,1 s...5 s El mejor de los dos datos: ± 20% o ± 100 ms	0,1 s ■	t=k	-	-
RV Protección de tensión residual Tolerancia <sup>(1)</sup>	U10= 0,1...0,4 x Un ± 5%	0,05 x Un	Con U <sub>0</sub> > U10 t10= 0,5 s...30 s El mejor de los dos datos: ± 10% o ± 100 ms	0,5 s ■	t=k	-	-
RP Protección de retorno de potencia Tolerancia <sup>(1)</sup>	P11= -0,3...-0,1 x Pn ± 5%	0,02 x Pn	Con P < P11 t11= 0,5 s...25 s El mejor de los dos datos: ± 10% o ± 100 ms	0,1 s ■	t=k	-	-
UF Protección de mínima frecuencia Tolerancia <sup>(1)</sup>	f12= 0,90...0,99 x fn ± 5%	0,01 x fn	Con f < f12 t9= 0,5 s...3 s El mejor de los dos datos: ± 10% o ± 100 ms	0,1 s ■	t=k	-	-
OF Protección de máxima frecuencia Tolerancia <sup>(1)</sup>	f13= 1,01...1,10 x fn ± 5%	0,01 x fn	Con f > f13 t10= 0,5 s...3 s El mejor de los dos datos: ± 10% o ± 100 ms	0,1 s ■	t=k	-	-

(1) Dichas tolerancias son válidas en estas condiciones:  
 - relé autoalimentado a régimen y/o autoalimentación auxiliar (sin arranque)  
 - alimentación bifásica o trifásica

4

### Alimentación

El relé PR122 normalmente no precisa alimentación externa, ya que está autoalimentado por los sensores de corriente (CS): para activar las funciones de protección y el amperímetro, es suficiente que por lo menos una fase esté cargada con carga de corriente superior a 100 A. Para que el display se ilumine, al menos una fase debe tener una carga de corriente superior a 160A.

La unidad garantiza la funcionalidad completa en autoalimentación; en presencia de alimentación auxiliar, es posible utilizar la unidad incluso con el interruptor automático abierto o cerrado y con un flujo muy bajo de corriente.

Se ha previsto la posibilidad de alimentación auxiliar mediante la unidad portátil de batería PR030/B (suministrada siempre en dotación) que permite el ajuste de las protecciones con el relé no autoalimentado.

El PR122/P memoriza y visualiza todas las informaciones requeridas tras una actuación (protección intervenida, corriente de defecto, hora, fecha). No se precisa alimentación auxiliar alguna para esta función.

	PR122/P	PR120/D-M	PR120/K	PR120/D-BT
Alimentación auxiliar (galvánicamente aislada)	24 V DC ± 20%	desde PR122/PR123	desde PR122/PR123	desde PR122/PR123
Ondulación máxima	5%			
Corriente de arranque @ 24V	~10 A para 5 ms			
Potencia asignada @ 24V	~3 W	+1 W	+1 W	+1 W

(\*) El PR120/V puede alimentar el relé con una tensión igual o superior a 85V.

- **Protectores de Sobrecorriente:** Los protectores de sobrecorriente son dispositivos que detectan y responden a corrientes excesivas en un circuito. Pueden ser fusibles, relés o interruptores termomagnéticos.

Tabla 9: Tabla Técnica de Protectores de Sobrecorriente

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tipo de Protección</b>
PSC-100	240	100	Fusible
PSC-2000	480	2000	Interruptor Termomagnético
PSC-5000	690	5000	Relé de Sobrecorriente
PSC-7500	1000	7500	Interruptor Diferencial

A continuación se detalla la ficha técnica de protectores sobrecorrientes:



SK 135 B 02



SK 135 B 02



SK 209 B 02

### Contacto universal de señalización de disparo/contacto auxiliar

Función: seleccionable (en el lateral) como: contacto de señalización de disparo (sobrecorriente/cortocircuito para interruptores automáticos, o corriente de defecto para interruptores diferenciales) o contacto auxiliar (posición de los contactos del aparato).

Para interruptores automáticos de todas las series S 200 e interruptores diferenciales de todas las series F 200.

Descripción	Tipo	Código pedido	Peso Ud. kg	Unidad embalaje
Contacto universal de señalización de disparo/contacto auxiliar	<b>S 2C-S/H6R</b>	2CDS200922R0001	0.04	1

### Contacto auxiliar

Función: señalización de la posición de los contactos del aparato.

Para interruptores automáticos de todas las series S 200 e interruptores diferenciales de todas las series F 200.

Descripción	Tipo	Código pedido	Peso Ud. kg	Unidad embalaje
Contacto auxiliar	<b>S 2C-H6R</b>	2CDS200912R0001	0.04	1

### Contacto auxiliar integrado

Función: señalización de la posición de los contactos del aparato.

No ocupa espacio modular.

Para interruptores automáticos de todas las series S 200.

Descripción	Tipo	Código pedido	Peso Ud. kg	Unidad embalaje
Contacto auxiliar NC	<b>S2C-H01</b>	2CDS200970R0001	0.01	1
Contacto auxiliar NA	<b>S2C-H10</b>	2CDS200970R0002	0.01	1

### Bobina de emisión de corriente

Función: apertura remota del aparato asociado cuando se aplica la tensión asignada.

Para interruptores automáticos de todas las series S 200.

Descripción	Tipo	Código pedido	Peso Ud. kg	Unidad embalaje
Bobina de emisión de corriente				
12...60 V c.a./c.c.	<b>S 2C-A1</b>	2CDS200909R0001	0.15	1
110...415 V c.a.				
110...250 V c.c.	<b>S 2C-A2</b>	2CDS200909R0002	0.15	1

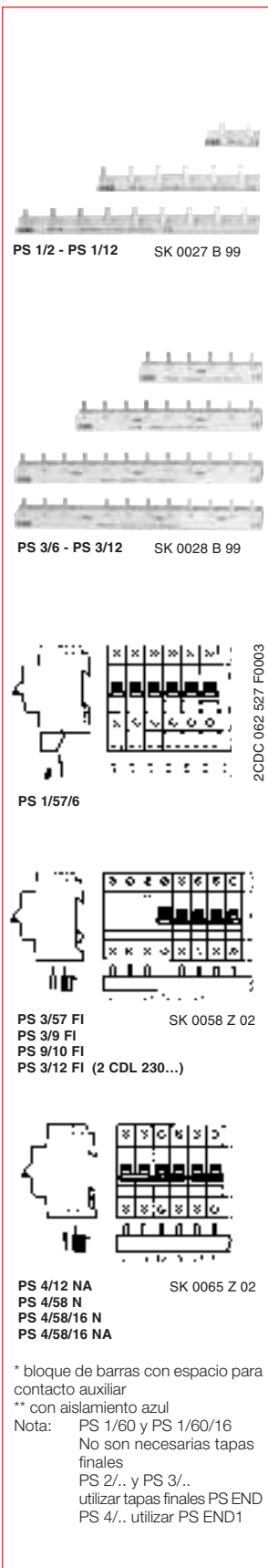
### Bobina de mínima tensión

Función: protección de la carga en caso de caída de tensión (entre 70% y 35% de su valor asignado); apertura de emergencia en seguridad positiva (disparo del aparato en ausencia de tensión) mediante pulsador.

Para interruptores automáticos de todas las series S 200 e interruptores diferenciales de todas las series F 200.

Descripción	Tipo	Código pedido	Peso Ud. kg	Unidad embalaje
Bobina de mínima tensión				
12 V c.c. (1 módulo)	<b>S2C-UA12</b>	2CSS200911R0001	0.09	1
24 V c.a. y c.c.	<b>S2C-UA24</b>	2CSS200911R0002	0.09	1
48 V c.a. y c.c.	<b>S2C-UA48</b>	2CSS200911R0003	0.09	1
110 V c.a. y c.c.	<b>S2C-UA110</b>	2CSS200911R0004	0.09	1
220 V c.a. y c.c.	<b>S2C-UA230</b>	2CSS200911R0005	0.09	1
380 V c.a.	<b>S2C-UA400</b>	2CSS200911R0006	0.09	1

**Bloques de barra (válidos sólo para la gama compact)**



Sección	Módulos	Fases			Peso Ud.	Unidad embalaje
mm²			Tipo	Código pedido	kg	
Bloques de barras de diseño cerrado (sin posibilidad de corte longitudinal), no requieren tapas finales						
10	2	1	PS 1/2	2CDL 210 001 R1002	0.008	180
	3	1	PS 1/3	2CDL 210 001 R1003	0.025	60
	6	1	PS 1/6	2CDL 210 001 R1006	0.025	60
	9	1	PS 1/9	2CDL 210 001 R1009	0.039	30
	12	1	PS 1/12	2CDL 210 001 R1012	0.052	30
	6	3	PS 3/6	2CDL 231 001 R1006	0.042	60
	9	3	PS 3/9	2CDL 231 001 R1009	0.069	30
	12 (no NA)	3	PS 3/12	2CDL 231 001 R1012	0.096	30
	12	3	PS 3/12 FI	2CDL 231 002 R1012	0.094	30

**Bloques de barras a 1, 2, 3 y 4 polos (posibilidad de corte longitudinal), son necesarias tapas finales**

6	23	1	PS 1/23/6	2CDL 210 005 R0623	0.090	50
6	29	1	PS 1/29/6	2CDL 210 005 R0629	0.100	50
6	38	1	PS 1/38/6	2CDL 210 005 R0638	0.090	50
6	57	1	PS 1/57/6	2CDL 210 005 R0657	0.080	50
10	57	1	PS 1/57 NA**	2CDL 210 011 R1057	0.140	50
16	57	1	PS 1/57/16 NA**	2CDL 210 011 R1657	0.200	50
10	60	1	PS 1/60	2CDL 210 001 R1060	0.260	20
16	60	1	PS 1/60/16	2CDL 210 001 R1660	0.410	20
10	39	1	PS 1/38 H*	2CDL 210 001 R1038	0.260	30
16	39	1	PS 1/38/16 H*	2CDL 210 001 R1638	0.410	30
10	12	2	PS 2/12	2CDL 220 001 R1012	0.075	50
10	12	2	PS 2/12 A	2CDL 220 010 R1012	0.075	50
10	58	2	PS 2/58	2CDL 220 001 R1058	0.360	10
16	58	2	PS 2/58/16	2CDL 220 001 R1658	0.490	10
16	58	2	PS 2/58/16 A	2CDL 220 010 R1658	0.490	10
10	48	2	PS 2/48 H	2CDL 220 001 R1048	0.350	10
16	48	2	PS 2/48/16 H*	2CDL 220 001 R1648	0.480	10
16	48	2	PS 2/48/16 HA	2CDL 220 012 R1648	0.480	10
10	9	3	PS 3/9 FI	2CDL 230 002 R1009	0.060	50
10	10	3	PS 3/10 FI	2CDL 230 002 R1010	0.070	50
10	12	3	PS 3/12	2CDL 230 001 R1012	0.090	50
10	12	3	PS 3/12 A	2CDL 230 010 R1012	0.090	50
10	60	3	PS 3/60	2CDL 230 001 R1060	0.470	10
10	60	3	PS 3/60 A	2CDL 230 010 R1060	0.470	10
16	12	3	PS 3/12/16	2CDL 230 001 R1612	0.120	50
16	60	3	PS 3/60/16	2CDL 230 001 R1660	0.650	10
16	60	3	PS 3/60/16 A	2CDL 230 010 R1660	0.650	10
10	30	3	PS 3/30	2CDL 230 001 R1030	0.420	10
10	39	3	PS 3/39 H*	2CDL 230 001 R1039	0.430	10
16	39	3	PS 3/39/16 H*	2CDL 230 001 R1639	0.595	10
10	48	3	PS 3/48 H*	2CDL 230 001 R1048	0.430	10
16	48	3	PS 3/48/16 H*	2CDL 230 001 R1648	0.600	10
16	48	3	PS 3/48/16 HA	2CDL 230 012 R1648	0.600	10
10	12	3	PS 3/12 FI	2CDL 230 002 R1012	0.090	50
10	12	3	PS 3/12 FIH	2CDL 230 003 R1012	0.090	50
10	57	3	PS 3/57 FI	2CDL 230 002 R1057	0.460	10
10	12	3	PS 3/12 E463	2CDL 230 004 R1012	0.090	50
10	24	3	PS 3/24 H	2CDL 230 001 R1024	0.400	10
10	12	4	PS 4/12	2CDL 240 001 R1012	0.110	30
10	12	4	PS 4/12 A	2CDL 240 010 R1012	0.110	30
10	12	4	PS 4/12 NA	2CDL 240 013 R1012	0.100	30
10	60	4	PS 4/60	2CDL 240 001 R1060	0.640	10
16	12	4	PS 4/12/16	2CDL 240 001 R1612	0.160	30
16	60	4	PS 4/60/16	2CDL 240 001 R1660	0.890	10
16	60	4	PS 4/60/16 A	2CDL 240 010 R1660	0.890	10
10	58	4	PS 4/58 N	2CDL 240 001 R1058	0.590	10
10	58	4	PS 4/58 NNA	2CDL 240 010 R1058	0.590	10
16	58	4	PS 4/58/16 N	2CDL 240 001 R1658	0.770	10
16	58	4	PS 4/58/16 NA	2CDL 240 013 R1658	0.770	10
16	58	4	PS 4/58/16 NNA	2CDL 240 010 R1658	0.800	10
16	52	4	PS 4/52/16 H*	2CDL 240 001 R1652	0.780	10
16	52	4	PS 4/52/16 HA	2CDL 240 012 R1652	0.780	10
16	48	4	PS 4/48/16 NHA	2CDL 240 014 R1648	0.760	10



- **Protectores Diferenciales:** Los protectores diferenciales detectan la diferencia de corriente entre conductores y protegen contra corrientes de fuga a tierra, evitando descargas eléctricas y minimizando los riesgos de electrocución.

Tabla 10: Tabla Técnica de Protectores Diferenciales

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Sensibilidad (mA)</b>
PD-100	240	100	30
PD-800	480	800	50
PD-2000	690	2000	100
PD-5000	1000	5000	200

A continuación se detalla la ficha técnica de protectores diferenciales:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Norma de referencia				
Características eléctricas	Tipo (Clase de onda)			
	Polos			
	Corriente asignada $I_n$		A	
	Tensión de empleo asignada $U_e$		V	
	Sensibilidad		mA	
	Tensión de aislamiento $U_i$		V	
	Tensión máxima de servicio $U_b$ máx.		V	
	Tensión mínima de servicio $U_b$ mín.		V	
	Frecuencia		Hz	
	Corriente condicional de cortocircuito asignada $I_{nc} = I_{\Delta c}$	DPCC - fusible gG 100 A		kA
	Poder de cierre y de corte diferencial asignado $I_{\Delta m} = I_m$			kA
	Tensión impulsional asignada (1,2/50) $U_{imp}$			kV
	Tensión de aislamiento asignada			kV
	Categoría de sobretensión			
	Resistencia a ondas de choque según VDE 0432 Parte 2 (onda 8/20)			A
Características mecánicas	Maneta			
	Indicación positiva del contacto			
	Endurancia eléctrica			
	Endurancia mecánica			
	Grado de protección	carcasa bornes		
	Tropicalización según IEC/EN 60068-2	calor húmedo clima constante clima variable		°C/RH °C/RH °C/RH
	Temperatura ambiente (con media diaria $\leq + 35$ °C)			°C
	Temperatura de almacenamiento			°C
	Instalación	Tipo de borne		
		Sección de embornamiento		mm <sup>2</sup>
Par de apriete			Nm	
Montaje				
Alimentación				
Dimensiones y peso	Conexión del bloque de barras			
	Dimensiones (Al x Pr x An)	2P 4P		mm mm
	Peso	2P		g
		4P		g
Combinación con accesorios	Accesoriable con:			
	contacto auxiliar			
	contacto universal de señalización de disparo/contacto auxiliar			
	bobina de emisión de corriente bobina de mínima tensión			



F 200 AC	F 200 A	F 200 A AP-R	F 200 AC S	F 200 A S
AC	A	IEC/EN 61008	AC	A
16, 25, 40, 63		A 2P, 4P 25, 40, 63 230/400 - 240/415	40, 63	
0.01...0.5		0.03 500 254 110 50...60	0.1...1	
		10 1 6 2.5		
250		III, capacidad de desconexión 3000	5000	
		azul posibilidad de enclavamiento en posición ON/OFF		
		sí 10000 20000		
		IP4X IP2X		
		28 ciclos 55/95...100 23/83 - 40/93 - 55/20 25/95 - 40/95		
		-25...+55 -40...+70		
		Borne cilíndrico de arrastre bidireccional de seguridad en la parte inferior y superior (protegido contra impactos) 25/35 (bornes principales); 16 (bornes auxiliares)		
		2.8		
		Perfil DIN - EN 60715 (35 mm) mediante grapas de fijación rápida Superior o inferior		
		sin necesidad de utilización herramientas		
		85 x 69 x 35 85 x 69 x 70		
		200 350		
		sí sí sí sí		



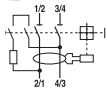
AC

F 200 AC

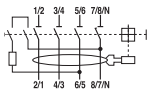
Función: protección contra los riesgos de una corriente de defecto a tierra, alterna senoidal tipo AC; protección contra contactos indirectos y protección adicional contra contactos directos (con  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA); mando y aislamiento de circuitos óhmicos e inductivos.

Aplicación: terciario e industrial.

Norma de referencia: IEC/EN 61008



2CSC40050F0001



2CSC40051F0001

Número de polos	Sensibilidad Intensidad		Tipo	Código pedido	Peso Ud.	Unidad embalaje
	$I_{\Delta n}$ mA	$I_n$ A				
2	10	16	F202 AC-16/0.01	2CSF202001R0160	0.225	1/6
		25	F202 AC-25/0.03	2CSF202001R1250	0.225	1/6
		40	F202 AC-40/0.03	2CSF202001R1400	0.225	1/6
	30	25	F202 AC-63/0.03	2CSF202001R1630	0.225	1/6
		25	F202 AC-25/0.1	2CSF202001R2250	0.225	1/6
		40	F202 AC-40/0.1	2CSF202001R2400	0.225	1/6
	100	63	F202 AC-63/0.1	2CSF202001R2630	0.225	1/6
		25	F202 AC-25/0.3	2CSF202001R3250	0.225	1/6
		40	F202 AC-40/0.3	2CSF202001R3400	0.225	1/6
	300	63	F202 AC-63/0.3	2CSF202001R3630	0.225	1/6
		25	F202 AC-25/0.5	2CSF202001R4250	0.225	1/6
		40	F202 AC-40/0.5	2CSF202001R4400	0.225	1/6
500	63	F202 AC-63/0.5	2CSF202001R4630	0.225	1/6	
	4	30	F204 AC-25/0.03	2CSF204001R1250	0.375	1/3
		40	F204 AC-40/0.03	2CSF204001R1400	0.375	1/3
63		F204 AC-63/0.03	2CSF204001R1630	0.375	1/3	
100	25	F204 AC-25/0.1	2CSF204001R2250	0.375	1/3	
	40	F204 AC-40/0.1	2CSF204001R2400	0.375	1/3	
	63	F204 AC-63/0.1	2CSF204001R2630	0.375	1/3	
300	25	F204 AC-25/0.3	2CSF204001R3250	0.375	1/3	
	40	F204 AC-40/0.3	2CSF204001R3400	0.375	1/3	
	63	F204 AC-63/0.3	2CSF204001R3630	0.375	1/3	
500	25	F204 AC-25/0.5	2CSF204001R4250	0.375	1/3	
	40	F204 AC-40/0.5	2CSF204001R4400	0.375	1/3	
	63	F204 AC-63/0.5	2CSF204001R4630	0.375	1/3	

- **Protectores de Sobretensión Transitoria (MOV):** Los Varistores de Óxido Metálico (MOV) son dispositivos sensibles a la tensión que protegen equipos electrónicos contra sobretensiones transitorias. Absorben picos de tensión y desvían la corriente a tierra.

Tabla 11: Tabla Técnica de Protectores de Sobretensión Transitoria (MOV)

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>T. Umbral (V)</b>	<b>Energía (J)</b>
MOV-100	240	100	320	5
MOV-600	480	600	670	20
MOV-2000	690	2000	800	40
MOV-5000	1000	5000	1100	60

A continuación se detalla la ficha técnica de sobretensión transitoria:

# Protectores de sobretensión

## Estándar UL

### Estándar UL - OVRH

La selección de un Supresor OVRH y su nivel de ruptura bajo el estándar UL dependen de la ubicación del dispositivo en la instalación. Las clases o categorías A, B y C son designaciones locales de IEEE/NEMA, que describen un tipo de supresor dependiendo del lugar de instalación. Para cada una de las categorías se recomienda un nivel de ruptura de acuerdo a la utilización.

- C=Tablero Distribución principal o entrada de servicio: 400kA-240kA
- B=Tablero Sub distribución o Cercano Carga Crítica: 240kA-120kA
- A=Punto de utilización (específicamente del equipo) o Tablero de usuario: 120kA-60kA

Los OVRH de ABB están disponibles para las tres localizaciones y solo se debe tener en cuenta la ruptura requerida y si es necesario algún opcional como contacto auxiliar, contador de eventos, envolvente inox, etc.

La cuarta edición de UL1449 es mandatorio para los supresores desde Marzo de 2016, y su principal objetivo es incrementar la seguridad en términos de la protección de sobretensión.

Anterior a esta edición los supresores eran conocidos como TVSS (Transient Voltage Surge Suppressors). En la actualidad son conocidos como SPD (Surge Protective Devices) y pueden operar en circuitos que no superen los 1.500VDC

Esta nueva designación mueve el estándar UL cerca de la designación internacional y al estándar IEC.

El estándar UL 1449 ubicó a los supresores en 5 categorías de diferentes tipos en función de la ubicación de la instalación dentro de un sistema eléctrico

**Tipo 1:** “SPDs conectados permanentemente destinados a la instalación entre el secundario del transformador de servicio y el lado de la línea del dispositivo de protección de servicio”.

**Tipo 2:** “SPDs conectados permanentemente destinados a la instalación en el lado de la carga del dispositivo de protección de servicio”.

**Tipo 3:** “SPDs en punto de utilización instalados en una longitud de conductor mínima de 10 metros (30 pies) desde el tablero de servicio”.

**Tipo 4:** Conjuntos de componentes: “Conjunto de componentes consiste de uno o más componentes Tipo 5 junto con una desconexión (integral o externa) o un medio para cumplir con las pruebas de corriente limitada”.

**Tipo 1, 2, 3:** Conjuntos de componentes: “Consiste en un conjunto de componentes Tipo 4 con protección de cortocircuito interna o externa”.

**Tipo 5:** “Supresores de sobretensión de componentes discretos tales como MOV (Metal Oxide Varistor) que pueden montarse en un PWB (Placa Circuito Impreso), conectados por sus cables o provistos dentro de un envolvente con medios de montaje y terminaciones de cableado”.

### Protección Completa

La instalación de un supresor en el tablero de distribución principal es solo el comienzo de la protección de toda la operación. Como la mayoría de las sobretensiones transitorias se crean internamente, es necesario instalar protección contra sobretensiones en los tableros de subdistribución (protección de equipamiento) para estar totalmente protegidos. Se recomienda ir bajando el nivel de I<sub>max</sub> desde el tablero de entrada de servicio hacia el equipo a proteger.

Por ejemplo, si se instala un supresor con I<sub>max</sub> de 40 kA en el tablero de distribución principal, entonces se deben instalar supresores con I<sub>max</sub> de 15 kA en los tableros de subdistribución para la protección del equipamiento.

### Coordinación

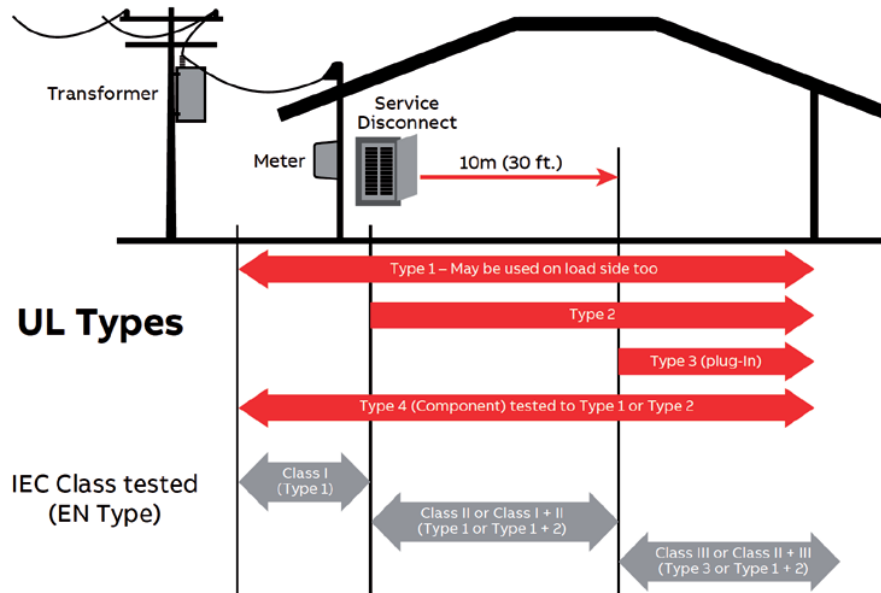
Puede ser necesario agregar un segundo supresor, conectado a la unidad de entrada, para lograr la protección de voltaje y/o la capacidad de sobretensión requerida. Para los supresores Tipo 2 o 4, instalando esta segunda unidad a un mínimo de 1 m de la primera permitirá que los dos trabajen juntos, logrando la protección requerida.

### Reglas de Instalación




La impedancia de los cables aumenta la tensión en el equipo conectado. Por lo tanto, la longitud del cable entre el supresor y el equipo debe reducirse al mínimo.

El supresor debe instalarse lo más cerca posible del equipo a proteger. Si esto no es posible (el equipo está a más de 30 m del tablero), entonces debe instalarse un segundo supresor.

## Comparación ubicación Supresores IEC con Supresores UL



## Supresores UL Recomendados

	UBICACIÓN SUPRESOR	SUPRESOR RECOMENDADO	SUPRESOR ALTERNATIVO	EJEMPLO EQUIPAMIENTO A PROTEGER
	<b>DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b>			
	El punto de entrada de potencia del distribuidor. Una unidad instalada aquí protege la instalación de un evento externo grande, como un rayo o un cambio de red.	OVRHSP 400kA–240kA	OVRHSP 200kA–120kA	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tableros de Distribución Principal</li> <li>* Tableros de Distribución</li> <li>* CCMs</li> <li>* Respaldo Energía de Emergencia</li> <li>* Sistemas UPS</li> <li>* Transferencia</li> </ul>
	<b>SUB DISTRIBUCIÓN</b>			
	Más cerca de la carga crítica. Una unidad instalada aquí protege de sobretensiones generadas internamente y aísla el equipo crítico de las fallas.	OVRHSP 240kA–120kA	OVRHSP 120kA–80kA OVRHS3 y OVRHS3U OVRHTE 100kA–50kA	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Respaldo Energía de Emergencia</li> <li>* Transferencia</li> <li>* Tableros de Sub Distribucion</li> <li>* Generadores</li> <li>* Servidores Computadores</li> <li>* BMS</li> <li>* Equipamiento Vigilancia</li> <li>* Sistemas Seguridad</li> <li>* HVAC</li> <li>* BMS</li> <li>* Paneles Alarma Incendio</li> <li>* Fotocopadoras</li> <li>* Sistemas Telefonicos</li> <li>* FAX</li> </ul>
	<b>PUNTO DE USO O UTILIZACIÓN</b>			
	La instalación de protección contra sobretensiones en el tablero de distribución aumenta la longevidad de la unidad mediante la absorción de mini sobretensiones que reducen la vida útil del equipo.	OVRHSP 120kA–60kA OVRHTE 80kA–25kA	OVRHS3 y OVRHS3U OVRHLD	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rayos X</li> <li>* Escaner</li> <li>* Equipos Reanimacion</li> <li>* Instrumentos Medicos</li> <li>* Servidores Computadores</li> <li>* Elevadores</li> <li>* Iluminacion Estacionamientos</li> <li>* Impresoras</li> <li>* Sistemas Comunicacion</li> <li>* Motores</li> <li>* Bombas</li> <li>* VDF</li> </ul>

## Tabla de Selección UL

<b>TIPO 1 OVRHSP 3F+N+T 220/380V</b>		
<b>kA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
400	2CJB140220Y0000	Supresor OVRHSP4002203Y, Tipo 1, 400kA, 220/380, 3F+N+T
240	2CJB124220Y0000	Supresor OVRHSP2402203Y, Tipo 1, 240kA, 220/380, 3F+N+T
200	2CJB120220Y0000	Supresor OVRHSP2002203Y, Tipo 1, 200kA, 220/380, 3F+N+T
120	2CJB112220Y0000	Supresor OVRHSP1202203Y, Tipo 1, 120kA, 220/380, 3F+N+T
100	2CJB110220Y0000	Supresor OVRHSP1002203Y, Tipo 1, 100kA, 220/380, 3F+N+T
80	2CJB108220Y0000	Supresor OVRHSP802203Y, Tipo 1, 80kA, 220/380V, 3F+N+T

<b>TIPO 2 OVRHTE 3F+N+T 220/380V</b>		
<b>kA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
100	2CJB310220Y0000	Supresor OVRHTE1002203Y, Tipo 2, 100kA, 220/380, 3F+N+T
80	2CJB308220Y0000	Supresor OVRHTE802203Y, Tipo 2, 80kA, 220/380, 3F+N+T
50	2CJB305220Y0000	Supresor OVRHTE502203Y, Tipo 2, 50kA, 220/380V, 3F+N+T

<b>TIPO 2 OVRHST3B 3F+N+T 230/400V</b>		
<b>kA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
50	2CJC405230Y0000	Supresor OVRHT3B502303Y Tipo 1, 50kA, 230/400, 3F+N+T

<b>TIPO 2 OVRHS3 1F+N+T 230V</b>		
<b>kA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
40	2CJB504240P0000	Supresor OVRHS3U402401P, Tipo 2, 40kA, 230V, 1F+N+T



<b>NOMBRE</b>	<b>OVRHSP (200, 240, 300, 400)</b>	<b>OVRHSP (120, 160)</b>	<b>OVRHSP (60, 80, 100)</b>	<b>OVRHSR (120, 160)</b>	<b>OVRHTE</b>	<b>OVRHS3</b>	<b>OVRHS3U</b>	<b>OVRHS3-F1</b>	<b>OVRHLD</b>
<b>Tipo Spd</b>	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1 & 2	Tipo 1 & 2	Tipo 2	Tipo 1
<b>Certificación</b>	UL 1449 y CE	UL 1449 y CE	UL 1449 y CE	UL 1449 y CE	UL 1449	UL 1449	UL 1449	UL 1449	UL 1449
<b>Surge Ratings</b>	200, 240, 300, 400 kA por fase	120, 160 kA por fase	60, 80, 100 kA por fase	120, 160 kA por fase	25, 50, 80 y 100 por modo	40 kA por fase	40 kA por fase	40, 60, 80 kA por fase	20, 25, 30 kA por fase
<b>Led's</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Dry Relay Contacts</b>	Estándar	Estándar	Opcional	Estándar	Opcional	No Disponible		No Disponible	No Disponible
<b>Filtro Emi</b>	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible
<b>Surge Counter</b>	Opcional	Opcional	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible
<b>Garantía</b>	5 años	5 años	5 años	5 años	3 años	1 año	1 año	1 año	1 año

- **Interruptores de Desconexión de Emergencia:** Los interruptores de desconexión de emergencia son dispositivos manuales que permiten apagar rápidamente la energía eléctrica en situaciones de emergencia.

Tabla 12: Tabla Técnica de Interruptores de Desconexión de Emergencia

<b>Modelo</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Tipo de Montaje</b>	<b>Normativas</b>
IDE-100	240	100	Montaje en Panel	UL 508
IDE-600	480	600	Montaje en Carril DIN	IEC 60947-3
IDE-2000	690	2000	Montaje en Superficie	NEMA ICS 2
IDE-5000	1000	5000	Montaje en Pared	CEI 60947-1

A continuación se detalla la ficha técnica de interruptores de desconexión de emergencia:



## Interruptores automáticos para distribución de potencia



Ocho modelos para optimizar el empleo con cualquier exigencia de la instalación y de montaje

690V • 125-3200 A • 16-120 kA (380/415 V)



# Interruptores automáticos SACE Isomax S para distribución de potencia

## Características eléctricas IEC 60947-2



3

	SACE Isomax S1	SACE Isomax S2	SACE Isomax S3
Corriente permanente asignada, Iu [A]	125	160	160 - 250
Polos Nr.	3-4	3-4	3-4
Tensión asignada de servicio, Ue (AC) 50-60Hz [V]	500	690	690
(DC) [V]	250	500	750
Tensión asignada soportada a impulso, Uimp [kV]	6	6	8
Tensión asignada de aislamiento, Ui [V]	500	690	800
Tensión de prueba a frecuencia industrial por 1 min. [V]	3000	3000	3000
Poder asignado de corte último en cortocircuito, Icu	<b>B</b> <b>N</b>	<b>B</b> <b>N</b> <b>S</b>	<b>N</b> <b>H</b> <b>L</b>
(AC) 50-60 Hz 220/230 V [kA]	25      40	25      50      65	65      100      170
(AC) <b>50-60 Hz 380/415 V [kA]</b>	<b>16</b> <b>25</b>	<b>16</b> <b>35 (1)</b> <b>50</b>	<b>35 (1)</b> <b>65</b> <b>85</b>
(AC) 50-60 Hz 440 V [kA]	10      16	10      20      25	30      50      65
(AC) 50-60 Hz 500 V [kA]	8      12	8      12      15	25      40      50
(AC) 50-60 Hz 690 V [kA]	-      -	6      8      10	14      18      20 (5)
(DC) 250 V - 2 polos en serie [kA]	16      25	16      35      50	35      65      85
(DC) 500 V - 2 polos en serie [kA]	-      -	-      -      -	35      50      65
(DC) 500 V - 3 polos en serie [kA]	-      -	16      35      50	-      -      -
(DC) 750 V - 3 polos en serie [kA]	-      -	-      -      -	20      35      50
Poder asignado de corte de servicio en cortocircuito, Ics (2) [%Icu]	50%      50%	100%      75%      75%	100%      75%      75%
Poder asignado de cierre en cortocircuito (415 V) [kA]	32      52,5	32      74      105	74      143      187
Tiempo de apertura (415V a Icu) [ms]	8      6	8      7      6	8      7      6
Corriente asignada de corta duración admisible por 1 s, Icw [kA]			
Categoría de empleo (EN 60947-2)	A	A	A
Aptitud al seccionamiento IEC 60947-2, EN 60947-2	■	■	■
Relés: termomagnéticos	■      ■	■	■
T fijo, M fijo 5 lth	■      ■		
T fijo, M fijo 10 lth	■      ■		
T regulable, M fijo 3 lth			■      ■
T regulable, M fijo 5 lth		■      ■	■      ■      ■
T regulable, M fijo 10 lth		■      ■      ■	■      ■      ■
T regulable, M regulable			
sólo magnéticos M fijo		■      ■	■      ■      ■
con microprocesadores PR211/P (I-LI)			
PR212/P (LSI-LSIG)			
Intercambiabilidad			
Versiones	F - P	F - P	F - P - W
Terminales fijo	FC-R	EF - FC - FC CuAl - R	F - EF - ES - FC FC CuAl - RC - R
enchufable	FC-R	FC - R	EF - FC - R
extraíble (3)	-	-	EF - FC - R
Fijación sobre perfil DIN	DIN EN 50022	DIN EN 50022	DIN EN 50023
Durabilidad mecánica [Nº maniobras/ operaciones hora]	25000/240	25000/240	25000/120
Durabilidad eléctrica (a 415 V) [Nº maniobras/ operaciones hora]	8000/120	8000/120	10000(160A)-8000(250A)/120
Dimensiones básicas, fijo 3/4 polos			
L [mm]	78/103	90/120	105/140
P [mm]	70	70	103,5
H [mm]	120	120	170
Pesos fijo 3/4 polos [kg]	0,9 / 1,2	1,1 / 1,5	2,6 / 3,5
enchufable 3/4 polos [kg]	1 / 1,4	1,3 / 1,7	3,1 / 4,1
extraíble 3/4 polos [kg]	-	-	3,5 / 4,5

(1) Todas las versiones con Icu=35 kA están certificadas para 36 kA

(2) Para interruptores S3 N/H/L, S4 N/H/L, S5 N/H y S6 N/S/H, la prestación porcentual de Ics a 690 V se reduce un 25%.

(3) Los interruptores en versión extraíble se suministran con el frontal para el mando por palanca o con los accesorios alternativos a éste como, por ejemplo, el mando giratorio o el mando motor.

(4) Para el interruptor automático S5, la versión enchufable está disponible solamente para la versión con corriente asignada de 400 A

(5) El interruptor automático SACE S3 con poder de corte L a 690 V sólo se puede alimentar desde la parte superior





	SACE Isomax S4	SACE Isomax S5	SACE Isomax S6	SACE Isomax S7	SACE Isomax S8
	<b>160 - 250</b>	<b>400 - 630</b>	<b>630 - 800</b>	<b>1250 - 1600</b>	<b>2000 - 2500 - 3200</b>
	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
	690	690	690	690	690
	-	750	750	-	-
	8	8	8	8	8
	800	800	800	800	690
	3000	3000	3000	3000	2500
	<b>N H L</b>	<b>N H L</b>	<b>N S H L</b>	<b>S H L</b>	<b>H V</b>
	65 100 200	65 100 200	65 85 100 200	85 100 200	85 120
	<b>35 (1) 65 100</b>	<b>35 (1) 65 100</b>	<b>35 (1) 50 65 100</b>	<b>50 65 100</b>	<b>85 120</b>
	30 50 80	30 50 80	30 45 50 80	40 55 80	70 100
	25 40 65	25 40 65	25 35 40 65	35 45 70	50 70
	18 22 30	20 25 30	20 22 25 30	20 25 35	40 50
	- - -	35 65 100	35 50 65 100	- - -	- - -
	- - -	35 50 65	20 35 50 65	- - -	- - -
	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- - -	20 35 50	16 20 35 50	- - -	- - -
	100% 100% 75%	100% 100% 75%	100% 100% 100% 75%	100% 75% 50%	50% 50%
	74 143 220	74 143 220	74 105 143 220	105 143 220	187 264
	8 7 6	8 7 6	10 9 8 7	22 22 22	20 20
		5 (400A)	7,6 (630A) - 10 (800A)	15 (1250A) - 20 (1600A)	35
	A	B (400A) - A (630A)	B	B	B
	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
		■ ■ ■	■ ■ ■ ■		
	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■
	■	■	■	■	
	F - P - W	F - P (400) - W	F - W	F - W	F
	F - EF - ES - FC	F - EF(400A) - ES - FC	F - EF - ES - FC CuAl	F - EF - ES - FC CuAl (1250A)	F (2000-2500A) - VR
	FC CuAl - RC - R	FC CuAl (400A)-RC (400A)-R	RC - R	HR - VR	-
	EF - FC - R	EF - FC - R	-	-	-
	EF - FC - R	EF(400A) - ES - FC (400A)	EF - HR - VR	EF - HR - VR	-
		R - VR (630A)			
	DIN EN 50023	DIN EN 50023	-	-	-
	20000/120	20000/120	20000/120	10000/120	10000/20
	10000(160A)-8000(250A)/120	7000(400A)-5000(630A)/60	7000(630A)-5000(800A)/60	7000(1250A)-5000(1600A)/20	2500(2500A)/20-1500(3200A)/10
	105/140	140/184	210/280	210/280	406/556
	103,5	103,5	103,5	138,5	242
	254	254	268	406	400
	4 / 5,3	5 / 7	9,5 / 12	17 / 22	57/76
	4,5 / 5,9	6,1 / 8,4	-	-	-
	4,9 / 6,3	6,4 / 8,7	12,1 / 15,1	21,8 / 29,2	-

LEYENDA VERSIONES  
 F = Fijo  
 P = Enchufable  
 W = Extraíble

LEYENDA TERMINALES  
 F = Anteriores  
 EF = Anteriores prolongados  
 ES = Anteriores prolongados separados

FC = Anteriores para cables de cobre  
 FC CuAl = Anteriores para cables de cobre o aluminio  
 R = Posteriores roscados

RC = Posteriores para cables de cobre o aluminio  
 HR = Posteriores planos horizontales  
 VR = Posteriores planos verticales

3

#### 4.3.4. Determinación de protecciones según normativa, método IEEE y NEC

La determinación de protecciones eléctricas según la normativa y el método IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) implica el análisis detallado de los equipos y sistemas eléctricos, considerando los requisitos de seguridad y rendimiento establecidos en las normas. A continuación, se presentan los pasos generales para determinar las protecciones eléctricas según la normativa IEEE:

**Evaluación de Requisitos del Sistema:** Comienza con la identificación de los equipos y sistemas eléctricos a proteger. Es necesario comprender las características y las cargas del sistema, como potencia, corriente, voltaje, impedancias, capacidades y requerimientos de carga.

**Estudio de Coordinación de Protecciones:** Realiza un estudio de coordinación de protecciones para determinar el tiempo y las características de operación de cada dispositivo de protección. Esto garantiza que el dispositivo más cercano a una falla actúe para proteger la zona afectada, evitando que otros dispositivos desactiven el sistema innecesariamente.

**Selección de Dispositivos de Protección:** De acuerdo con los resultados del estudio de coordinación, selecciona los dispositivos de protección adecuados, como fusibles, interruptores termomagnéticos, relés de protección, TVSS (Supresores de Tensión Transitoria) y otros dispositivos específicos para la aplicación.

**Cálculo de Ajustes y Parámetros:** Calcula y ajusta los parámetros de los dispositivos de protección, como corrientes de disparo, tiempos de operación y sensibilidades, para lograr una protección óptima y una coordinación adecuada.

**Ubicación y Configuración de Protecciones:** Ubica físicamente los dispositivos de protección en el sistema eléctrico, asegurándote de que estén estratégicamente colocados para una protección eficiente.

**Pruebas y Verificación:** Realiza pruebas y verificaciones de los dispositivos de protección instalados para garantizar que funcionen correctamente.

**Documentación y Mantenimiento:** Documenta todos los cálculos, ajustes, configuraciones y pruebas realizadas en un informe detallado. Mantén actualizada la documentación y realiza mantenimiento regular para asegurarte de que las protecciones sigan funcionando adecuadamente.

La determinación de protecciones eléctricas según la normativa NEC (National Electrical Code) implica seguir las reglas y directrices establecidas en el NEC para garantizar la seguridad y el cumplimiento de los requisitos eléctricos en instalaciones eléctricas. A continuación, se presentan los pasos generales para determinar las protecciones eléctricas según el método NEC:

**Identificación de Requisitos Eléctricos:** Comienza identificando los requisitos específicos para la instalación eléctrica en cuestión. Esto incluye la carga total del sistema, la capacidad del circuito, la naturaleza de las cargas (resistivas, inductivas o capacitivas), la ubicación de la instalación (interior o exterior), el tipo de sistema de distribución (monofásico o trifásico) y otros factores relevantes.

**Selección del Tamaño del Conductor:** De acuerdo con el NEC, selecciona el tamaño adecuado de los conductores para cumplir con los requisitos de capacidad de corriente y caída de tensión. El tamaño del conductor está determinado por la carga y la longitud del circuito.

**Selección del Tipo de Protección:** El NEC especifica los tipos de dispositivos de protección permitidos para diferentes aplicaciones, como fusibles, interruptores termomagnéticos, interruptores de circuito de falla a tierra (GFCI), interruptores de arco, entre otros.

**Cálculo de Corrientes de Protección:** Calcula las corrientes de protección necesarias para proteger los conductores y los equipos de acuerdo con la capacidad de los circuitos y la carga conectada.

**Ubicación de Protecciones:** Coloca los dispositivos de protección en lugares apropiados, como el panel de distribución, para proteger los conductores y equipos de acuerdo con las normas NEC.

**Protecciones Adicionales:** Asegúrate de incluir protecciones adicionales como interruptores de circuito de falla a tierra (GFCI) para áreas húmedas o potencialmente peligrosas y protectores contra sobretensiones transitorias

(TVSS) para proteger equipos electrónicos sensibles.

**Coordinación de Protecciones:** Coordina las protecciones de manera adecuada para asegurar que el dispositivo más cercano a una falla actúe primero, evitando que otros dispositivos desconecten el sistema innecesariamente.

**Verificación y Pruebas:** Realiza verificaciones y pruebas para asegurarte de que las protecciones funcionen correctamente y cumplan con los requisitos del NEC.

**Documentación y Cumplimiento:** Documenta todas las decisiones, cálculos, configuraciones y pruebas realizadas para garantizar el cumplimiento con el NEC. Mantén actualizados los registros y asegúrate de cumplir con todas las regulaciones y normas locales.

Tabla 13: Elementos de Protección y Etapas de Capacidad [6]

<b>Elemento de Protección</b>	<b>Etapas de Capacidad</b>	<b>Uso Recomendado</b>
Fusibles	Baja Capacidad	Circuitos de bajo consumo
	Media Capacidad	Circuitos de mediana carga
Interruptores Automáticos	Media Capacidad	Circuitos comerciales
	Alta Capacidad	Circuitos industriales
Relés de Sobrecarga	Media a Alta Capacidad	Motores eléctricos
Interruptores Diferenciales	Baja Capacidad	Personas en hogares
	Media a Alta Capacidad	Instalaciones industriales

Tabla 14: Valores típicos de relés de protección [6]

<b>Tipo de Relé</b>	<b>Parámetro de Protección</b>	<b>Valor Típico</b>
Relé de Sobrecorriente	Corriente de Sobrecarga	125 % de la corriente nominal
	Corriente de Cortocircuito	5 a 12 veces la corriente nominal
Relé de Tiempo Inverso	Corriente Nominal	Ajustable
	Tiempo de Operación	Ajustable
Relé de Diferencial	Corriente de Desequilibrio	10 % a 30 % de la corriente nominal
	Tiempo de Operación	Ajustable
Relé de Baja Tensión	Tensión Mínima	Ajustable
	Tiempo de Operación	Ajustable
Relé de Sobre Tensión	Tensión de Sobretensión	110 % a 120 % de la tensión nominal
	Tiempo de Operación	Ajustable

#### 4.3.5. Elaboración de diagramas eléctricos unifilares

La elaboración de diagramas eléctricos unifilares es un proceso fundamental en el diseño y la documentación de instalaciones eléctricas. Estos diagramas proporcionan una representación gráfica simplificada y clara de un sistema eléctrico, mostrando la conexión de los componentes y la dirección del flujo de la energía eléctrica. A continuación, se presenta información detallada sobre la elaboración de diagramas eléctricos unifilares:

Un diagrama eléctrico unifilar es un dibujo esquemático que muestra todos los componentes eléctricos de un sistema en una sola línea. A través de símbolos estandarizados, representa los interruptores, dispositivos de protección, equipos, fuentes de energía y las conexiones entre ellos. A diferencia de los diagramas trifilares o bifilares, que muestran el circuito en varias líneas, el diagrama unifilar reduce la complejidad y proporciona una visión más clara y concisa del sistema eléctrico.

##### **Pasos para elaborar un diagrama eléctrico unifilar:**

*Recopilación de Datos:* Reúne toda la información necesaria sobre el sistema eléctrico que se va a representar, incluyendo los equipos, la disposición del cableado, los dispositivos de protección y la fuente de alimentación.

*Identificación de Componentes:* Utiliza símbolos estandarizados para identificar cada componente en el diagrama. Por ejemplo, los interruptores pueden

representarse con una línea interrumpida y los dispositivos de protección con un símbolo específico para fusibles o disyuntores.

*Dibujo del Diagrama:* Utiliza software de diseño gráfico o herramientas de dibujo para crear el diagrama unifilar. Coloca los símbolos correspondientes en el orden en que se conectan en el sistema eléctrico. La dirección del flujo de la energía se muestra en la línea unifilar con flechas que indican el sentido de la corriente.

*Agrupación de Circuitos:* Agrupa circuitos similares en subdiagramas, lo que facilita la lectura y comprensión del diagrama unifilar completo.

*Etiquetado de Componentes:* Etiqueta cada componente con su nombre o número de identificación para facilitar el seguimiento y la referencia futura.

*Codificación de Colores:* Para mejorar la legibilidad, puedes utilizar la codificación de colores para identificar diferentes circuitos, voltajes o funciones. Por ejemplo, el rojo puede indicar circuitos de emergencia, y el verde, circuitos de tierra.

*Revisión y Verificación:* Realiza una revisión exhaustiva del diagrama unifilar para verificar que todos los componentes estén representados correctamente y que la lógica del circuito sea precisa.

### **Beneficios del Diagrama Eléctrico Unifilar:**

*Claridad:* Proporciona una visión clara y concisa de la disposición del sistema eléctrico.

*Simplicidad:* Reduce la complejidad mostrando todo en una sola línea.

*Eficiencia:* Facilita la localización de fallas y la realización de tareas de mantenimiento y reparación.

*Cumplimiento Normativo:* Ayuda a cumplir con las normativas y códigos de seguridad eléctrica.

## 4.4. Diseño de iluminación

### 4.4.1. Simbología de elementos

La simbología de iluminación es una herramienta valiosa que simplifica la representación de dispositivos de iluminación en planos eléctricos, proporcionando una referencia visual rápida y comprensible para todos los involucrados en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de iluminación en diversos entornos. Al utilizar símbolos estandarizados, se mejora la comunicación y se asegura la coherencia en los proyectos eléctricos, garantizando resultados eficientes y seguros en todas las etapas del proceso. En la Figura 24 se aprecia la principal simbología de canalización eléctrica:







Símbolo	Descripción
	Interruptor termomagnético
	Lámpara
	Masa
	Parada de emergencia
	Tablero de distribución
	Tablero general

Figura 24: Simbología de diseños de iluminación [25]

### 4.4.2. Estimación de la carga

La estimación de la carga es un proceso fundamental en el diseño y dimensionamiento de sistemas eléctricos, que consiste en calcular la cantidad de energía eléctrica que se espera que consuman los equipos y dispositivos

conectados a una instalación eléctrica. Esta estimación es esencial para garantizar que la capacidad del sistema sea adecuada para satisfacer la demanda de energía de manera segura y eficiente. A continuación, se presenta toda la información relevante sobre la estimación de la carga:

### **Importancia de la Estimación de la Carga:**

La estimación de la carga es crucial en varios aspectos de un sistema eléctrico, como:

*Dimensionamiento de Conductores y Protecciones:* Permite seleccionar el tamaño adecuado de los conductores y los dispositivos de protección, como interruptores y fusibles, para garantizar que puedan soportar la corriente requerida por los equipos.

*Dimensionamiento de Transformadores y Generadores:* Ayuda a determinar la capacidad necesaria de transformadores y generadores para satisfacer la demanda eléctrica de la instalación.

*Eficiencia Energética:* Al conocer la carga estimada, se pueden identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo innecesario.

*Prevención de Sobrecargas:* Evita sobrecargar el sistema eléctrico, lo que podría conducir a interrupciones, daños en equipos y riesgos para la seguridad.

*Planificación y Expansión Futura:* Facilita la planificación de futuras expansiones y la adición de nuevos equipos a la instalación.

### **Pasos para la Estimación de la Carga:**

*Recopilación de Datos:* Reúne información sobre todos los equipos y dispositivos eléctricos que estarán conectados al sistema. Esto incluye datos como potencia nominal, voltaje, corriente, factor de potencia y tiempo de funcionamiento.

*Cálculo de Cargas Individuales:* Calcula la carga individual de cada equipo multiplicando su potencia nominal por el factor de potencia y el tiempo de funcionamiento.



*Suma de Cargas:* Suma todas las cargas individuales para obtener la carga total estimada del sistema.

*Factor de Diversidad:* Para tener en cuenta que no todos los equipos funcionarán simultáneamente a plena carga, se aplica un factor de diversidad para reducir la carga total estimada.

*Factor de Crecimiento Futuro:* Se puede incluir un factor de crecimiento futuro para considerar la posible expansión del sistema y la adición de nuevos equipos en el futuro.

*Verificación y Corrección:* Realiza una revisión y verificación de los cálculos para asegurarte de que la estimación de la carga sea precisa y realista. Realiza ajustes si es necesario.

### **Consideraciones Especiales:**

*Cargas Monofásicas y Trifásicas:* Es importante distinguir entre cargas monofásicas y trifásicas, ya que tienen diferentes requerimientos de potencia y dimensionamiento de conductores.

*Cargas No Lineales:* En el caso de cargas no lineales, como equipos electrónicos con rectificadores, es necesario tener en cuenta el factor de potencia y las armónicas generadas.

*Factor de Potencia:* El factor de potencia puede afectar significativamente la estimación de la carga, especialmente en instalaciones con cargas inductivas o capacitivas.

#### **4.4.3. Niveles de iluminación recomendados para puestos de trabajo**

En la Tabla 15 se presenta los niveles de iluminación recomendados para diferentes tipos de puestos de trabajo, expresados en lux (lx), según la normativa NEC. Estos niveles son una guía general y pueden variar según la actividad específica y las normativas locales. Es importante asegurarse de que los niveles de iluminación sean adecuados para garantizar un entorno de trabajo seguro y productivo.

Tabla 15: Niveles de iluminación recomendados para puestos de trabajo norma IEEE 141-1993 [7]

<b>Tipo de Puesto de Trabajo</b>	<b>Luxes recomendados</b>
Oficinas	300 - 500
Escritorios y Trabajos de Oficina	500 - 750
Tareas de Computación	300 - 750
Salas de Reuniones	300 - 500
Salas de Conferencias	300 - 500
Bibliotecas	300 - 500
Cocinas y Comedores	200 - 500
Áreas de Almacenamiento	100 - 300
Almacenes y Depósitos	100 - 300
Tareas de Montaje y Ensamblaje	500 - 1000
Líneas de Producción	300 - 750
Talleres de Trabajo	500 - 1000
Laboratorios	500 - 1000
Tareas de Inspección y Control de Calidad	750 - 1500
Áreas de Embalaje	300 - 750
Zonas de Carga y Descarga	50 - 200
Escaleras y Pasillos	100 - 300
Áreas de Recepción	300 - 500
Baños y Vestuarios	100 - 300

#### 4.4.4. Análisis de la temperatura de luminarias comerciales

En la siguiente tabla se muestra los diferentes tipos de luminarias comerciales y sus temperaturas típicas de funcionamiento. Se debe considerar que estas temperaturas pueden variar según la marca y el modelo de la luminaria.

#### 4.4.5. Análisis de luminarias a usarse

El análisis de las luminarias a usarse es un proceso esencial en el diseño y selección de iluminación para diferentes aplicaciones. Para llevar a cabo este análisis de manera efectiva, es necesario considerar varios aspectos clave que influirán en la elección de las luminarias más adecuadas para un proyecto específico. A continuación, se presenta un análisis detallado de las luminarias a usarse:

Tabla 16: Análisis de la temperatura de luminarias comerciales [3]

<b>Tipo de Luminaria</b>	<b>Temperatura aproximada</b>
Luminaria LED	-20°C a 50°C
Luminaria Fluorescente	-10°C a 40°C
Luminaria de Halogenuros Metálicos	-30°C a 40°C
Luminaria de Vapor de Sodio	-40°C a 50°C
Luminaria de Vapor de Mercurio	-20°C a 50°C
Luminaria Incandescente	-20°C a 40°C
Luminaria de Inducción	-30°C a 50°C
Luminaria de Alta Presión de Sodio	-30°C a 50°C
Luminaria de Alta Presión de Mercurio	-30°C a 50°C
Luminaria de Luz Solar	-20°C a 60°C

**Requisitos de Iluminación:** Identificar los requisitos específicos de iluminación para el espacio o área en cuestión. Esto incluye determinar la cantidad de luz necesaria (medida en lux o lúmenes), el nivel de uniformidad deseado, los niveles de iluminación recomendados para la actividad realizada y si se necesitan fuentes de luz regulables.

**Tipo de Actividad o Uso:** Considerar el tipo de actividad o uso del espacio, ya que esto afectará el tipo de luminaria requerido. Por ejemplo, en una oficina se necesitarán luminarias que proporcionen una luz suave y difusa, mientras que en un taller o almacén se requerirán luminarias más intensas y con una mayor resistencia a condiciones de trabajo más exigentes.

**Eficiencia Energética:** Evaluar la eficiencia energética de las luminarias. Las luminarias LED suelen ser la opción más eficiente, ya que consumen menos energía y tienen una vida útil más larga en comparación con las luminarias tradicionales, como las incandescentes o las halógenas.

**Temperatura y Condiciones Ambientales:** Considerar las condiciones ambientales en las que operarán las luminarias, como la temperatura ambiente, la humedad y la exposición a polvo o sustancias químicas. Algunas aplicaciones pueden requerir luminarias con clasificaciones de protección más altas (IP) para resistir ambientes hostiles.

**Distribución de Luz y Control:** Evaluar la distribución de luz de

las luminarias y si cumplen con los requisitos de iluminación establecidos. También considerar si se necesitan sistemas de control, como sensores de movimiento, reguladores de intensidad (dimmers) o sistemas de automatización para mejorar la eficiencia energética.

**Estilo y Diseño:** Evaluar el estilo y diseño de las luminarias para asegurarse de que se ajusten a la estética del espacio y del proyecto en general. Las luminarias también pueden desempeñar un papel en la decoración y la atmósfera del ambiente.

**Normativas y Certificaciones:** Asegurarse de que las luminarias cumplan con las normativas y regulaciones aplicables, así como con las certificaciones de calidad y seguridad correspondientes. Estas certificaciones pueden incluir la Marca CE, la certificación UL, entre otras.

**Costo y Presupuesto:** Evaluar el costo de las luminarias y su relación con el presupuesto disponible. Es importante encontrar un equilibrio entre la calidad, el rendimiento y el costo para obtener la mejor relación calidad-precio.

**Mantenimiento y Vida Útil:** Considerar la vida útil de las luminarias y los costos asociados con el mantenimiento y reemplazo de las mismas a lo largo del tiempo. Las luminarias con una vida útil más larga pueden reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

#### 4.4.6. Diseño de señalización e iluminación de emergencia

El diseño de señalización e iluminación de emergencia es un aspecto crítico en la planificación y seguridad de edificios e instalaciones. Esta señalización e iluminación de emergencia proporciona información y guía a las personas en situaciones de evacuación o emergencia, asegurando una evacuación segura y rápida en caso de un evento inesperado. A continuación, se presentan las consideraciones clave para el diseño de señalización e iluminación de emergencia:

**Planificación y Evaluación:** Realiza una evaluación detallada del edificio o área para determinar las rutas de evacuación, los puntos de reunión y las zonas de mayor riesgo. Identifica las áreas de escape y las salidas de

emergencia para asegurar que estén claramente señalizadas.

**Señalización de Rutas de Evacuación:** Coloca señales de salida y flechas de dirección que indiquen las rutas de evacuación y las salidas de emergencia. Estas señales deben ser visibles desde cualquier punto del edificio y estar ubicadas a una altura adecuada.

**Luminarias de Emergencia:** Instala luminarias de emergencia en las rutas de evacuación y cerca de las salidas de emergencia. Estas luminarias deben proporcionar suficiente iluminación para guiar a las personas fuera del edificio de manera segura en caso de un corte de energía.

**Iluminación de los Puntos de Reunión:** Asegura que los puntos de reunión estén bien iluminados para facilitar la agrupación de las personas evacuadas y permitir la realización de controles.

**Luminarias de Sello Rojo o Verde:** Utiliza luminarias de sello rojo o verde para indicar claramente las salidas de emergencia y los equipos de primeros auxilios. Estas luminarias deben estar claramente visibles y estar equipadas con baterías de respaldo para seguir funcionando durante un corte de energía.

**Señales Fotoluminiscentes:** Considera el uso de señales fotoluminiscentes que absorben la luz y emiten un brillo visible en la oscuridad, lo que mejora la visibilidad de la señalización en condiciones de baja iluminación.

**Mantenimiento y Pruebas:** Realiza un mantenimiento regular de las luminarias de emergencia y las señales para asegurarte de que estén en buen estado de funcionamiento. Realiza pruebas periódicas para verificar su correcto funcionamiento y reemplaza las baterías según las recomendaciones del fabricante.

**Cumplimiento Normativo:** Asegúrate de cumplir con las normativas y regulaciones locales y nacionales sobre señalización e iluminación de emergencia. Cada país o región puede tener requisitos específicos que deben cumplirse.

**Capacitación del Personal:** Proporciona capacitación adecuada al personal y a los ocupantes del edificio sobre la ubicación y el significado de las

señales de emergencia, así como sobre los procedimientos de evacuación en caso de una situación de emergencia.

## 4.5. Diseño de cableado estructurado

### 4.5.1. Simbología de elementos

La normativa más relevante que gobierna la infraestructura para cableado estructurado está dictada por las siguientes entidades:

TIA (Telecommunications Industry Association), fundada en 1985 después de la ruptura del monopolio de AT&T. Desarrolla normas de cableado industrial voluntario para muchos productos de las telecomunicaciones y tiene más de 70 normas preestablecidas.

ANSI (American National Standards Institute) es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC).

EIA (Electronic Industries Alliance) es una organización formada por la asociación de las compañías electrónicas y de alta tecnología de los Estados Unidos cuya misión es promover el desarrollo de mercado y la competitividad de la industria de alta tecnología de los Estados Unidos con esfuerzos locales e internacionales de la política.

ISO (International Standards Organization) es una organización no gubernamental creada en 1947 a nivel mundial de cuerpos de normas nacionales, con más de 140 países.

IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica), principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet.

La simbología de cableado estructurado es una representación gráfica estandarizada utilizada en planos y diagramas para indicar la conexión y distribución de cables en un sistema de cableado estructurado. A continuación, se

presentan algunos símbolos comunes utilizados en la simbología de cableado estructurado:

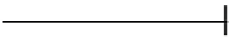









Símbolo	Descripción
	Trayectoria de tubería Conduit con terminación en un extremo
	Trayectoria de tubería Conduit con un destino determinado
	Trayectoria de tubería Conduit con cambio de dirección a 90° hacia abajo
	Trayectoria de tubería Conduit con cambio de dirección a 90° hacia arriba
	Banco de ductos subterráneos, vista en planta
	Sección transversal de banco de ductos subterráneos encofrado
	Manga
	Manga vista en planta
	Perforación en piso vista en planta
	Escalera portacables

Figura 25: Simbología de cableado estructurado [25]

#### 4.5.2. Análisis del alcance del proyecto (establecer condiciones, límites, tipo de uso que se dará al proyecto)

El análisis del alcance del proyecto es un proceso esencial en la planificación y ejecución de cualquier proyecto, incluyendo proyectos de cableado estructurado, sistemas eléctricos, iluminación, entre otros. Este análisis define claramente los objetivos del proyecto y establece las condiciones, límites y el tipo de uso que se dará al mismo. A continuación, se presenta un análisis general del alcance de un proyecto de cableado estructurado:

**Objetivos del Proyecto:** Definir los objetivos del proyecto de cableado estructurado de manera clara y concisa. Por ejemplo, el objetivo podría ser mejorar la conectividad de red en un edificio o instalación, permitir una mayor flexibilidad y escalabilidad del sistema, o asegurar el cumplimiento de los estándares de cableado.

**Alcance del Trabajo:** Establecer el alcance del trabajo que se llevará a cabo en el proyecto. Esto incluye determinar qué áreas o edificios serán cubiertos por el cableado estructurado, cuántos puntos de conexión se instalarán, qué tipos de cables y conectores se utilizarán, entre otros detalles.

**Usuarios y Requerimientos:** Identificar a los usuarios y las necesidades específicas que deben ser satisfechas por el proyecto. Por ejemplo, se deben tener en cuenta las necesidades de conectividad de equipos de red, sistemas de telecomunicaciones, sistemas de seguridad, y otros dispositivos o aplicaciones que requieran conexión de red.

**Tipo de Uso:** Definir el tipo de uso que se dará al proyecto de cableado estructurado. Por ejemplo, el cableado puede estar destinado a un uso exclusivo de datos, voz y video, o puede ser un sistema combinado que soporte múltiples servicios.

**Condiciones y Ambiente:** Considerar las condiciones y el ambiente donde se instalará el cableado estructurado. Por ejemplo, se debe tener en cuenta si el proyecto es para interiores o exteriores, si hay condiciones especiales como humedad, polvo o temperaturas extremas, y si es necesario utilizar cables de categoría especiales, como cables resistentes al fuego.

**Límites del Proyecto:** Establecer los límites y alcances específicos



del proyecto. Esto implica definir qué elementos están dentro del alcance del proyecto y cuáles están excluidos. También es importante determinar los plazos y recursos disponibles para el proyecto.

**Capacidades Futuras:** Evaluar la capacidad futura del proyecto para asegurar que el cableado estructurado pueda adaptarse a las necesidades futuras de la organización o el edificio, permitiendo una fácil expansión o modificación del sistema.

**Responsabilidades y Roles:** Definir las responsabilidades y roles de los diferentes equipos o individuos involucrados en el proyecto, incluyendo al equipo de diseño, instalación y mantenimiento.

#### 4.5.3. Diseño de infraestructura a usarse

El diseño de la infraestructura de un sistema de cableado estructurado es esencial para garantizar un rendimiento confiable y eficiente. A continuación, se presenta una descripción general de los elementos principales a considerar en el diseño de la infraestructura:

**Cables:** Seleccionar cables de alta calidad y rendimiento adecuado para la aplicación específica. Los cables de par trenzado sin blindaje (UTP) son comúnmente utilizados para datos y voz, mientras que los cables de fibra óptica son ideales para aplicaciones de alta velocidad y largas distancias.

**Conectores:** Utilizar conectores RJ-45 para cables UTP y conectores adecuados para cables de fibra óptica. Asegurarse de que los conectores sean de buena calidad para garantizar una conexión sólida y duradera.

**Patch Panel:** Instalar patch panels en el área de distribución principal para facilitar la terminación de los cables y la conexión a los puntos finales. Los patch panels organizan y etiquetan los cables, lo que simplifica el mantenimiento y las modificaciones.

**Patch Cords:** Emplear patch cords para la conexión entre los patch panels y los equipos activos (como switches) y los dispositivos finales (como computadoras y teléfonos). Los patch cords también deben ser de alta calidad para asegurar una transmisión confiable.

**Rack o Gabinete:** Utilizar racks o gabinetes para montar los equipos activos y patch panels. Estos racks proporcionan una organización estructurada y protegen los componentes de daños físicos.

**Climatización:** Si es necesario, implementar sistemas de climatización en el cuarto de equipos o sala de telecomunicaciones para mantener una temperatura adecuada y evitar el sobrecalentamiento de los equipos.

**Ductos y Canalizaciones:** Instalar ductos y canalizaciones para proteger y organizar los cables, evitando interferencias y daños. Los ductos también facilitan futuras expansiones y modificaciones del sistema de cableado.

**Puesta a Tierra:** Implementar un sistema de puesta a tierra adecuado para proteger el sistema de cableado y los equipos activos de daños causados por sobretensiones y descargas eléctricas.

**Sistema de Protección Ininterrumpida (UPS):** Considerar la instalación de un sistema de UPS para proporcionar energía de respaldo a los equipos activos y garantizar la continuidad del servicio durante cortes de energía.

## 4.6. Diseño de automatización o innovación del proceso productivo

### 4.6.1. Elementos productivos que pueden automatizarse

La automatización de procesos productivos es una tendencia creciente en la industria, donde se busca reemplazar tareas que originalmente eran realizadas por personas con sistemas mecatrónicos controlados por computadoras. A continuación, se presentan algunos ejemplos de elementos productivos que pueden ser automatizados:

**Líneas de Ensamblaje:** En la fabricación de productos como automóviles, electrodomésticos o dispositivos electrónicos, las líneas de ensamblaje pueden ser automatizadas utilizando robots industriales y sistemas de control para realizar tareas de ensamblaje, soldadura, pintura, entre otras.

**Procesamiento de Alimentos:** En la industria alimentaria, ciertas eta-

pas del procesamiento de alimentos, como el empaquetado, el etiquetado y la clasificación, pueden ser automatizadas mediante sistemas de visión artificial y brazos robóticos.

**Operaciones de Carga y Descarga:** En almacenes y centros de distribución, la carga y descarga de mercancías en camiones puede ser automatizada utilizando sistemas de transporte y manipulación automatizados.

**Maquinaria Industrial:** Máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) se utilizan en la fabricación de piezas precisas y complejas en la industria metalúrgica y manufacturera.

**Empaque y Embalaje:** La automatización en líneas de empaque y embalaje permite una mayor eficiencia en la preparación de productos para su distribución y venta.

**Inspección de Calidad:** Sistemas de visión artificial y sensores automatizados se utilizan para la inspección y control de calidad de productos durante y después de la producción.

**Procesos Industriales:** En la industria química y petroquímica, sistemas automatizados se emplean para controlar y monitorear procesos complejos, como la destilación, reacciones químicas y control de temperaturas.

**Agricultura y Agricultura de Precisión:** Drones y vehículos autónomos se utilizan para la siembra, riego y monitoreo de cultivos, mejorando la eficiencia y el rendimiento agrícola.

**Logística y Transporte:** En la logística, los sistemas de gestión de almacenes, seguimiento de inventario y rutas de entrega pueden automatizarse para optimizar la cadena de suministro.

**Atención al Cliente y Servicios:** En algunos casos, se han implementado chatbots y asistentes virtuales para automatizar respuestas y atención al cliente en línea.

#### 4.6.2. Consideraciones de los elementos que pueden automatizarse

Las consideraciones para la automatización de elementos productivos son fundamentales para asegurar el éxito y eficiencia en la implementación de tecnologías automatizadas. A continuación, se presentan algunas consideraciones importantes a tener en cuenta:

**Viabilidad Técnica y Económica:** Antes de automatizar un elemento productivo, es crucial evaluar si la tecnología y equipos necesarios están disponibles y si el costo de implementación es justificable en términos de ahorro de costos y mejora de la eficiencia.

**Complejidad de las Tareas:** Se deben considerar las tareas específicas que se pretenden automatizar. Algunas tareas pueden ser más adecuadas para la automatización debido a su naturaleza repetitiva o peligrosa para los trabajadores.

**Interacción con Personal:** La automatización no siempre significa reemplazar a los trabajadores. En algunos casos, la automatización puede complementar las habilidades del personal y mejorar la seguridad y precisión de las operaciones.

**Capacitación y Formación del Personal:** Cuando se automatizan elementos productivos, es esencial proporcionar capacitación adecuada al personal para que puedan comprender, operar y mantener los nuevos sistemas automatizados.

**Flexibilidad y Adaptabilidad:** Los sistemas automatizados deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a cambios en la producción, cambios en la demanda o la incorporación de nuevos productos.

**Mantenimiento y Soporte Técnico:** La automatización requiere un mantenimiento adecuado y un soporte técnico confiable para evitar tiempos de inactividad prolongados y garantizar el buen funcionamiento continuo.

**Seguridad y Normativas:** La automatización debe cumplir con las normativas de seguridad y regulaciones aplicables para garantizar un entorno de trabajo seguro para los empleados y cumplir con los estándares industriales.

**Impacto en el Empleo:** La automatización puede tener un impacto en el empleo, y es importante considerar el impacto social y laboral de la implementación de tecnologías automatizadas.

**Integración con Sistemas Existentes:** La automatización debe integrarse de manera efectiva con los sistemas existentes, como sistemas de gestión de inventario, sistemas de control de calidad y sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP).

**Rendimiento y Monitoreo:** Se debe realizar un seguimiento y monitoreo constante del rendimiento del sistema automatizado para identificar áreas de mejora y maximizar la eficiencia.

#### **4.6.3. Análisis técnico – económico para considerar la automatización (existe reducción de costos operativos, tiempo de recuperación de la inversión, costos de mantenimiento, etc.)**

El análisis técnico-económico es una herramienta esencial para evaluar la viabilidad de la automatización y determinar si los beneficios superan los costos asociados con la implementación de tecnologías automatizadas. A continuación, se presentan los aspectos clave que se deben considerar en este análisis:

**Reducción de Costos Operativos:** Evaluar cómo la automatización puede reducir los costos operativos a través de la eficiencia y la optimización del proceso de producción. Esto puede incluir ahorros en mano de obra, reducción de errores y desperdicios, y un mejor uso de los recursos.

**Mejora de la Productividad:** Analizar cómo la automatización puede aumentar la productividad del sistema productivo, permitiendo una mayor producción en menos tiempo y con menos recursos.

**Tiempo de Recuperación de la Inversión (ROI):** Determinar el tiempo estimado para recuperar la inversión realizada en la automatización. Esto implica calcular los ahorros y beneficios obtenidos a lo largo del tiempo en comparación con los costos de implementación.

**Costos de Mantenimiento:** Evaluar los costos de mantenimiento y

soporte técnico requeridos para mantener y operar los sistemas automatizados. Comprender la vida útil de los equipos y los costos asociados con su mantenimiento es esencial para el análisis.

**Rendimiento y Calidad del Producto:** Considerar cómo la automatización puede mejorar el rendimiento y la calidad del producto final, lo que puede llevar a una mayor satisfacción del cliente y una ventaja competitiva.

**Reducción de Errores y Retrabajos:** Evaluar cómo la automatización puede minimizar los errores humanos y reducir la necesidad de retrabajos, lo que puede ahorrar tiempo y recursos.

**Flexibilidad y Adaptabilidad:** Considerar si la automatización proporciona la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios en la producción y en el mercado.

**Impacto en el Empleo:** Analizar el impacto en el empleo y considerar cómo la automatización puede cambiar las funciones y responsabilidades de los trabajadores.

**Integración con Sistemas Existentes:** Evaluar la facilidad de integración de la automatización con los sistemas existentes, como sistemas de gestión de inventario, sistemas de planificación y control de la producción (ERP), entre otros.

**Análisis de Riesgos:** Identificar y evaluar los posibles riesgos asociados con la automatización, como fallas tecnológicas, riesgos de ciberseguridad y otros problemas potenciales.

## 5. Presupuesto

La presupuestación, fiscalización y recepción de obras de construcción eléctricas implica conocer las diferentes normativas, métodos y lineamientos aplicados a pequeñas y medianas industrias. En esta etapa, se diseña un sistema específico siguiendo criterios que garantizan un presupuesto realista y la implementación de buenas prácticas de construcción, así como la utilización de materiales de alta calidad, equipos adecuados y personal cualificado.

### 5.1. Modelo de gestión

Existe una amplia variedad de modelos de gestión para la construcción de sistemas eléctricos. Uno de los enfoques más destacados, basado en la experiencia de constructores y los resultados obtenidos, es aquel que se centra en garantizar la utilización óptima de los recursos disponibles en el menor tiempo de ejecución posible. La administración eficiente de recursos, que incluye recursos humanos, económicos y materiales, junto con un énfasis en la calidad del producto final, constituyen los pilares fundamentales de este método.

Este enfoque comienza por definir claramente el alcance del proyecto, especificando los estándares de calidad que se deben alcanzar. Se tiene en cuenta la posibilidad de un crecimiento futuro, pero con un límite del 30 % para evitar excesos. La gestión de los recursos financieros se lleva a cabo de manera óptima, garantizando que se utilicen de manera eficiente.

En cuanto al recurso humano, se busca contar con un equipo altamente capacitado que pueda brindar un rendimiento máximo, lo que permite lograr un producto final de alta calidad en el menor tiempo posible. Además, se considera fundamental trabajar en colaboración con un organismo fiscalizador o regulador de procesos y calidad, que a su vez garantice la integridad del proyecto o del producto final.

Adicionalmente, se contempla la importancia de contar con un socio o aliado estratégico que esté preparado para hacer frente a cualquier retraso que pueda surgir debido a la falta de materiales o recursos financieros. La Figura 26 ilustra de manera esquemática el proceso de ejecución de este método.

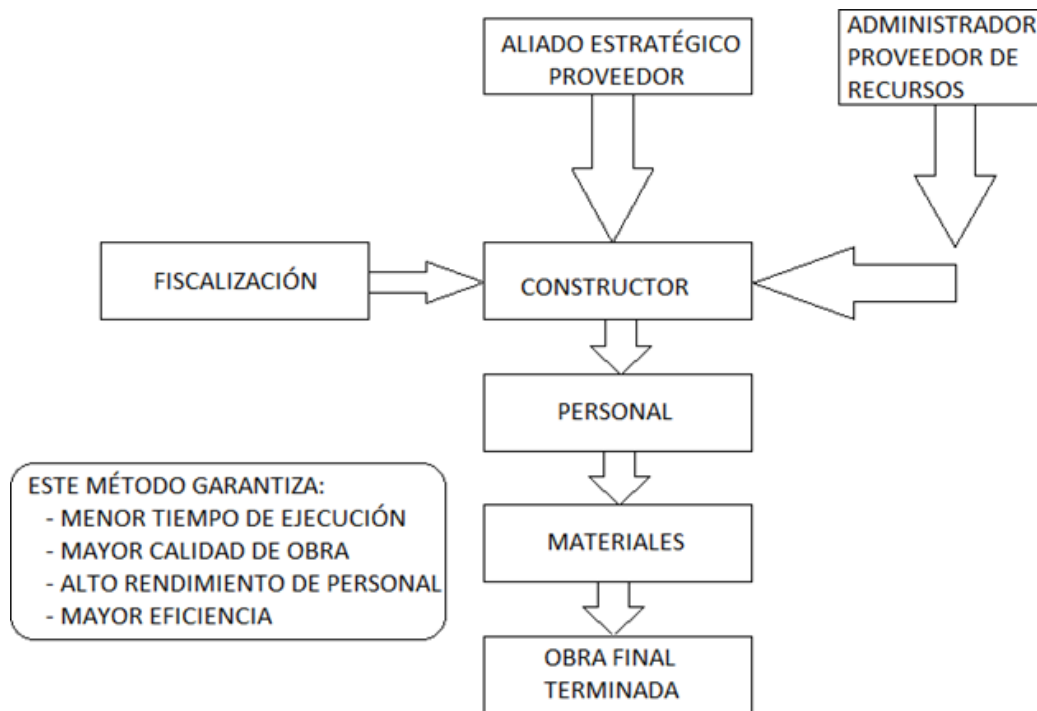


Figura 26: Modelo de gestión [25]

## 5.2. Presupuestación de obras

El presupuesto es el primer acercamiento entre el constructor y el cliente. En esta etapa, el profesional debe manejarlo de manera muy responsable, ajustándose a valores acordes al mercado y siempre procurando ofrecer un mejor beneficio que la competencia.

Dentro del proceso de elaboración del presupuesto, se deben considerar los siguientes criterios para obtener un valor exacto con condiciones claras y asertivas que garanticen la adjudicación de la obra.

- El nombre del proyecto debe ser convincente y debe captar la atención del dueño o administrador.
- Los datos de la empresa o constructor, incluyendo el RUC, número de contacto, correo electrónico y dirección, deben estar disponibles.



- Se deben recabar los datos del cliente, incluyendo su nombre y número de contacto.

- Los trabajos a realizar deben ser explicados y desglosados. Es importante indicar los precios de cada uno de ellos para que el cliente o administrador comprenda con precisión qué se va a hacer y cuál será el costo de cada rubro a ejecutar.

- En cuanto a los materiales, se debe especificar qué tipo y calidad se utilizarán para cada rubro.

- Se debe establecer un plazo de ejecución para el proyecto, teniendo en cuenta un margen de días adicionales para posibles eventualidades. Se deben detallar las fechas de inicio y finalización.

- Se debe presentar el precio final, y en el siguiente apartado se explicará cómo se elaborará un análisis de precio unitario por cada rubro, incluyendo las consideraciones pertinentes.

- Es fundamental definir la forma de pago, ya que esto tiene un impacto significativo en la gestión del proyecto. Además, se deben establecer los plazos de pago.

Para llevar a cabo la presupuestación de una obra, es esencial considerar inicialmente el alcance del proyecto, incluyendo las características de los materiales y equipos a utilizarse. Una vez definido esto, se procede a crear una estructura y un procedimiento de trabajo. Esto incluye la elaboración de un listado detallado de materiales, herramientas y personal necesario para la ejecución de la obra en el plazo indicado. Los precios de cada rubro, junto con las consideraciones mencionadas, deben ser detallados de manera clara, asertiva y concisa para evitar malentendidos. Los plazos son aspectos cruciales, ya que pueden afectar la viabilidad de los resultados.

Dentro del proceso de presupuestación de obras, es necesario contemplar las garantías que se ofrecerán por los trabajos a realizarse. También es importante señalar que si algún rubro o trabajo no se incluye en el presupuesto, se facturará de manera independiente. Por otra parte, existe la opción de ejecutar un proyecto bajo la modalidad "llave en mano", lo que implica que el contrato incluye la ejecución con todos los materiales, equipos y personal,

sin importar incrementos o variaciones en el proceso. Todas estas consideraciones deben estar en consonancia con la legislación vigente en materia de contratación, de modo que, en caso de surgir controversias, se resuelvan de manera legal en beneficio de ambas partes.

### **5.3. Análisis de precios unitarios**

En el análisis de precios unitarios, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de todos los componentes de la obra, con el propósito de obtener una especificación detallada que incluye los materiales necesarios, el costo de cada componente y el costo total de la obra, lo más cercano posible a la realidad. Este análisis considera características constructivas, cantidad de elementos a utilizar, costos de mano de obra, movilización de recursos y otros valores relevantes.

En el ejemplo que se presenta, se aborda la construcción del sistema eléctrico de un taller de rectificación de motores. Después de definir el alcance general del proyecto, se elabora una lista de componentes que abarca materiales, herramientas, equipos, mano de obra, movilización de materiales (si es necesario), costos indirectos y márgenes de utilidad. Esta lista detalla todos los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, apreciar la Figura [27](#).

CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD
1	Centro de carga trifásico 24 espacios	u
1	Centro de carga bifásico de 16 espacios	u
3	Centro de carga monofásico de 8 espacios	u
1	Tablero eléctrico de Distribución principal 220V (tablero metálico 1.20x0.60 que contiene 1 breaker de 260A, 6 breakers de 20-200A caja moldeada con barras de cobre para fases, neutro y tierra)	u
95	Tubería metálica EMT de 1/2"	m
51	Tubería metálica EMT de 3/4"	m
25	Tubería metálica EMT 1"	m
150	Conector o unión de 1/2"	u
25	Conector o unión de 3/4"	u
15	conector o unión EMT de 1"	u
9	Breaker enchufable monofásico 16 - 20A	u
4	Breaker enchufable bifásico 16 - 40A	u
10	Breaker enchufable trifásico hasta 40A	u
15	Tomacorriente polarizado 120V con tapa	u
4	Tomacorriente trifásico 460V	u
5	Caja metálica de 20x20cm	u
43	Bandeja metálica con tapa de 20x7cm, 1,4mm y accesorios de montaje	m
5	Codo metálico para bandeja de 20x7cm, 1,4mm con accesorios y tapa	u
110	Acometida 3x6+8 AWG	m
38	Acometida 3x8+10 AWG	m
12	Bajante bifásica o monofásica para maquinaria y tomas de servicio, incluye cajetín y toma en el piso o pared, según especificaciones.	u
10	Bajante trifásica para maquinaria en electrocanal de 10x5 cm incluye toma industrial y cajetín en el piso.	u
50	Acometida 2x8+10	m
68	Acometida 2x6+8	m
24	Puntos de iluminación	u
19	Punto de tomacorrientes	u
13	Luminaria LED tipo campana industrial de 150W alta potencia	u
4	Luminaria LED empotrable 30W sylvania	u
6	Lámpara fluorescente de 2x32W osram	u
4	Boquilla plafón con foco	u
25	Cable concéntrico 2x14AWG	m
35	Cable desnudo 2/0 AWG	m
3	Interruptor doble con placa	u
8	Interruptor simple con placa	u
75	Cable UTP cat 6A	m
10	Jacks categoría 6A	u
1	Sistema de puesta a tierra incluye: electrodo de puesta a tierra, gel de mejoramiento, barras de tierra, cable de cobre desnudo 2/0	u

Figura 27: Lista de rubros

Para iniciar el análisis de precios unitarios, se establecen algunas constantes que serán aplicadas a todos los rubros. Estas constantes incluyen el valor de utilidad o costos indirectos, que generalmente oscila entre el 18% y el 25%, el coeficiente de rendimiento de materiales (que se considera como 1), el coeficiente de equipo utilizado en la instalación o montaje de cada rubro

(también considerado como 1), y el coeficiente de mano de obra (igualmente considerado como 1).

Existen diversas herramientas y plataformas disponibles para generar el análisis de precios unitarios y, de esta manera, obtener un presupuesto global para el proyecto. Una de las plataformas más utilizadas y solicitadas tanto por empresas públicas como privadas es Interpro. Esta plataforma permite la generación de presupuestos, cronogramas, especificaciones y la organización del equipo técnico, entre otras funciones esenciales.

En el ejemplo que se presenta en este estudio, se analizarán dos rubros específicos y se llevarán a cabo dos análisis de precios unitarios. Iniciaremos con el análisis del rubro denominado "centro de carga bifásico de 16 espacios". Este centro de carga es de fabricación local y su instalación requiere la participación de tres personas: un ayudante de electricista, un técnico electricista y un maestro electricista. El rubro también incluye el montaje e instalación del centro de carga, asegurando que quede empotrado. Además, se deben tener en cuenta recursos como agua, arena y cemento. El rubro también contempla los breakers de distribución necesarios para los diferentes circuitos. Con todas estas consideraciones, se procede a elaborar el rubro con los detalles necesarios, apreciar la Figura en la Figura 28.

PROYECTO ELÉCTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TALLER RECTIFICADOR DE MOTORES					
CUENCA - ECUADOR					
RUBRO:				Rubro N°:	
Centro de carga bifásico de 16 espacios				Unidad:	u
Detalle:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
HERRAMIENTA MENOR	1,0000	0,2800	0,2800	0,3500	0,1000
				<b>SUB - TOTAL (M)</b>	<b>0,1000</b>
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL / HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estr.Oc. E2 / Peón de electricista	2,0000	3,6200	7,2400	0,3500	2,5300
Est. Oc. D2 / Electricista	3,0000	3,6600	10,9800	0,3500	3,8400
Est. Oc. C1 / Maestro eléctrico / linero / subestación	0,1000	4,0600	0,4060	0,3500	0,1400
				<b>SUB - TOTAL (N)</b>	<b>6,5100</b>
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Agua		m3	0,0000	0,2400	0,0000
Arena		m3	0,0000	12,2300	0,0000
Cemento		Kg	1,2400	0,1400	0,1700
Taipe (cinta aislante)		u	0,0800	0,4700	0,0400
Breaker 1 polo 15-50 amp		u	16,0000	4,7100	94,2000
Centro de carga bifásico de 16 espacios		u	1,0000	150,4600	150,4600
				<b>SUB - TOTAL (O)</b>	<b>244,8700</b>
TRANSPORTE					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
				<b>SUB - TOTAL (P)</b>	<b>0,0000</b>
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					251,4800
INDIRECTOS					18 %
UTILIDAD %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					296,7500
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>296,7500</b>
<b>ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA</b>					

Figura 28: Rubro con detalles necesarios

Teniendo en cuenta todas las consideraciones previamente mencionadas

y utilizando un valor de costos indirectos del 18 %, se calcula el precio total real a pagar por ese rubro específico. Además, a partir de esta tabla, se puede generar una lista detallada de materiales necesarios, identificar el personal requerido, determinar las herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo el montaje, la instalación y las pruebas relacionadas con el rubro en cuestión.

A continuación, se analizará la elaboración de un análisis de precio unitario para la construcción de un punto de iluminación convencional. En este proceso intervienen diversos materiales, incluyendo tuberías, cables, cinta aislante, accesorios de interconexión y montaje, así como personal, herramientas y materiales específicos. Es importante señalar que este rubro no contempla la movilización de materiales desde otros lugares.

El propósito de este análisis es determinar el costo exclusivo del punto de iluminación, excluyendo la luminaria en sí. Este enfoque facilita la obtención de una lista de materiales detallada y permite identificar el personal necesario para llevar a cabo la instalación del punto de iluminación. La cuantificación de materiales se vuelve un proceso rápido y sencillo utilizando este método de cálculo. Además, es importante destacar que la aplicación Interpro proporciona todas las herramientas necesarias para llevar a cabo este análisis de manera eficiente.

A continuación, en la Figura 29 presentan los detalles necesarios para la elaboración de este rubro.

PROYECTO ELÉCTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TALLER RECTIFICADOR DE MOTORES					
CUENCA - ECUADOR					
<b>RUBRO:</b>				<b>Rubro N°:</b>	
Punto de iluminación normal				<b>Unidad:</b>	pto
Detalle:					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
HERRAMIENTA MENOR	1,0000	0,2800	0,2800	0,4000	0,1100
				<b>SUB - TOTAL (M)</b>	<b>0,1100</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL / HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Estr.Oc. E2 / Peón de electricista	1,0000	3,6200	3,6200	0,4000	1,4500
Est. Oc. D2 / Electricista	1,0000	3,6600	3,6600	0,4000	1,4600
Est. Oc. C1 / Maestro eléctrico / linero / subestación	1,0000	4,0600	4,0600	0,4000	1,6200
				<b>SUB - TOTAL (N)</b>	<b>4,5300</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Conector emt 1/2"	u	2,0000	0,2800	0,5600	
TUBERIA CONDUIT EMT 1/2"	m	4,0000	1,0200	4,0800	
UNION EMT 1/2 "	u	1,0000	0,2400	0,2400	
Cable THHN 12 AWG	m	13,0000	0,8500	11,0500	
Caja cuadrada 10X10	u	0,3000	1,3100	0,3900	
Caja rectangular.	u	1,0000	0,2800	0,2800	
caja octogonal	u	1,0000	0,3600	0,3600	
MATERIAL MENUDO	GLB	0,1000	9,3900	0,9400	
Capuchón	u	3,0000	0,3800	1,1400	
				<b>SUB - TOTAL (O)</b>	<b>19,0400</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
				<b>SUB - TOTAL (P)</b>	<b>0,0000</b>
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					23,6800
INDIRECTOS					18 %
UTILIDAD %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					27,9400
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>27,9400</b>
<b>ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA</b>					

Figura 29: Rubro con detalles necesarios

Teniendo en cuenta todo lo descrito previamente y trabajando en la pla-

taforma de interpro, es posible generar de manera sencilla y precisa todos los rubros necesarios para realizar una cuantificación detallada de materiales, recursos humanos, herramientas y elaborar un presupuesto de obra exacto.



## 6. Conclusiones

El estudio realizado revela que en Ecuador existe una clara necesidad de mejorar los estándares y la eficiencia en la construcción de sistemas eléctricos en pequeñas y medianas empresas. Actualmente, muchas de estas construcciones carecen de criterio, profesionalismo y adhesión a normativas adecuadas. Esto conduce a una serie de problemas, incluyendo pérdidas de energía, falta de confiabilidad en los sistemas y riesgos para la seguridad de las personas. Se destaca la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de un enfoque estructurado en la planificación de sistemas eléctricos en estas empresas.

El presente documento propone la elaboración de un manual de procedimientos constructivos basado en la normativa actual, tanto nacional como internacional, para la construcción de sistemas eléctricos en pequeñas y medianas empresas. Esta propuesta es crucial para mejorar la calidad y la eficiencia de las instalaciones eléctricas en Ecuador. La aplicación de normativas adecuadas garantizará la seguridad, continuidad, ahorro y eficiencia de los sistemas eléctricos, alineándolos con las tendencias internacionales en eficiencia energética y calidad.

El documento destaca la importancia de aprender de las experiencias de técnicos y profesionales en el sector eléctrico. Estas experiencias proporcionan información valiosa sobre los problemas y desafíos que enfrentan las pequeñas y medianas empresas en Ecuador en lo que respecta a la construcción de sistemas eléctricos. Las lecciones aprendidas de estas experiencias pueden ayudar a informar las recomendaciones y directrices propuestas en el manual de procedimientos constructivos.

El documento pone un énfasis significativo en la importancia de la planificación y la evaluación adecuada de las obras en el sector eléctrico. La falta de una planificación estructurada y la evaluación rigurosa pueden dar lugar a errores costosos y a la ineficiencia de los sistemas eléctricos. El manual propuesto ofrecerá pautas detalladas para el dimensionamiento y diseño de sistemas eléctricos, lo que contribuirá a una mejor planificación y ejecución de obras en el sector.

Como trabajo futuro, se propone la implementación y validación del manual. Una vez desarrollado el manual de procedimientos constructivos, se

debe proceder a su implementación en proyectos piloto en pequeñas y medianas empresas. Se pueden evaluar los resultados obtenidos en términos de eficiencia energética, seguridad y confiabilidad para validar la efectividad del manual. Además, con el objetivo de mantener actualizado el manual, se pueden llevar a cabo investigaciones sobre tecnologías emergentes en el sector eléctrico, como sistemas de gestión energética avanzados y soluciones de automatización. Esto permitirá integrar nuevas prácticas y herramientas en las futuras ediciones del manual. Por último, se puede realizar un estudio detallado sobre el impacto económico de la implementación del manual en las pequeñas y medianas empresas. Esto incluiría el análisis de los ahorros energéticos, la reducción de costos y el aumento de la competitividad.

## Referencias

- [1] J. Merino, P. Mendoza-Araya, and C. Veganzones, “State of the art and future trends in grid codes applicable to isolated electrical systems,” *Energies*, vol. 7, no. 12, pp. 7936–7954, 2014.
- [2] A. Martínez, A. G. Garnica, and J. Carrillo, “Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores empresariales,” no. August, p. 217, 2020. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Garnica-2/publication/344125475\\_Los\\_retos\\_de\\_las\\_Pymes\\_en\\_el\\_contexto\\_de\\_la\\_industria\\_40\\_una\\_revisi#links/5f53798b458515e96d2f0a57/Los-retos-de-las-Pymes-en-el-contexto-de-la-industria-40-una-revisi](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Garnica-2/publication/344125475_Los_retos_de_las_Pymes_en_el_contexto_de_la_industria_40_una_revisi#links/5f53798b458515e96d2f0a57/Los-retos-de-las-Pymes-en-el-contexto-de-la-industria-40-una-revisi)
- [3] NEC, “Norma Ecuatoriana de Contrucción Instalaciones eléctricas,” 2018. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>
- [4] NFPA70, *National Electrical Code (NEC)*, 2022. [Online]. Available: <https://www.tooltexas.org/wp-content/uploads/2018/08/2017-NEC-Code-2.pdf>
- [5] CPE INEN 019, “Código eléctrico ecuatoriano,” *Código Eléctrico Nacional*, vol. 019, p. 63, 2001. [Online]. Available: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.19.7.2001.pdf>
- [6] IEC 60617, “Graphical Symbols for Diagrams,” *Iec*, pp. 61–65, 2002. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/doc/237782633/Simbologia-Iec-60617-Completa#>
- [7] IEEE141, *IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, 1993, vol. 2, no. 2. [Online]. Available: <https://sci-hub.se/10.1109/IEEESTD.1994.121642>
- [8] NTE INEN 2345, “Alambres y cables con aislamiento termoplástico. Requisitos,” 2015. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/fisica/nte-inen-2345-1-nte/11258657>

- [9] CENACE, “Revista Técnica .energía ,” *Energía*, 2023. [Online]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace>
- [10] RTE, “Revista Tecnológica ESPOL (RTE),” *RTE*, 2023. [Online]. Available: <http://rte.espol.edu.ec/>
- [11] Cigre, “Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas,” 2023. [Online]. Available: <https://www.cigre.org/>
- [12] L. V. Clementi, “Cooperativismo en la transición energética Experiencias pioneras y nuevos proyectos eólicos en el territorio bonaerense,” pp. 38–57, 2020. [Online]. Available: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/117476/CONICET\\_Digital\\_Nro.b22de1bc-518f-46ab-a694-82ca3f6a2a69\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/117476/CONICET_Digital_Nro.b22de1bc-518f-46ab-a694-82ca3f6a2a69_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [13] E. Pincolini, “Recomendaciones para el ahorro de Energia en Motores Eléctricos,” 2018. [Online]. Available: [www.cietconsultora.com.ar](http://www.cietconsultora.com.ar)
- [14] J. Fernandez Gomez, “Eficiencia Energética en el Sector Industrial,” *Instituto Vasco de Competitividad*, 2021. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orquestra/210005-Eficiencia-Energética-Sector-Industrial-INFORME-COMPLETO-.pdf>
- [15] F. Ruiz-Tipan, C. Barrera-Singana, and A. Valenzuela, “Reactive power compensation using power flow sensitivity analysis and QV curves,” *2020 Ieee Andescon, Andescon 2020*, 2020.
- [16] F. Ruiz-Tipán and A. Valenzuela, “Despacho económico en centrales de generación térmicas considerando restricciones económicas y ambientales para la operación en isla de una red eléctrica industrial,” *Brazilian Applied Science Review*, pp. 851–871, 2022.
- [17] —, “Literary review of economic environmental dispatch considering bibliometric analysis,” *Iteckne*, 2021.

- [18] F. Ruiz-Tipan and C. Barrera, “Determinación de la compensación reactiva en paralelo en sistemas de transmisión usando resultados de sensibilidad y curvas QV,” 2020. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18798>
- [19] Electricasas, “Símbolos Gráficos de Conexiones de Puestas a Tierra,” 2023. [Online]. Available: <https://www.electricasas.com/simbolos-graficos-de-conexiones-de-pats-y-masas-equipotenciales/>
- [20] Cedesa, “Resistencia de tierra,” 2023. [Online]. Available: [https://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke-1630\\_1620\\_serie\\_folleto.pdf](https://www.cedesa.com.mx/pdf/fluke/fluke-1630_1620_serie_folleto.pdf)
- [21] P. Estado, L. Ivan, R. Flores, and M. Fernández, “El abc de puestas a tierra de fuentes de generación en refinerías de México,” pp. 119–131, 2014.
- [22] Sonel, “Mediciones de resistencia de puesta a tierra,” 2023. [Online]. Available: <https://www.sonel.pl/es/centro-de-conocimiento/articulos/telurometros/mediciones-de-resistencia-de-puesta-tierra-el-medidor-correctamente-seleccionado-garantiza-n>
- [23] Scribd, “Simbología de canalización eléctrica,” 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/191382930/Canalizacion-y-Simbologia>
- [24] M. Jarro, “Canalizaciones eléctricas Conocer los diferentes tipos de canalizaciones eléctricas para instalaciones domiciliarias e industriales,” 2019.
- [25] Eco, “Simbología de diseño de fuerza,” 2023. [Online]. Available: <http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/simbologia/SIMBOLOGIA-Planos.htm>