



**Diseño de red eléctrica industrial de  
baja tensión para la empresa  
SOLUCIONES METALMECÁNICAS E  
INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S.**

**Giovanny Andrés Sánchez Camargo**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Cartagena de Indias, Colombia

2020

# **Diseño de red eléctrica industrial de baja tensión para la empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S.**

**Giovanny Andrés Sánchez Camargo**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):

M.Sc. Oscar Pablo Porto Solano

Línea de investigación:

Redes eléctricas

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena de Indias, Colombia

2020

*(Dedicatoria o lema)*

*Las circunstancias en las que uno nace, no tienen importancia, es lo que hacemos con el don de la vida lo que nos dice quiénes somos.*

*Luis Leonardo Suárez*

## **Agradecimientos**

Abel Enrique Velasco Ramos, ingeniero industrial, representante de la empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S. por brindarme la oportunidad de desarrollar el proyecto en la empresa.

Bernardo Vargas, ingeniero electricista, ingeniero en PTI industrias, por la asesoría que me ofreció para los criterios de diseño y manejo del software de simulación.

## Resumen

La empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERÍA DEL CARIBE S.A.S. dispone de un taller en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia, el cual cuenta con diferentes equipos electromecánicos y eléctricos como tornos, fresadoras, cepillos, equipos de soldar, entre otros; sin embargo han presentado atrasos en sus trabajos, debido a las fallas eléctricas constantes que suelen sacar de servicio a toda la red eléctrica que alimenta el taller , cabe destacar que dicha red no cumple con los requerimientos mínimos de la normativa Colombiana vigente, pues se evidenciaron empalmes de cables de diferentes calibres para una misma carga , protecciones de sobre corriente mal dimensionadas, sobrecargas en varios ramales de distribución, tomacorrientes sin la protección mínima e interruptores anclados directamente a la pared .

Para dar solución al problema descrito, en este proyecto se desarrolló una propuesta de una red eléctrica que cumpla con la normativa colombiana vigente, que principalmente comprende en sus requerimientos con el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y la NTC 2050 (Norma Técnica Colombiana), además incluye los diagramas de distribución de la red y el unifilar de cargas.

Para verificar los cálculos del diseño, se realizaron simulaciones de funcionamiento y fallas de corto circuito según la norma vigente IEC 60909 en un software de uso industrial, para demostrar la fiabilidad en cuanto a los aspectos de seguridad y operación.

**Palabras clave:** fallas eléctricas, diseño, red eléctrica, normativa, simulación.

## **Abstract**

The company SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERIA DEL CARIBE S.A.S. Has a workshop in the city of Cartagena, which has different machines such as lathes, milling machines, brushes, welding equipment, among others; However, they have presented delays in their work, due to the constant electrical failures that usually take out of service the entire electrical network that feeds the workshop, it should be noted that said network does not meet the minimum requirements of Colombian regulations, since joints are evident of cables of different gauges for the same load, poorly sized overcurrent protections, overloads in various distribution branches, outlets without the minimum protection and switches anchored directly to the wall.

This project aims to provide a solution to the company, designing an electrical network that complies with Colombian regulations, which will mainly include RETIE (Technical Regulation of Electrical Installations) and NTC 2050 (Colombian Technical Standard), in addition to including the network distribution diagrams and single line loads.

To provide greater design reliability, simulations of operation and short-circuit failures will be carried out in industrial software, to demonstrate reliability in terms of safety and operation.

**Keywords: Electrical Failures, Design, Electrical Network, Regulations, Simulation**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>5</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>9</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>10</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>12</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Marco teórico</b> .....	<b>4</b>
1.1 Definiciones.....	4
1.2 Análisis de circuitos eléctricos.....	6
1.2.1 Circuitos monofásicos y trifásicos .....	6
1.2.2 Potencia eléctrica en corriente alterna .....	7
1.3 Sistema de iluminación .....	9
1.4 Sistemas de puesta a tierra.....	10
1.5 Fallas de cortocircuito .....	11
1.6 Sistema eléctrico en software ETAP .....	12
1.7 Proyectos de referencia.....	13
<b>2. Riesgos de origen eléctrico</b> .....	<b>16</b>
2.1 Generales .....	16
2.2 Específicos.....	19
2.2.1 Recomendaciones de seguridad frente al riesgo eléctrico .....	19
<b>3. Procedimientos y cálculos de valores de la red eléctrica</b> .....	<b>21</b>
3.1 Preliminares .....	21
3.2 Características de la carga.....	25
3.2.1 Tornos .....	26
3.2.2 Fresadoras .....	28
3.2.3 Cepilladoras industriales.....	31
3.2.4 Equipos de Soldadura.....	32
3.2.5 Equipos de Aire acondicionado.....	33
3.2.6 Luminarias .....	35
3.2.7 Tomacorrientes.....	35
3.2.8 Cuadro de mínimo de cargas.....	36
3.3 Procedimientos para obtener valores nominales .....	37

3.3.1	Cálculo de luminarias.....	37
3.3.2	Cálculo del calibre de los conductores.....	41
3.3.3	Cálculo del valor nominal de las protecciones contra sobrecorriente .....	43
3.4	Cuadro de Carga.....	46
3.5	Selección del Transformador.....	47
<b>4.</b>	<b>Puesta a tierra y regulaciones .....</b>	<b>51</b>
4.1	Malla de puesta a tierra.....	51
4.2	Regulaciones .....	56
4.2.1	Regulación en BT .....	56
4.2.2	Regulaciones en transformador y acometida .....	57
4.2.3	Corrientes de cortocircuito referidas a la red.....	58
<b>5.</b>	<b>Diseño de planos y simulación de red eléctrica.....</b>	<b>61</b>
5.1	Diseño de planos.....	61
5.1.1	Plano PL-0001.....	61
5.1.2	Plano PL-0002.....	61
5.1.3	Plano PL-0003.....	61
5.1.4	Plano PL-0004.....	62
5.1.5	Plano PL-0004.....	62
5.2	Resultados de simulación.....	62
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>71</b>
6.1	Conclusiones.....	71
6.2	Recomendaciones.....	71
<b>Anexo A.</b>	Hoja de datos de motor WEG para los tornos .....	72
<b>Anexo B.</b>	Hoja de datos de motor WEG 1º para las fresadoras .....	73
<b>Anexo C.</b>	Hoja de datos de motor WEG 2º y 3º para las fresadoras .....	74
<b>Anexo D.</b>	Hoja de datos de motor WEG para los Cepilladores. ....	75
<b>Anexo E.</b>	Hoja de datos del equipo de soldadura Millermatic 350P .....	76
<b>Anexo F.</b>	Características de A/A 9000 BTU 220V ON-OFF .....	77
<b>Anexo G.</b>	Características de A/A 18000 BTU 220V INVERTER .....	78
<b>Anexo H.</b>	Características de luminaria del taller.....	79
<b>Anexo I.</b>	Características de la luminaria de oficina 1 .....	80
<b>Anexo J.</b>	Características de la luminaria de oficina 2.....	81
<b>Anexo K.</b>	Características de la luminaria del baño.....	82
<b>Anexo L.</b>	Sección de valores nominales del transformador de 112.5 kVA según fabricante ABB.....	83
<b>Anexo M.</b>	Proyecto instalado por ELECTRICARIBE en condiciones similares.....	84

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.1:</b> Triángulo de potencias.....	8
<b>Figura 1-2:</b> Conceptos básicos de luminotecnia.....	10
<b>Figura 1-3:</b> Fallas de cortocircuito más comunes según la IEC-60909.....	12
<b>Figura 1-4:</b> Algunos símbolos basados en la norma IEC-60617.....	13
<b>Figura 2-1:</b> Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.....	17
<b>Figura 2-2:</b> Condiciones inseguras de riesgo eléctrico en el taller.....	20
<b>Figura 3-1:</b> Interruptor principal de acometida.....	24
<b>Figura 3-2:</b> Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos IDEAM (Cartagena de Indias).....	26
<b>Figura 3-3.</b> Torno instalado en el taller.....	28
<b>Figura 3-4.</b> Cepillador similar al instalado en el taller.....	33
<b>Figura 3.5:</b> Diagrama de bloques del procedimiento.....	39
<b>Figura 5-1.</b> Corrientes nominales de simulación.....	64
<b>Figura 5-2 :</b> Falla de corto circuito en 3 fases.....	65
<b>Figura 5-3:</b> Falla de cortocircuito en 2 fases y tierra.....	66
<b>Figura 5-4:</b> Falla a tierra de 1 fase y tierra.....	68
<b>Figura 5-5:</b> Falla de cortocircuito entre 2 fases.....	69

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Características de proyecto similar 1°.....	14
<b>Tabla 1-2:</b> Características de proyecto similar 2°.....	14
<b>Tabla 1-3:</b> Características de proyecto similar 3°.....	15
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación de zonas tiempo/corriente.....	18
<b>Tabla 2-2:</b> Factores de riesgo eléctrico más comunes.....	19
<b>Tabla 3-1:</b> Valores nominales de motor WEG de los tornos.....	29
<b>Tabla 3-2:</b> Valores nominales del motor WEG °1 de las fresadoras.....	30
<b>Tabla 3-3:</b> Valores nominales de motores WEG 2° y 3 ° de las fresadoras.....	31
<b>Tabla 3-4:</b> Valores calculados de las fresadoras.....	32
<b>Tabla 3.5:</b> Valores de motor WEG para Cepilladores.....	33
<b>Tabla 3-6:</b> Valores nominales de los equipos de soldadura.....	34
<b>Tabla 3-7:</b> Carga térmica según los factores climáticos.....	35
<b>Tabla 3-8:</b> Carga térmica.....	36
<b>Tabla 3-9:</b> Capacidades más comerciales de aires acondicionados LG en BTUSh.....	36
<b>Tabla 3-10:</b> Características de luminarias proyectadas.....	37
<b>Tabla 3-11:</b> Factores de demanda para los alimentadores.....	38
<b>Tabla 3-12:</b> Cuadro mínimo de cargas.....	38
<b>Tabla 3-13:</b> Valores de reflectancia en el edificio.....	40
<b>Tabla 3-14:</b> Factor de utilización (CU).....	40
<b>Tabla 3-15:</b> Resultado de cálculo de luminarias.....	42
<b>Tabla 3-16:</b> Calibres mínimos de conductores para la red eléctrica diseñada.....	44
<b>Tabla 3-17:</b> Valores nominales de protecciones de cada circuito.....	46
<b>Tabla 3-18:</b> Cuadro de carga.....	47
<b>Tabla 3-19:</b> Fusibles usados en transformadores.....	51
<b>Tabla 3-20:</b> Valores nominales del transformador proyectado.....	52

---

<b>Tabla 4-1:</b> Valores de resistividad según el tipo de terreno.....	53
<b>Tabla 4-2:</b> Tabla de referencia de resistencia de puesta a tierra.....	54
<b>Tabla 4-3:</b> Conductor del electrodo de puesta a tierra.....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Caída de tensión según los valores de reactancia y resistencia de los conductores.....	58
<b>Tabla 4-5:</b> valores de corrientes de cortocircuito referidas a la red.....	61
<b>Tabla 5-1:</b> Tabla de comparación de valores.....	70

## Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolo	Término	Unidad SI
A	amperio	intensidad de corriente eléctrica
°C	grado Celsius	temperatura termodinámica
C	culombio	carga eléctrica
cd	candela	intensidad luminosa
F	faradio	capacidad eléctrica
H	henrio	inductancia
Hz	hercio	frecuencia
J	julio	energía,
K	kelvin	temperatura termodinámica
kg	kilogramo	masa
lm	lúmenes	flujo luminoso
lx	lux	iluminancia
m	metro	longitud
m/s	metro por segundo	velocidad
m/s <sup>2</sup>	metro por segundo al cuadrado	aceleración
m <sup>2</sup>	metro cuadrado	área
m <sup>3</sup>	metro cúbico	volumen

---

N	newton	fuerza
Pa	pascal	presión
r/min	revoluciones por minuto	frecuencia de rotación
s	segundo	(cronológico) tiempo
S	siemens	conductancia eléctrica
V	voltio	potencial eléctrico o tensión eléctrica
W	vatio	potencia eléctrica
Wb	wéber	flujo magnético
$\Omega$	ohmio	resistencia eléctrica



# Introducción

El 7 de abril de 2004 el Ministerio de Minas y Energía de Colombia emite por primera vez el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), el cual busca garantizar que la instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica cumplan con sus objetivos particulares de manera segura, enfocados en la protección de la vida humana, animal y vegetal.

El reglamento debe ser aplicado en toda nueva instalación o ampliación en cualquiera de los diferentes procesos donde interviene la energía eléctrica, por tal motivo , los diseñadores de redes eléctricas en Colombia, deben basar sus criterios en los requerimientos mencionados en dicho reglamento, sin embargo , el RETIE no contempla de manera precisa todos los requerimientos necesarios para el diseño de una red eléctrica; para eso existe una normatividad más antigua y no menos importante la cual describe los detalles de los valores nominales de uso en los diferentes componentes de la instalación, esta norma es la NTC -2050 (Norma Técnica Colombiana 2050) la cual fue creada en 1998 por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) con el fin proteger a las personas expuestas a la energía eléctrica dictando las normas que se deben seguir para realizar una correcta instalación. Es válido mencionar que dichos reglamentos están basados en normatividad internacional y en algunos de sus requerimientos sugieren remitirse directamente a ellos.

Esta normativa es mencionada en el actual proyecto pues consiste en eje central de los requerimientos de diseño de una red eléctrica de uso industrial para la empresa SOLUCIONES METALMECÁNICAS E INGENIERIA DEL CARIBE S.A.S. (SOMEICA S.A.S.) la cual basa su negocio en el mecanizado, pulido y soldado de piezas para brindar soluciones a la industria.

La red eléctrica actual del taller de mecanizado representa un riesgo para las personas , debido a las fallas eléctricas constantes que suelen sacar de servicio a toda la red eléctrica que alimenta el edificio , cabe destacar que dicha red no cumple con los requerimientos mínimos de la normativa , pues se evidencian empalmes de cables de diferentes calibres para una misma carga lo cual produce calentamiento y posible derretimiento de los aislantes, además de protecciones de sobrecorriente mal dimensionadas que afectan de manera económica al negocio, pues sus activos no están debidamente protegidos, sobrecargas en varios ramales de distribución, tomacorrientes sin la protección mínima e interruptores anclados directamente a la pared que representan un peligro con mucho riesgo de contacto para las personas.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar una red eléctrica industrial basada en la normativa Colombiana que brinde una solución a los actuales problemas del taller, esta red será de baja tensión (220V // 127V) y abarcará el suministro de energía eléctrica desde el transformador hasta los equipos consumidores finales, incluyendo luminarias y tomacorrientes, se hará mención de los parámetros nominales de la red eléctrica local la cual suministra 13.2 kV en corriente alterna trifásica a un transformador con aislamiento de aceite de una capacidad de 112.5 kVA nominales de suministro hacia la red del edificio.

Dentro del alcance del proyecto se especificaron los calibres y tipos de conductores para cada uno de los equipos, cálculos de valores nominales de protecciones sobrecorriente y corto circuito, longitudes máximas de conductores, tipo de tubería ( conduit ) a utilizar, las caídas de tensión en las longitudes máximas de conductores, los cálculos del sistema de puesta a tierra , el cuadro de cargas general, cálculos de luminarias, cálculos de capacidad de aire acondicionado con método de distribuidores, además se realizaron planos donde se muestran las ubicaciones de los tomacorrientes, luminarias , tableros y el recorrido estimado de los conductores en tubería, el plano unifilar general de la red ; también se realizó una simulación de operación y fallas comunes de corto circuito con un software llamado ETAP que es de uso industrial para agregarle confiabilidad al diseño.

El diseño será entregado a la gerencia de SOMEICA S.A.S. para su estudio de factibilidad y asignación de presupuesto, tampoco se realizará un cálculo detallado del transformador y acometida pues los valores aquí dados se obtendrán de los estándares de la normativa.

El presente documento está dividido en 5 partes principales : la primera contempla las definiciones de conceptos científicos y teoremas principales , en la segunda parte se determinarán los riesgos de origen eléctrico que se pueden dar en el taller y que recomendaciones se deben tener para mitigarlos, este punto es exigido por el RETIE para el diseño de toda instalación eléctrica<sup>1</sup> , en la tercera parte se muestran los diferentes procedimientos , cálculos y exigencias de la normativa para hallar los valores nominales de los componentes de la red eléctrica, en la cuarta parte se muestran los cálculos del sistema de puesta a tierra y las regulaciones de la red según el cuadro de carga y por último en el capítulo 5 se hace referencia a los planos diseñados y a los resultados obtenidos en la simulación de operación con fallas de cortocircuito basadas en la norma IEC 60909.

---

<sup>1</sup> Ver en el RETIE: Artículo 10° 10.1 Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas.

# 1. Marco teórico

La NTC-2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) son la base fundamental del presente proyecto y las normas nacionales e internacionales remitidas, diferentes a estas, son las permitidas en dicha reglamentación, por lo tanto, los criterios de diseño de la red eléctrica están referenciados dentro del marco de la legislación colombiana. Para dar claridad y concordancia en el análisis de este proyecto se da a conocer las siguientes definiciones de conceptos asociados a las ciencias del uso de la energía eléctrica<sup>2</sup>.

## 1.1 Definiciones

Los conceptos acá nombrados son algunos de los principales indicados en el presente proyecto, sus definiciones están basadas en la Sección 100 de la NTC 2050 y el Artículo °9 del RETIE los cuales dictaminan las definiciones que se deben tener en cuenta para comprender con mayor facilidad el desarrollo del proyecto. El siguiente es un listado de conceptos básicos del documento:

Acometida	Iluminaria	Red equipotencial
Aislador	Inductancia	Resistencia eléctrica
Aislamiento eléctrico	Inducción	Resistencia del terreno
Alambre	Iluminancia	Servicio público
Arco eléctrico	Impedancia	Sistema de puesta a tierra
Alimentador	Instalación eléctrica	Sobrecarga
Barraje	Interruptor automático	Sobrecorriente

---

<sup>2</sup> Los conceptos y sus definiciones están basados en el Artículo 3° del RETIE y del Capítulo 1 sección 100 de la NTC-2050, si no encuentra un concepto, remitirse a los documentos.

---

Cable	Interruptor termomagnético	Sobretensión
Canalización	Línea eléctrica	Subestación
Capacidad de corriente	Línea de transmisión	Tablero eléctrico
Capacidad de interrupción	Línea viva	Tensión de contacto
Carga continua	Lugar húmedo	Tensión a tierra
Carga no lineal	Lugar seco	Tensión de paso
Circuito ramal	Línea eléctrica	Tensión nominal
Conductor	Maniobra	Tensión transferida
Conductor aislado	Mantenimiento	Tomacorriente
Conductor de puesta a tierra	Máquina	Totalizador
Conductor puesto a tierra	Medio de desconexión	Transformador eléctrico
Cortocircuito trifásico	Neutro	Umbral de percepción
Cortocircuito a tierra	Nominal	Umbral de reacción
Conduit	Norma técnica	Usuario final
Conexión equipotencial	Operador de red	Vano
Cuadro de carga	Panel de distribución	Vida útil
Electrodo de puesta a tierra	Plano eléctrico	
Equipo	Panel de distribución	
Equipo de soldadura	Protección eléctrica	
Empresa	Proceso de transformación	
Empalme eléctrico	Puesta a tierra	
Electrotecnia	Punto caliente	
Falla eléctrica	Punto neutro	
Factor de demanda	Red de distribución	
Fusible	Red de transmisión	

## 1.2 Análisis de circuitos eléctricos

En esta sección se mencionan las teorías y leyes físicas necesarias para el desarrollo del proyecto, basado en bibliografías científicas de diversos autores y fabricantes de la industria eléctrica.

### 1.2.1 Circuitos monofásicos y trifásicos

Dentro de las ciencias que estudian la energía eléctrica se identifican varias ecuaciones ligadas a teorías de sustento científico que proveen una herramienta para desarrollo y modelación de circuitos eléctricos, por lo tanto, para el diseño de la red eléctrica industrial se tienen en cuenta las teorías ligadas al comportamiento de circuitos monofásicos y trifásicos<sup>3</sup>, de las cuáles se destacan las siguientes:

Ley de Ohm referida a corriente alterna:

$$V = Z * I \tag{1.2.1-1}$$

Leyes de Kirchhoff:

$$\sum I = 0 \text{ en un nodo} \tag{1.2.1-2}$$

$$\sum V = 0 \text{ en una malla del circuito} \tag{1.2.1-3}$$

Donde,

$V$ : Tensión del circuito.

$Z$ : Impedancia del circuito.

$I$ : Corriente del circuito.

---

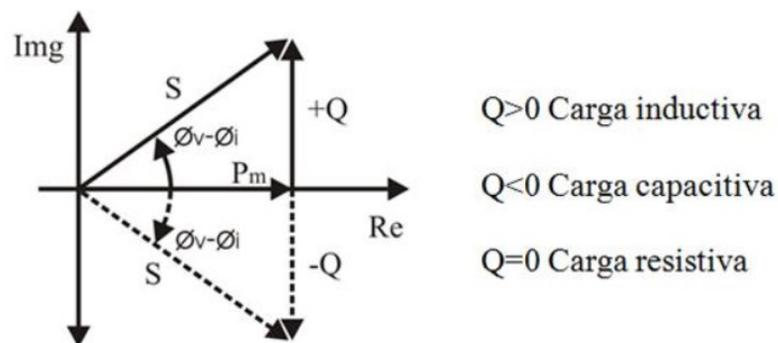
<sup>3</sup> Ver libro: Polo, J. R. R. (2000). Circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos. Fundamentos teóricos y ejercicios resueltos. Universitat de Lleida.

Además de teoremas referentes a la electrotecnia de redes trifásicas, como comportamientos de circuitos conectados en Y /  $\Delta$ , impedancias complejas y circuitos trifásicos simétricos y asimétricos.

## 1.2.2 Potencia eléctrica en corriente alterna

La potencia es el trabajo realizado por unidad de tiempo en un equipo, que para la energía eléctrica podemos aplicar la ecuación (1.2.2.1) , sin embargo, para corriente alterna la potencia se divide según el tipo de carga referenciada, pues existen tres tipos diferentes: cargas resistivas , cargas capacitivas y cargas inductivas, que crean potencias inmersas en el consumo general del equipo, donde el factor de potencia ( $\cos \varnothing$ ) juega un papel importante ,pues determina la amplitud de desfase entre las potencias<sup>4</sup> descritas en la Figura 1-1.

**Figura 1.1:** Triángulo de potencias



Fuente: Análisis de circuitos y sistemas lineales. Universitas Miguel Hernández [http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P\\_19/Tema\\_4/UMH\\_03.htm](http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P_19/Tema_4/UMH_03.htm)

La potencia aparente ( $S$ ) representa la potencia total del circuito, la potencia activa ( $P$ ) representa la potencia consumida por la carga y la potencia reactiva ( $Q$ ) representa la potencia inmersa en el circuito la cual, se deriva en consumos innecesarios de energía eléctrica. Las ecuaciones que describen los comportamientos de las variables en circuitos trifásicos descritos anteriormente son:

<sup>4</sup> Ver libro: Cruz, J. J. S. (1996). Fundamentos sobre ahorro de energía. Uady.

$$S = U * I \text{ (VA)} \quad (1.2.2-1)$$

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \text{ (VA)} \quad (1.2.2-2)$$

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi \text{ (W)} \quad (1.2.2-3)$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \text{Sen}\varphi \text{ (VAr)} \quad (1.2.2-4)$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (1.2.2-5)$$

$$\eta = \frac{P_u \text{ (W)}}{P_a \text{ (W)}} * 100 \quad (1.2.2-6)$$

Donde,

$U$ : Tensión del circuito (V)

$I$  : Corriente eléctrica del circuito (A)

$\cos\varphi$  : Factor de potencia

$S$  : Potencia activa total

$P$  : Potencia activa del circuito, equivale a  $P_u$  : potencia útil del motor

$Q$  : Potencia reactiva del circuito

$\eta$  : Rendimiento del motor eléctrico

$P_a$  : Potencia absorbida de la red eléctrica por el motor

### 1.3 Sistema de iluminación

La luz es una forma de energía que es aprovechada por el ser humano para su beneficio, por eso el espectro de radiación emitidos por las luminarias están dentro del rango sensible del ojo humano. La potencia emitida en forma de radiación por una fuente lumínica se llama flujo luminoso ( $\Phi$ ) y su unidad de medida es el lumen (lm), también se tiene la intensidad luminosa ( $I$ ) que es la cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos de la fuente en una dirección determinada por unidad del ángulo sólido o estéreo y su unidad es la candela (cd). La iluminancia ( $E$ ) es el flujo luminoso recibido por una superficie y su unidad es el lux<sup>5</sup> (lux).

Para determinar la cantidad de luz necesaria en un recinto, se deben establecer las necesidades de uso del sistema de iluminación, para así calcular el flujo luminoso requerido y cumplir con los estándares adoptados según la normativa local. Generalmente los sistemas de iluminación esta instalados en la parte superior de los recintos así que la altura de instalación y la altura del lugar de trabajo son conceptos que afectan la eficiencia del flujo luminoso, además del color de las superficies pues una superficie más clara provocará un mayor reflejo de la luz. Ver Figura 1-2.

**Figura 1-2:** Conceptos básicos de luminotecnia

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	RELACIONES
<b>FLUJO LUMINOSO</b>	$\Phi$	Lumen(lm)	$\Phi=I \cdot \omega$
<b>RENDIMIENTO LUMINOSO</b>	$\eta$	Lumen por vatio (lm/W)	$\eta= \Phi/w$
<b>INTENSIDAD LUMINOSA</b>	$I$	Candela (cd)	$I= \Phi/ \omega$
<b>ILUMINANCIA</b>	$E$	Lux (lx)	$E= \Phi/S$
<b>LUMINANCIA</b>	$L$	Candela por metro cuadrado (cd/m <sup>2</sup> )	$L=I/S_{APA}$

Fuente: LUMINOTECNIA: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida. Pág. 9

<sup>5</sup> Ver documento: Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (2011). LUMINOTECNIA: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida.

## 1.4 Sistemas de puesta a tierra

Los propósitos principales de un sistema de puesta a tierra en una subestación o red eléctrica son los de proporcionar los medios necesarios para disipar corrientes eléctricas a tierra sin exceder los límites de la red en operación incluyendo los equipos y el de asegurar que las personas no se expongan al peligro de la corriente eléctrica que se puede dar por una falla en el sistema. Para el diseño de un sistema de puesta a tierra se dicta el siguiente procedimiento señalado en el Artículo °15 del RETIE, el cual es la base del procedimiento desarrollado en el Capítulo 4 del presente proyecto:

- a. Investigar las características del suelo, especialmente la resistividad
- b. Determinar la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el operador de red en media y alta tensión para cada caso particular
- c. Determinar el tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de la simulación
- d. Investigar el tipo de carga
- e. Calcular de forma preliminar la resistencia de puesta a tierra
- f. Evaluar de forma preliminar las tensiones de paso y contacto transferidas con respecto a la soportabilidad del ser humano
- g. Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores, neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.
- h. Ajustar y corregir el diseño inicial hasta que se cumplan los requerimientos de seguridad
- i. Presentar un diseño definitivo

Principalmente se establece que las tensiones de paso y contacto calculadas debe ser menores que las toleradas por el cuerpo humano, estos límites están descritos en la norma IEEE standard 80, la misma norma que dicta las teorías y ecuaciones para el modelamiento de un sistema de puesta a tierra<sup>6</sup>.

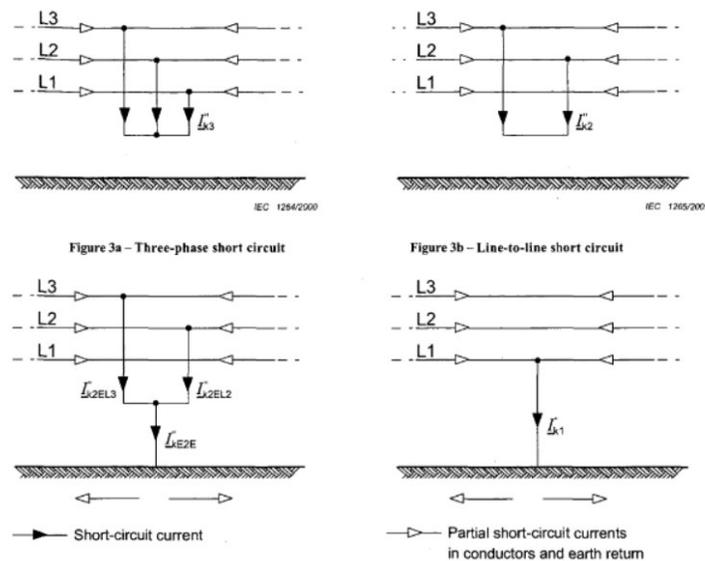
---

<sup>6</sup> Ver libro: Castaño, J. S. R., & Plata, E. A. C. (2010). Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. Universidad Nacional de Colombia.

## 1.5 Fallas de cortocircuito

Para el diseño de una red eléctrica se debe tener en cuenta las fallas de corto circuito de cada uno de los ramales, pues este valor será criterio para determinar el valor nominal de protección para elegir el aparato eléctrico encargado de cortar el suministro de energía eléctrica cuando ocurra la falla. Los tipos de fallas más comunes en redes eléctricas están descritos en la norma IEC 60909 la cual selecciona 4 diferentes: corto circuito trifásico, cortocircuito entre 2 líneas, cortocircuito entre 2 líneas con tierra y corto circuito entre una línea y tierra.

**Figura 1-3:** Fallas de cortocircuito más comunes según la IEC-60909



Fuente: Standard IEC 60609-0 Short circuit currents in the three-phase a.c. systems

La norma indica los cálculos para determinar cada una las corrientes señaladas, esto requiere de un estudio detallado del circuito , sin embargo la NTC 2050 facilita este procedimiento , estandarizando los cálculos según el tipo de carga y corriente nominal de la misma, dictando un procedimiento más sencillo , que para efectos del presente proyecto se calculan las corrientes de cortocircuito para motores eléctricos según lo establecido en la Sección 430 , Tabla 430-152 de la norma técnica , por otro lado los cálculos detallados de la norma internacional son generados por simulación en un software de uso industrial (ETAP) para ser comparados con los valores calculados. Ver Tabla 5-1.

## 1.6 Sistema eléctrico en software ETAP

La empresa estudiada ETAP POWERING SUCCESS diseñó un software para facilitar el modelamiento de circuitos eléctricos utilizados en sistemas de generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. En este software se puede modelar, diseñar, analizar, optimizar, monitorear, controlar y automatizar sistemas de energía eléctrica<sup>7</sup>. El software tiene la opción de cargar sus librerías en tres normas principales las cuales son las ANSI, NEC, IEC, que para efectos del presente proyecto se usará la configuración IEC considerando que la simbología usada y recomendada por el RETIE es la norma IEC-60617 que determina la simbología eléctrica a usar. Ver Figura 1-4.

**Figura 1-4:** Algunos símbolos basados en la norma IEC-60617

Caja de empalme	Corriente continua	Central eléctrica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
Descargador de sobretensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones - DPS	DPS tipo variador	Doble aislamiento	Empalme
Equipotencialidad	Estator para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general

Fuente: Artículo ° 6 Simbología y señalización del RETIE. Pág. 35.

<sup>7</sup> Ver sitio oficial en la red: <https://etap.com/>

## 1.7 Proyectos de referencia

En esta sección se mostrarán las características principales de proyectos similares al presentado en actual documento:

**Tabla 1-1:** Características de proyecto similar 1°

Nombre	Procedimiento de diseño de redes MT para proyectos en la ciudad de Bogotá DC: Adecuación al sistema de Transmilenio de la troncal AV.68
Ubicación	Bogotá DC, Colombia
Capacidad	Varía según la sección, hasta 1000 kVA
Servicio	Distribución de energía eléctrica a zona de transporte y alumbrado público
Protección en el totalizador	Varía según la sección, hasta 100 A
Características	Red de distribución de MB y BT para la adecuación de estaciones de Transmilenio y alumbrado público, con algunas facilidades para suministro de energía residencial
Objetivo general	Realizar una guía descriptiva de los entregables de la serie 1 de acuerdo al proceso establecido por CODENSA S.A. E.S.P., en el caso de estudio propuesto definido para Tramo I (entre la autopista sur hasta la calle 24 (Av. Esperanza)).

Este documento no hace mención de las conclusiones y resultados obtenidos del proyecto, sin embargo, los procesos desarrollados para determinar los valores según los procedimientos dictados por la reglamentación colombiana contribuyeron al desarrollo del diseño de la red eléctrica industrial del presente documento.

**Tabla 1-2:** Características de proyecto similar 2°

Nombre	Diseño de red eléctrica de distribución secundaria (baja tensión) para un sector de 250 viviendas corales-cuba.
Ubicación	Pereira, Colombia
Capacidad	Varía según la sección, hasta 100 kVA
Servicio	Distribución de energía eléctrica a zona de transporte y alumbrado público
Protección en el totalizador	Varía según la sección, hasta 300 A

Características	Red de distribución de MB y BT para una zona residencial de diferentes estratos.
Objetivo general	Diseñar una red eléctrica de distribución de baja tensión según los requerimientos que la empresa de energía de Pereira exige para la aprobación de un proyecto de red eléctrica de baja tensión
Conclusiones	Es necesario realizar los cálculos de manera adecuada para que el diseño sea seguro, confiable y económico. El cálculo y la coordinación de protecciones son importantes para preservar la vida de las personas, fiabilidad del sistema eléctrico y disminuir costos por reparaciones. Cualquier diseño de red ya sea de baja tensión, de media tensión o alta tensión debe estar sujeta a los reglamentos nacionales y normas municipales para cualquier diseño eléctrico.

Aunque se trate de un circuito residencial, proporciona conceptos y referencias al proyecto actual, pues la cantidad de carga de varias secciones son similares en capacidad.

**Tabla 1-3:** Características de proyecto similar 3°

Nombre	Cálculo y diseño de redes de media y baja tensión como proyecto de electrificación, para el progreso, desarrollo y comodidad de la vereda guaimaral en girón Santander.
Ubicación	Bucaramanga, Colombia
Capacidad	Varía según la sección, hasta 5 kVA
Servicio	Distribución de energía eléctrica a zona de transporte y alumbrado público
Protección en el totalizador	Varía según la sección, hasta 100 A
Características	Red de distribución eléctrica para suministrar energía eléctrica a la vereda guaimaral del municipio de girón Santander.
Objetivo general	Calcular y diseñar las redes de distribución en media y baja tensión en zonas topográficas irregulares en busca de prestar un servicio social a los habitantes de la vereda guaimaral.
Conclusiones	Para los diseños eléctricos se cuentan con diversas normas, en tal caso lo mejor es trabajar con una norma y no con varias a la vez, adicional a ello, es mejor trabajar con las normas de la empresa electrificadora. Se realizó el cálculo y diseño de las redes de media y baja tensión de la Vereda el Guaimaral, logrando con esto que la Universidad Industrial de Santander se vincule con los proyectos que benefician a la comunidad Santandereana.

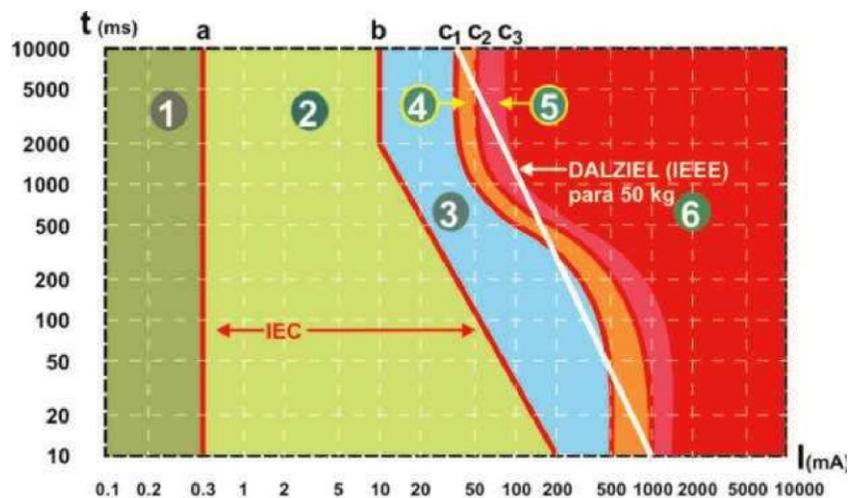
Una conclusión sobresaliente de este proyecto es la de tener en cuenta las normas establecidas por las empresas operadoras de red, pues en sus memorias de cálculo se pueden detallar con mayor facilidad los requeridos por la normativa.

## 2. Riesgos de origen eléctrico

### 2.1 Generales

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, principalmente en la distribución y uso final de la electricidad, por eso el Artículo °10 sección 10.1.1 Diseño detallado del RETIE menciona como requerimiento para todo diseño de red eléctrica en el país, que se deben anotar los riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos en la instalación, por eso se incluye esta sección en el presente documento.

**Figura 2-1:** Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz



Fuente: RETIE- Artículo °9 Análisis de riesgos de origen eléctrico. pág. 43.

El personal que intervenga en una instalación, en función de las características de la actividad, proceso o situación, debe aplicar las medidas necesarias para que no se potencialice un riesgo de origen eléctrico<sup>8</sup>. Para efectos del presente proyecto se tiene en cuenta los fundamentos de la electropatología, resumidas en las siguientes figuras tomadas de la NTC 4120, con referente IEC 60479-2, donde se detallan las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz. Ver Figura 2-1.

**Tabla 2-1:** Clasificación de zonas tiempo/corriente

ZONA 1	Habitualmente ninguna reacción
ZONA 2	Habitualmente ningún efecto fisiopatológico peligroso
ZONA 3	Habitualmente ningún riesgo de fibrilación
ZONA 4	Riesgo de fibrilación (hasta aproximadamente un 5%)
ZONA 5	Riesgo de fibrilación (hasta aproximadamente un 50%)
ZONA 6	Paro cardíaco, paro respiratorio y quemaduras severas
	Riesgo de fibrilación por encima de un 50%

Fuente: RETIE- Artículo °9 Análisis de riesgos de origen eléctrico. pág. 43.

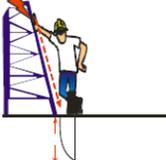
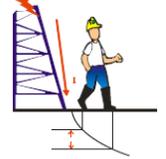
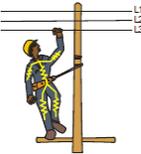
Estos efectos muestran la afectación a personas, sin embargo, las actividades con riesgo eléctrico también pueden tener efectos en las instalaciones y el medio ambiente, derivándose en gastos económicos muy altos, dependiendo de la magnitud del evento. Según el RETIE todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo, por lo tanto, se deben evaluar los controles y barreras que se tengan disponibles para evitar o mitigar el evento límite que ocasionen un accidente<sup>9</sup>. En la tabla 2-1 se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> Ver Artículo 9° Análisis de riesgos de origen eléctrico del RETIE. Figura 9.1

<sup>9</sup> Ver 9.3 Factores de riesgo eléctrico más comunes del RETIE

<sup>10</sup> Ver Tabla 9.5 Factores de riesgos eléctricos más comunes del RETIE

Tabla 2-2: Factores de riesgo eléctrico más comunes

	<p style="text-align: center;"><b>ARCOS ELÉCTRICOS.</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>EQUIPO DEFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>

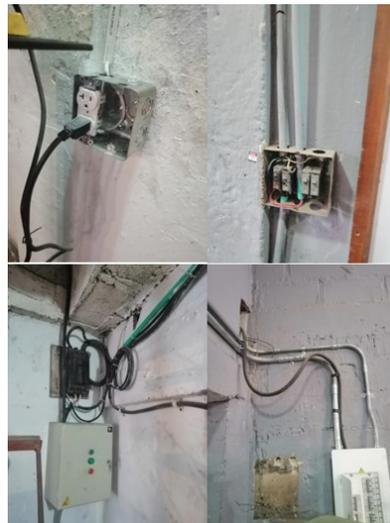
Fuente: RETIE- Artículo 9º Análisis de riesgos de origen eléctrico. pág. 46.

En circunstancias que se evidencie alto riesgo o peligro inminente para las personas, se debe interrumpir el funcionamiento de la instalación eléctrica, excepto en aeropuertos, áreas críticas de centros de atención médica o cuando la interrupción conlleva un riesgo mayor; caso en el cual se deben tomar otras medidas de seguridad, tendientes a minimizar el riesgo.

## 2.2 Específicos

En el edificio existen varios aspectos de condiciones inseguras asociadas al riesgo de origen eléctrico (Ver Figura 2-2), por eso y para efectos del cumplimiento de la norma se dictarán en este espacio las recomendaciones de seguridad a tener en cuenta antes, durante y después de la instalación de la red eléctrica.

**Figura 2-2:** Condiciones inseguras de riesgo eléctrico en el taller



Fuente: Imagen propia del taller.

### 2.2.1 Recomendaciones de seguridad frente al riesgo eléctrico

- No permita que personal no calificado o sin autorización tenga acceso a los tableros de potencia o instalaciones eléctricas.

- 
- Cualquier trabajo de reparación en las instalaciones eléctricas debe ser realizada por profesionales.
  - Las maniobras de conexión y desconexión en circuitos eléctricos deben efectuarse siguiendo procedimientos claros y precisos que eviten la ejecución de acciones incorrectas desatando un incidente u/o accidente.
  - Antes de instalar, modificar o realizar cualquier reparación, los equipos deben ser desconectados y su energía descargada o disipada.
  - Use todos los elementos de protección necesarios para realizar cualquier actividad de mantenimiento o reparación en equipos energizados.
  - Al utilizar extensiones o multitomas se debe tener en cuenta que dichos elementos constituyen parte integral del circuito al que se conectan; por lo tanto, deben tener especificaciones a dicho circuito.
  - En todo caso, desconecte la corriente antes efectuar cualquier intervención.
  - No altere ni modifique los dispositivos de seguridad, ni las partes para manipulación.
  - Evite en lo posible la utilización de multitomas, en especial las que no disponen de puesta a tierra, previniendo así la sobrecarga del circuito.
  - Antes de utilizar aparatos o máquinas eléctricas, infórmese sobre las precauciones que hay que adoptar para su empleo.
  - No se den retirar la puesta a tierra de los equipos e instalaciones ni recubrimientos o aislamiento de las partes energizadas.
  - en áreas donde puedan transitar o permanecer personas, las instalaciones eléctricas deben ser provistas de puesta a tierra cumplimiento con las especificaciones técnicas.
  - Alambres, cables, luminarias, interruptores y demás aparatos eléctricos deben cumplir con la normativa colombiana o en su defecto tener certificado de calidad.
  - Lo aparatos deben estar debidamente instalados, evitando puntos calientes o esfuerzos mecánicos inseguros, asegurando la confiabilidad operacional del equipo.
  - En cada intervención por mantenimiento o fallas se debe asegurar que los interruptores abiertos no sean accionados de manera imprevista, utilizando sistemas de bloqueo adecuados.

## **3. Procedimientos y cálculos de valores de la red eléctrica**

Esta sección trata de cada uno de los procedimientos usados en el proyecto para obtener los valores nominales de los componentes principales de la red eléctrica, incluyendo las características de la carga, calibre de conductores, valores nominales de protección, potencias activas y potencias aparentes de los motores, capacidad de los aires acondicionados, cálculo de luminarias y determinación del cuadro de cargas.

### **3.1 Preliminares**

En esta sección se mostrarán los aspectos básicos del proyecto, como características del terreno, criterios generales del diseño de la red eléctrica y estimación de datos de la carga instalada. La red eléctrica diseñada en el presente proyecto busca dar una solución alternativa a los problemas presentados en el taller de mecanizado de la empresa Soluciones Metalmecánicas e Ingeniería del Caribe S.A.S. El taller consta principalmente de 2 tornos, 2 fresadoras, 2 cepillos y un equipo de soldar, las fallas más constantes según el administrador son:

- Disparos del interruptor del alimentador principal cuando se arrancan ciertos equipos
- Cortocircuitos en tomacorrientes de 127v
- Cortocircuitos en el suministro de energía eléctrica de los aires acondicionados.
- Caídas de tensión en los demás equipos al poner en marcha simultánea los tornos.

Además, en un recorrido por diferentes partes del edificio, se encuentran condiciones subestándares que generan un riesgo potencial de contacto directo con la energía eléctrica,

pues estos aparatos no se encuentran con las protecciones mínimas de seguridad mencionadas en el reglamento<sup>11</sup>. Ver Figura 3-1.

**Figura 3-1:** Interruptor principal de acometida



Fuente: Imagen propia del taller.

Por lo tanto, el diseño de la red eléctrica contempla la seguridad de las personas, animales o medio ambiente ante un riesgo eléctrico y la optimización adecuada de las cargas para el correcto funcionamiento de los equipos, esta red incluye todas las cargas dispuestas en el taller, las cargas por luminarias, las cargas de tomacorriente de las oficinas y las cargas de los aires acondicionados respectivamente. Para el diseño de la red eléctrica industrial se dividen los criterios en 3 componentes fundamentales, dando prelación en la siguiente jerarquía:

1. Criterios exigidos por la reglamentación colombiana.
2. Criterios de diseñador de red.
3. Criterios de cliente u/o representante de la empresa mencionada.

---

<sup>11</sup> Ver RETIE: Artículo 10º 10.5 Conformidad con el presente reglamento.

La red eléctrica industrial se considera de baja tensión al tener como voltaje nominal en la mayoría de sus consumidores 220 V, aunque, el voltaje de 13.2 kV suministrado por la red aérea local, operada por la empresa ELECTRICARIBE S.A. se utilice para cálculos y criterios del proyecto<sup>12</sup>. El taller de mecanizado se encuentra en el barrio de Ceballos de la ciudad de Cartagena de Indias y consta de un área de máquinas, un área de acabados, dos oficinas y un baño, distribuidos en un edificio de dos pisos; el área total del primer piso consta de 59.76m<sup>2</sup> y el segundo piso de 29.52m<sup>2</sup>, para el proyecto se nombran las áreas de la siguiente manera:

- Taller para el área de máquinas y acabados.
- Oficina 1 para la oficina ubicada en el primer piso
- Oficina 2 para la oficina ubicada en el segundo piso
- Baño para el área de aseo y necesidades básicas.

Los planos diseñados en AutoCAD cumplen con las medidas reales del local, la ubicación de los artefactos eléctricos son los estipulados por el cliente, sin embargo, las longitudes de conductor y ductos eléctricos son aproximaciones estimadas, tomando como referencia el punto más lejano, en base a esto los cálculos de cada ramal se realizó con la distancia más lejana posible en cada circuito. En cuanto a las características del terreno y del ambiente se estipulan los siguientes valores: (Ver Figura 3-2)

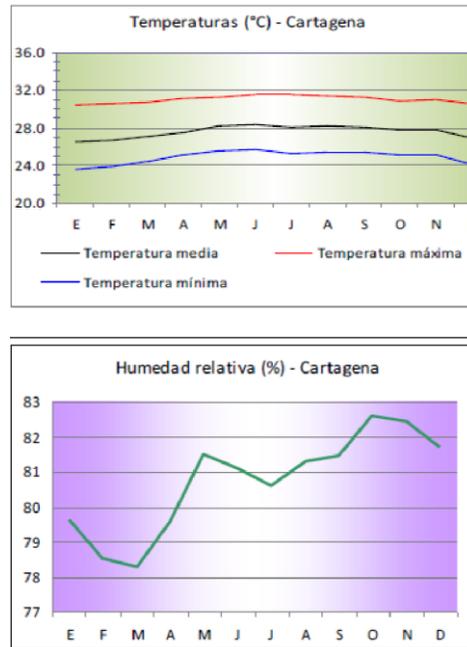
- Temperatura ambiente: 30°C promedio
- Clima: cálido-seco
- Humedad relativa del ambiente: 80% promedio
- Superficialmente y hasta una profundidad variable entre 10 y 30 m está conformado por material granular tipo arena limosa de color gris a pardo rojiza con presencia de fragmentos de calizas arrecifales y chert. (zona I)<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Ver en el RETIE: Artículo 12º Clasificación de niveles de tensión

<sup>13</sup> Ver: Caracterización Geológica y Geotécnica de Cartagena, Ing. Civil Claudia Díaz Mendoza (Fundación Universitaria Instituto Comfenalco). Tabla N° 8 Caracterización geotécnica de los suelos de Cartagena.

**Figura 3-2:** Características de Ciudades Principales y Municipios Turísticos IDEAM (Cartagena de Indias)



Fuente: Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. IDEAM.

Al ser Cartagena de Indias una ciudad con clima cálido y seco, pero con una humedad relativa considera media alta, se especifican en este proyecto que los artefactos eléctricos deben soportar estas condiciones, principalmente el aislamiento de los conductores. Para efectos de diseño y construcción en este proyecto se estandariza el tipo de aislamiento en conductores de baja tensión, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y locales que según la norma IE-0467 y la Tabla 310-13 de la NTC -2050 se considera un aislamiento tipo: THWN con temperatura máxima de funcionamiento 75°C, aplicaciones de trabajo previstas en lugares húmedos y secos, aislamiento termoplástico retardante de llama resistente a la humedad y el calor con una chaqueta de nylon que brinda facilidades en montaje pues con la misma protección de un THW pero con calibres de alambres mucho menores<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Ver Tabla C4A. Número máximo de conductores compactos en un tubo conduit metálico intermedio – tipo IMC- de la NTC-2050.

Para los ductos de protección y transmisión de conductores se proyectan de tres tipos diferentes según los siguientes criterios:

- Conduit metálico IMC: Se permite el uso de tubo metálico intermedio en todas las condiciones atmosféricas y en todas las ocupaciones. Cuando sea posible, se debe evitar que en el sistema haya metales distintos en contacto para evitar la posibilidad de reacciones galvánicas<sup>15</sup>. Además, será instalado en exteriores, sobre puesto en la superficie de pared o techo, principalmente en el área de taller.
- Conduit rígido no metálico: Se permite el uso de tubo rígido no metálico certificado y sus accesorios en lugares secos y húmedos ocultos en paredes, pisos y techos que debido a las adecuaciones arquitectónicas que se van a realizar en el edificio se pueden instalar sobre cielo raso y entre las paredes en las oficinas y baño<sup>16</sup>, este tubo de ductos es generalmente en PVC.

### 3.2 Características de la carga

La capacidad mínima de la red eléctrica se obtiene según la carga total instalada, que para este caso está comprendida en 2 tornos, 2 fresadoras, 2 cepillos ,1 equipo de soldadura, luminarias, aire acondicionado y tomacorrientes del edificio. Las máquinas son adquiridas de segunda mano y han sido remodeladas de su diseño original, para ser más específicos, sus motores han sido cambiados. El equipo de soldadura es conexión trifásica a 240V y para efectos del proyecto se consideran 2 tomacorrientes exclusivos para su conexión. La red trifásica de baja tensión es 220 V provenientes del bobinado secundario del transformador cuya conexión debe ser en Y para facilitar el retorno en el neutro y derivar el voltaje inmerso a 127V. La ubicación de los equipos en el taller determina la ubicación de los tomacorrientes correspondientes a cada uno de los circuitos ramales de alimentación.

---

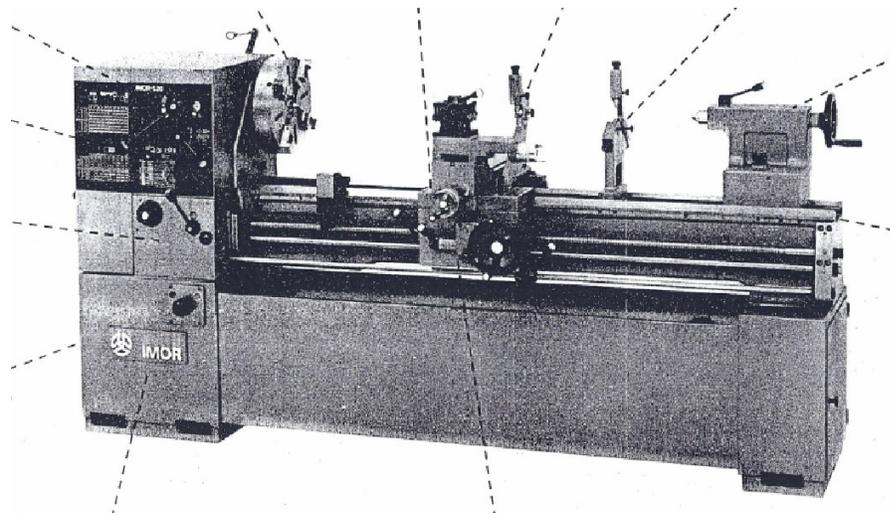
<sup>15</sup> Ver Sección 345-3 Usos permitidos de la NTC-2050

<sup>16</sup> Ver Sección 347-2 Usos permitidos de la NTC-2050

### 3.2.1 Tornos

Son máquinas herramienta utilizadas para el mecanizado de piezas a través del retiro de viruta por un husillo y para este proyecto se tienen contemplados dos tornos en el taller, los cuales llamaros TORNO 1 ubicado en el lado norte del taller y TORNO 2 ubicado al frente del anterior, pero del costado sur.

**Figura 3-3.** Torno instalado en el taller.



Fuente: Manual de partes TORNO IMOR 520650.

Estas máquinas obtienen su energía mecánica de un motor de inducción eléctrica con rotor jaula de ardilla, para ambas máquinas el motor es exactamente igual y que según su fabricante tenemos algunos de los valores nominales dictados en la Tabla 3-1<sup>17</sup>. Los motores eléctricos son máquinas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, por lo tanto, el valor de potencia nominal mencionado en la placa es el valor de potencia útil entregada a través del eje, es decir, que para efectos eléctricos hay que realizar un cálculo que determine la potencia nominal eléctrica suministrada, según el rendimiento y el factor de potencia del motor<sup>18</sup>, la ecuación (1) representa la relación entre la potencia activa del

<sup>17</sup> Ver Anexo A. Hoja de datos de motor WEG para los tornos.

<sup>18</sup> Ver Guía de especificación de motores WEG. GRUPO WEG – Unidad de Motores. Capítulo 1 1.2.6 Rendimiento.

motor y la potencia aparente del mismo; la ecuación (2) representa la relación entre la potencia activa y la potencia útil del motor según su rendimiento

**Tabla 3-1:** Valores nominales de motor WEG de los tornos.

Potencia Nominal	4.5 kW
Voltaje nominal	220//380 V
Corriente nominal	16.6 // 9.63 A
Corriente de arranque	125 // 72.3 A
$I_p/I_n$	7.5
Factor de servicio	1.15
Factor de potencia	0.82
Rendimiento	86.5 %

Las ecuaciones requeridas para los cálculos de potencia referidas al ramal son:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \quad (1.2.2-2)$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} * 100\% \rightarrow P_a = \frac{P_u}{\eta} * 100\% \quad (1.2.2-6)$$

Entonces,

$$S = \frac{\frac{P_u}{\eta} * 100\%}{\cos\varphi} = \frac{5202.3 W}{0.82} = 6344.26 W \sim 6345 W \sim 6.34 kVA \quad (3.2.1-1)$$

Donde:

$\cos\varphi$  : Factor de potencia

$S$  : Potencia activa total referida al ramal

$P$  : Potencia activa del circuito, equivale a  $P_u$  : potencia útil del motor

$\eta$  : Rendimiento del motor eléctrico

$P_a$  : Potencia absorbida de la red eléctrica por el motor

### 3.2.2 Fresadoras

Son máquinas herramienta utilizadas para el mecanizado de piezas a través del retiro de viruta por medio de una herramienta giratoria (fresa) en ejes X, Y y Z y para este proyecto se tienen contemplados dos fresadoras en el taller: FRESADORA 1 ubicado en el lado norte del taller y FRESADORA 2 ubicada al frente del anterior, pero del costado sur.

Estas máquinas obtienen su energía mecánica de 3 motores de inducción con rotor jaula de ardilla, ambas máquinas poseen 2 motores iguales dedicados a los movimientos automatizados de la mesa y un motor de otras características usado para dar energía mecánica a la herramienta giratoria a través del mandril. Para el diseño de la red eléctrica se determina que de la suma de las cargas de cada motor se pueden obtener una carga general, realizando cálculos asociados a los circuitos trifásicos, pues todos los motores son alimentados de un ramal único, el cual representa los circuitos que se conecta al tomacorriente de alimentación de la máquina. Según su fabricante estos son algunos de los valores nominales de cada motor:

**Tabla 3-2:** Valores nominales del motor WEG <sup>o1</sup><sup>19</sup> de las fresadoras.

Potencia Nominal	1.1 kW
Voltaje nominal	220//380 V
Corriente nominal	4.4 // 2.55 A
Corriente de arranque	30.8 // 17.8 A
$I_p/I_n$	7
Factor de servicio	1.15
Factor de potencia	0.78
Rendimiento	84 %

<sup>19</sup> Ver Anexo B. Hoja de datos de motor WEG 1<sup>o</sup> para las fresadoras.

**Tabla 3-3:** Valores nominales de motores<sup>20</sup> WEG 2° y 3 ° de las fresadoras.

Potencia Nominal	1.5 kW
Voltaje nominal	220//380 V
Corriente nominal	6 // 3 A
Corriente de arranque	42.6 // 21.3 A
Ip/In	7.1
Factor de servicio	1.15
Factor de potencia	0.78
Rendimiento	84.2 %

Aplicando el mismo proceso utilizado con la ecuación (3.2.1-1) para cada uno de los motores tenemos:

$$S_1 = \frac{\frac{P_u}{\eta} * 100\%}{\text{Cos}\varphi} = \frac{1309.5 \text{ W}}{0.78} = 1678.87 \text{ W} \quad (3.2.2-2)$$

$$S_2 = \frac{\frac{P_u}{\eta} * 100\%}{\text{Cos}\varphi} = \frac{1781.47 \text{ W}}{0.78} = 2283.93 \text{ W} \quad (3.2.2-3)$$

$$S_2 = \frac{\frac{P_u}{\eta} * 100\%}{\text{Cos}\varphi} = \frac{1781.47 \text{ W}}{0.78} = 2283.93 \text{ W} \quad (3.2.2-4)$$

Al sumar todas las potencias aparentes obtenemos la general de la máquina:

$$S_T = \Sigma S_{1,2,3,\dots} \quad (3.2.2-5)$$

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 = 1678.87 \text{ W} + 2283.93 \text{ W} + 2283.93 \text{ W} = 6246.73 \text{ W} \sim 6240 \text{ W}$$

<sup>20</sup> Ver Anexo C. Hoja de datos de motores WEG 1° y 2° para las fresadoras.

Al sumar todas las potencias activas obtenemos la general de la máquina:

$$P_T = \Sigma P_{1,2,3,\dots} \quad (3.2.2-6)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 1100W + 1500W + 1500W = 4100 W$$

Para hallar la corriente total de consumo con valores nominales se aplica la ecuación donde  $U_n$  es el voltaje nominal del circuito<sup>21</sup>:

$$i_n = \frac{S_T}{\sqrt{3} * U_n} \quad (3.2.2-7)$$

$$i_n = \frac{6240 W}{\sqrt{3} * 220v} = 16.3 A$$

Tabulando los resultados se tienen los siguientes valores nominales de la máquina:

**Tabla 3-4:** Valores calculados de las fresadoras.

Potencia aparente referida al ramal	6.2 kVA
Voltaje nominal	220//380 V
Corriente nominal	16.39 A
Corriente de arranque	30.8 // 17.8 A
$I_p/I_n$	2.7
Factor de servicio	1.15
Factor de potencia	0.78
Rendimiento	84 %

<sup>21</sup> Ver Guía de especificación de motores WEG. GRUPO WEG – Unidad de Motores. Capítulo 1 1.2.4 Potencia Aparente, Activa y Reactiva.

### 3.2.3 Cepilladoras industriales

Son máquinas herramienta utilizadas para el mecanizado de piezas a través del retiro de viruta por medio de una herramienta rozante y para este proyecto se tienen contemplados dos Cepilladores en el taller: CEPILLADOR 1 ubicado en el lado norte del taller y CEPILLADOR 2 ubicada al frente del anterior, pero del costado sur.

**Figura 3-4.** Cepillador similar al instalado en el taller.



Fuente: imagen tomada de Valcomaq ref. L650 E de 650 mm.

Estas máquinas obtienen su energía mecánica de un motor de inducción eléctrica con rotor jaula de ardilla, para ambas máquinas el motor es exactamente igual y que según su fabricante tenemos algunos de los siguientes valores nominales<sup>22</sup>:

---

<sup>22</sup> Ver Anexo D. Hoja de datos de motor WEG 1º para los Cepilladores.

**Tabla 3.5:** Valores de motor WEG para cepilladores.

Potencia Nominal	2.2 kW
Voltaje nominal	220//380 // 440V
Corriente nominal	8.16 // 4.72 // 4.08 A
Corriente de arranque	68.5 // 39.7 // 34.3 A
Ip/In	8.3
Factor de servicio	1.25
Factor de potencia	0.79
Rendimiento	89.5 %

Se aplica la ecuación (3.2.1-1) referida a los cepilladores, se tiene

$$S = \frac{\frac{P_u}{\eta} * 100\%}{\cos\varphi} = \frac{2458.1W}{0.79} = 3111.5 W \sim 3.11kVA \quad (3.2.3-1)$$

Donde:

$\cos\varphi$  : Factor de potencia

$S$  : Potencia activa total referida al ramal

$P$  : Potencia activa del circuito, equivale a  $P_u$  : potencia útil del motor

$\eta$  : Rendimiento del motor eléctrico

$P_a$  : Potencia absorbida de la red eléctrica por el motor

### 3.2.4 Equipos de Soldadura

El taller cuenta con 1 equipo de soldadura de arco, sin embargo, para el proyecto se consideran 2 ramales con la capacidad suficiente de conectar dos equipos, que en su

defecto podrían usar un solo equipo de soldadura con la facilidad de conectarlo en cualquiera de los dos tomacorrientes dispuestos.

Las características del equipo según fabricante son<sup>23</sup>:

**Tabla 3-6:** Valores nominales de los equipos de soldadura.

Potencia Nominal	11.5 kW
Potencia aparente	11.6 kW
Voltaje nominal	230 V
Corriente nominal	30 A
Ciclos de trabajo	60 %

Para obtener el factor de potencia del equipo, aplicamos ecuación:

$$S = \frac{P}{\cos\phi} \rightarrow \cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{11.5}{11.6} = 0.99 \quad (3.2.4-1)$$

### 3.2.5 Equipos de Aire acondicionado

En el edificio se instalarán 2 equipos de aire acondicionado, cada uno en una oficina. Para determinar la potencia mínima requerida de los aires en cada oficina se utiliza la siguiente fórmula<sup>24</sup>:

$$P = \text{Área de la habitación} * \frac{BTU}{m^2} \text{ según el clima} + \text{carga térmica total} \quad (3.2.5-1)$$

Donde,

Área de la habitación: para la oficina 1=9.625 m<sup>2</sup> y para la oficina 2= 17.28 m<sup>2</sup>

<sup>23</sup> Ver Anexo E. Hoja de datos del equipo de soldadura Millermatic 350P.

<sup>24</sup> Ver Procedimiento de cálculo de potencia de aire acondicionado: Organización Serin, distribuidores LG de Cali.

Según el clima: 600 BTUS h/m<sup>2</sup> (ver Tabla 3-7)

Carga térmica :2600 BTUSh para la oficina 1 y 4500 BTUSh para la oficina 2 (Ver Tabla 3-8)

**Tabla 3-7:** Carga térmica según los factores climáticos

clima	Temp °c prom	BTUSh/ m <sup>2</sup>
Frío	< 18°	500
Templado	19°-25°	550
Cálido	26°-33°	600
Muy Caliente	> 34°	650

**Tabla 3-8:** Carga térmica

Carga Térmica	BTUSh
Por persona	500
Por PC	400
Por TV	600
Por Bombillo	400

**Tabla 3-9:** Capacidades más comerciales de aires acondicionados LG en BTUSh

5000	24000
9000	32000
12000	36000
18000	48000

Entonces, aplicando ecuación (3.2.5-1) para cada uno de las oficinas se tiene:

Para la oficina 1

$$P = 9.625m^2 * 600 \frac{BTU}{m^2} + 2600 BTU h = 8375 BTU h \sim 9000 BTU h \quad (3.2.5-2)$$

Para la oficina 2

$$P = 17.28m^2 * 600 \frac{BTU}{m^2} + 4500 BTU h = 14820 BTU h \sim 18000 BTU h \quad (3.2.5-3)$$

Para los valores determinados y según las características de los aires suministrados por distribuidores se tienen las siguientes cargas de potencia eléctrica:

Aire acondicionado de oficina 1<sup>25</sup>: 864 W / 4 A

Aire acondicionado de oficina 2<sup>26</sup>: 1580 W / 7.18 A

### 3.2.6 Luminarias

Para el proyecto se determinaron las siguientes luminarias según el procedimiento determinado por el RETILAP <sup>27</sup>, el desarrollo del procedimiento se encuentra en el presente documento en la sección 3.1.1 Cálculo de luminarias.

**Tabla 3-10:** Características de luminarias proyectadas

	# luminarias	Potencia (W)	Consumo (A)	Tensión (V)
Taller	16	36	0,3	127
Oficina 1	2	40	0,37	127
Oficina 2	10	36	0,3	127
Baño	1	12	0,2	127
TOTAL	29	1028	8,74	127

### 3.2.7 Tomacorrientes

Para la capacidad de los tomacorrientes se toma como predeterminado 550 W // 4.3 A de consumo promedio (550 W) según los valores nominales de las potencias consumidas por herramientas eléctricas como taladros y pulidoras, en total se proyectan 18 tomacorrientes con tomas dobles y conexión de puesta a tierra.

$$P = N^{\circ} \text{ de tomas} * \text{Potencia unitaria} = 18 * 550 W = 9900 W \quad (3.2.7-1)$$

<sup>25</sup> Ver Anexo F. Características de A/A 9000 BTU 220V ON-OFF

<sup>26</sup> Ver Anexo G. Características de A/A 18000 BTU 220V INVERTER

<sup>27</sup> Ver Capítulo 3 Cálculo de luminarias, del presente documento.

Esta es la carga total si todos los tomacorrientes estuvieran conectados al mismo tiempo, sin embargo, esta carga es considerada como no continua, por lo tanto, su consumo es similar al tipo residencial y según su factor de demanda el valor definitivo será (Ver Tabla 3-4) = 6450 W // 50 A.

**Tabla 3-11:** Factores de demanda para los alimentadores

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales *	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	VA totales	100

Fuente: Tabla 220-11 Factores de demanda de la NTC-2050

### 3.2.8 Cuadro de mínimo de cargas

Recopilando todos los datos obtenidos en los capítulos anteriores, incluyendo el factor de demanda del 35 % en la carga de tomacorrientes se tiene:

**Tabla 3-12:** Cuadro mínimo de cargas

EQUIPO	S (kVA)	In (A)	Ip (A)
TORNO 1	6.34	16.6	125
TORNO 2	6.34	16.6	125
FRESADORA 1	6.24	16.39	42.6
FRESADORA 2	6.24	16.39	42.6
CEPILLADOR 1	3.11	8.16	68.5
CEPILLADOR 2	3.11	8.16	68.5
E. SOLDAR 1	11.6	30	60
E. SOLDAR 2	11.6	30	60
A. ACONDICIONADO 1	0.864	4	NA
A. ACONDICIONADO 2	1.58	7.18	NA

LUMINARIAS	1.028	8.8	NA
TOMACORRIENTES	6.45	50	NA
<b>TOTAL</b>	<b>64.53</b>	<b>212.3</b>	<b>---</b>

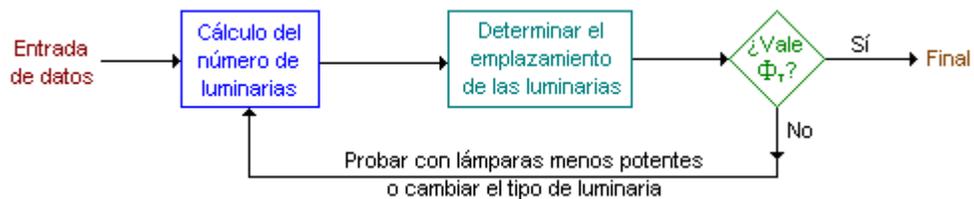
### 3.3 Procedimientos para obtener valores nominales

#### 3.3.1 Cálculo de luminarias

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) dicta las pautas y los lineamientos nacionales para regular la fabricación, distribución e instalación de luminarias.

Para calcular el valor adecuado de intensidad lumínica utilizada en el edificio se desarrolló el siguiente procedimiento, que resume las exigencias y condiciones mencionadas en el reglamento.

Figura 3.5: Diagrama de bloques del procedimiento



Fuente: Sitio web: <https://recursos.citcea.upc.edu/Ilum/interior/iluint2.html#emplazar>

1. Determine la iluminancia (lx) permitida en el lugar de la instalación según el tipo de trabajo que para este proyecto se estipulan: TALLER: 750 lx , OFICINA 1: 500 lx, OFICINA 2: 500 lx y BAÑO : 150 lx.<sup>28</sup>
2. Determine las dimensiones y cavidades para determinar el coeficiente del local según una luminaria preestablecida <sup>29</sup>

<sup>28</sup> Ver Tabla 410.1 Niveles de iluminancia exigibles del Capítulo 4 del RETILAP

<sup>29</sup> Ver Figura 430.2. Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local del Capítulo 4 del RETILAP.

3. Verifique que el valor del coeficiente del local esté dentro de lo permitido por la norma, utilizando las siguientes ecuaciones, si el valor es diferente, ajuste la dimensiones en el segundo punto:

$$h_m = \frac{4}{5} * (h' - h_f) \text{ valor óptimo de coeficiente del local} \quad (3.3.1-1)$$

$$h_m = \frac{2}{3} * (h' - h_f) \text{ valor mínimo de coeficiente del local} \quad (3.3.1-2)$$

4. Calcule el índice del local (k) con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{a * b}{hm * (a + b)} \quad (3.3.1-3)$$

5. Determine los valores de reflectancia aproximados según la tabla 430-2. 2.a del Capítulo °4 del RETILAP. Para el proyecto aplican los siguientes valores:

**Tabla 3-13:** Valores de reflectancia en el edificio

	<b>TECHO %</b>	<b>PARED %</b>	<b>SUELO%</b>
<b>Taller</b>	Gris mediano 61	Gris claro 73	Ladrillo oscuro 15
<b>Oficina 1</b>	Blanco viejo 76	Blanco viejo 76	Azul claro 55
<b>Oficina 2</b>	Blanco viejo 76	Blanco viejo 76	Azul claro 55
<b>Baño</b>	Blanco nuevo 88	Blanco nuevo 88	Blanco nuevo

6. Determine el factor de utilización (CU) según la tabla 430-2. 3.a del capítulo °4 del RETILAP. Para el proyecto aplican los siguientes valores:

**Tabla 3-14:** Factor de utilización (CU)

	<b>TECHO</b>	<b>PARED</b>	<b>SUELO</b>
<b>Taller</b>	0.4	0.6	0.1
<b>Oficina 1</b>	0.6	0.6	0.4
<b>Oficina 2</b>	0.5	0.5	0.4
<b>Baño</b>	0.7	0.7	0.7

7. Se determina para el proyecto un factor de mantenimiento según la calidad del ambiente, donde sucio =0.6 y limpio =0.8, entonces para el taller aplica el ambiente sucio y las demás estancias serían 0.6.<sup>30</sup>
8. Determine el flujo lumínico mínimo necesario para satisfacer las necesidades determinadas con la siguiente ecuación:

$$\Phi_T = \frac{l_x * S}{CU * f_m} \quad (3.3.1-4)$$

Donde,

$\Phi_T$  : Flujo lumínico necesario (lm)

$l_x$ : Iluminancia requerida (lx)

$S$ : área

$CU$ : factor de utilización

$f_m$ : factor de mantenimiento

9. Determine el número de luminarias necesarias según las características de producto utilización la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad (3.3.1-5)$$

<sup>30</sup> Ver Referencia web: CALCULOS DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html#emplazar>

10. Determine la ubicación de las luminarias en el área determinada con las siguientes ecuaciones:

$$N^{\circ} \text{ ancho} = \sqrt{N^{\circ} \frac{\text{luminarias}}{\text{largo}} * \text{ancho}} \quad (3.3.1-6)$$

$$N^{\circ} \text{ largo} = N^{\circ} \text{ ancho} * \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}}\right) \quad (3.3.1-7)$$

Se aplica este procedimiento para cada una de las áreas del edificio, teniendo los resultados especificados en la Tabla 3-10. Las características de las luminarias proyectadas están determinadas en los anexos: Anexo H, Anexo I, Anexo J, Anexo K y se tiene:

**Tabla 3-15:** Resultado de cálculo de luminarias

	Taller	Oficina 1	Oficina 2	Baño
Iluminancia mínima permitida (lx)	750	500	500	150
h' (m)	4.3	2.3	2.3	2.5
hc (m)	0.3	0.1	0.1	0.1
hm (m)	3	1.45	1.45	1.8
hf (m)	1	0.75	0.75	0.6
Índice del local (k)	1.22	1.06	1.85	0.26
Coefficiente de utilización (CU) pared	0.6	0.6	0.6	0.7
Factor de mantenimiento (fm)	0.6	0.8	0.8	0.8
Flujo lumínico $\Phi$ (klm)	10.4	9.7	31.8	0.31
Nº luminarias	16x2	2x2	10	1
Nº ancho	3	2	1	-
Nº largo	5+1	-	1	-

### 3.3.2 Cálculo del calibre de los conductores

Se realiza el siguiente procedimiento para determinar el calibre mínimo de los conductores teniendo en cuenta los lineamientos estipulados en la normativa colombiana:

1. La NTC-2050 determina en su Sección 670 Maquinaria Industrial, la ecuación para determinar el amperaje mínimo que debe tener un conductor si su carga es de uno o varios motores o inclusive si tienen cargas de tipo resistivo para calefacción:

$$i_{\phi cond} = 125\%i_n \text{ Resistencias para calentamiento} + 125\%i_n \text{ Mayor de los motores} + \Sigma i_n \text{ demás motores} \quad (3.3.2-1)$$

Como los equipos no poseen resistencias para calentamiento, ese valor se considera nulo y en el caso de la cepilladora y tornos solo tienen un motor así que la suma de las demás capacidades también se anulan.

2. La NTC-2050 determina en su Sección 630 Soldadores Eléctricos que, para soldadores de arco con transformador, la sección transversal de conductor alimentador debe soportar el amperaje inferido la corriente nominal de consumo por el factor que se determina según los ciclos de trabajo del equipo, teniendo así la siguiente ecuación (16):

$$i_{\phi cond} = i_n * factor = 30 A * 0.78 = 46.8 A \quad (3.3.2-2)$$

3. La NTC-2050 determina en su Sección 440-2 Equipos de Aire Acondicionado y Refrigeración que el calibre del conductor alimentador debe tener un amperaje inmediatamente mayor al nominal de consumo, que para las características de los equipos proyectados se tendrían conductores con amperaje mayor a 4 A y 7.18 A respectivamente.
4. La NTC-2050 determina en su Sección 410-58 Aparatos de Alumbrado, Portabombillas, Bombillas y Tomacorrientes que el calibre alimentador de un

tomacorriente no debe ser menor a su capacidad, por lo tanto, se determinan tomacorrientes de 20 A // 127 V con conductores de capacidad de amperaje de 20 A.

- Para el diseño de la red eléctrica se determinan que todos los conductores de baja tensión tendrán un aislamiento tipo THWN con resistencia térmica máxima de 75°C y según la Tabla 316-16 de la Sección 310 Conductores para Instalaciones Eléctricas se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 3-16:** Calibres mínimos de conductores para la red eléctrica diseñada.

	<b>in</b>	<b>iØcond</b>	<b>AWG//(A)</b>
TORNO 1	16.6	20.75	12 // 25
TORNO 2	16.6	20.75	12 // 25
FRESADORA 1	16.39	17.96	14 // 20
FRESADORA 2	16.39	17.96	14 // 20
CEPILLADORA 1	8.16	10.2	14 // 20
CEPILLADORA 2	8.16	10.2	14 // 20
E. SOLDAR 1	30	46.8	8 // 50
E. SOLDAR 2	30	46.8	8 // 50
A. ACONDICIONADO 1	4	--	14 // 20
A. ACONDICIONADO 2	7.18	--	14 // 20
LUMINARIA	8.8	--	14 // 20
TOMACORRIENTES	4.3 estimado	--	14 // 20

Los calibres de los conductores dedicados máquinas del taller se suben de capacidad a 10 AWG por criterio de diseño, pues proporciona mayor capacidad a la red eléctrica en caso de algún cambio o adición a la carga en el futuro y los conductores de tomacorriente y aire acondicionado suben a 12 AWG para que coincida con los valores de las tomas y brindar así más seguridad al ramal.

### 3.3.3 Cálculo del valor nominal de las protecciones contra sobrecorriente

Para el proyecto de diseño se determinan que las protecciones a usar deben ser de interruptores termomagnéticos de disparo instantáneo o regulable, pues ofrecen doble protección y fácil rearme de conexión como se determina en la norma UNE –EN 60898, la protección dual que ofrece el mismo dispositivo es por apertura de circuito por sobrecorriente proveniente de una sobrecarga o sobrecorriente por cortocircuito. Se realiza el siguiente procedimiento para determinar el valor nominal de las protecciones teniendo en cuenta los lineamientos estipulados en la normativa colombiana:

1. La NTC-2050 determina en la Sección 240 la protección contra sobrecorriente donde la corriente nominal de disparo por sobrecarga, para las máquinas con motores eléctricos no debe superar el 25% de la corriente nominal del ramal más la corriente nominal del ramal, ni superar la capacidad de amperaje del conductor.
2. La NTC-2050 determina en la Sección 430-52 Motores, Circuitos de Motores y Controladores, que la corriente nominal de disparo del interruptor por sobrecorriente originada por un cortocircuito para cargas de motores inductivos se debe multiplicar la corriente nominal del ramal por el porcentaje indicado en la Tabla 430-152 de la norma técnica, que para efectos de este proyecto se determinan según el tipo de motor siendo todos de jaula de ardilla diferentes al tipo E<sup>31</sup>.
3. La NTC-2050 en su Sección 630-12 Soldadores Eléctricos, determina que para la protección por sobrecorriente de un equipo de soldadura debe ser el valor superior más cercano a la corriente nominal sin superar el 200 % de la misma.

---

<sup>31</sup> Ver norma NEMA STANDARD DESIGN FOR ELECTRIC MOTORS para motores de jaula de ardilla.

4. Para el diseño de la red eléctrica y optimizando la carga hacia la red y de los valores nominales de interruptores de protección se unen las cargas de la luminaria y aire acondicionado en un ramal principal trifásico a 220 V, con una protección de 30 A.
5. La NTC-2050 determina los valores de protección para circuitos con conductores de capacidades bajas en la Tabla 316-16 de la Sección 310 Conductores para Instalaciones Eléctricas, por lo tanto, para los circuitos de tomacorrientes se determina una protección individual de 20 A y una protección general en ramal del circuito trifásico de 30 A.
6. El valor de la corriente nominal de disparo del interruptor totalizador del tablero de distribución es determinado con el valor nominal mayor próximo de interruptores, según la corriente nominal más el 25 %, pues la corriente pico presente en la red está por debajo del valor nominal de consumo.
7. El valor nominal de corriente de disparo por sobrecorriente originado por un cortocircuito no puede ser menor que la corriente de arranque o corriente pico de los motores ni tampoco mayor a la corriente de cortocircuito del ramal, este valor es determinado según la Tabla 430-152 de la NTC-2050.

**Tabla 3-17:** Valores nominales de protecciones de cada circuito

	<b>in (A)</b>	<b>ip (A)</b>	<b>icc (A)</b>	<b>in disparo (A)</b>
TORNO 1	16.6	125	132.8	25
TORNO 2	16.6	125	132.8	25
FRESADORA 1	16.39	42.6	58.4	25
FRESADORA 2	16.39	42.6	58.4	25
CEPILLADOR 1	8.16	68.5	73.14	15
CEPILLADOR 2	8.16	68.5	73.14	15
E. SOLDAR 1	30	--	60	35
E. SOLDAR 2	30	--	60	35
ALUMBRADO Y A. ACONDICIONADO	20	--	--	30
TOMACORRIENTES	50	--	--	30
A. ACONDICIONADO 1	4	--	--	20

A. ACONDICIONADO 2	7.18	--	--	20
ALUMBRADO TALLER	4.8	--	--	20
ALUMBRADO OFC 1 Y BAÑO	1	--	--	20
ALUMBRADO OFC 2	3	--	--	20
TOMACORRIENTE TALLER 1	11	--	--	20
TOMACORRIENTE TALLER 2	11	--	--	20
TOMACORRIENTE OFC 1	8	--	--	20
TOMACORRIENTE OFC 2	19	--	--	20
TOTALIZADOR	212.3	125 máx.	1698.4	300

Nota: para los valores indicados con (--) se determina que no aplica un valor adicional de protección contra sobrecorriente por que los arranques pico que se puedan presentar en sus circuitos son despreciables, además los interruptores termomagnéticos sugeridos para la instalación poseen tiempos muy similares de accionamiento por sobrecarga o cortocircuito según la norma IEC 6089 y IEC 60947.2: Curvas B, C y D, también, para los aires acondicionados se estipulan tomacorrientes GFCI de 15 A para brindar una barrera de seguridad adicional directamente en la conexión del equipo<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> Ver norma IEC 60898 / IEC 60947.2. Curvas B, C y D para determinar el comportamiento de los tiempos de accionamiento de los interruptores.



### 3.5 Selección del Transformador

Según la carga total de la red se selecciona la potencia del transformador que va hacer parte del conjunto de transformación CT, para eso se usa la siguiente ecuación<sup>33</sup>:

$$kVA_{CT} \geq \frac{\alpha * N * P_D * P_{AP}}{0.9 * A} \quad (3.5-1)$$

Donde,

$kVA_{CT}$ : la potencia nominal del transformador

$\alpha$ : Coeficiente de simultaneidad según el N° de clientes, que para este proyecto es 1

$N$ : número de clientes proyectados en un futuro, que para este caso es 1

$P_D$ : Potencia de diseño de red por cliente: 64530 VA

$P_{AP}$ : Potencia total de alumbrado público, que para este proyecto no aplica

$A$ : 1.13 si el transformador es auto protegido o 1.15 si es convencional.

Aplicando la ecuación (3.3.5-1) se tiene,

$$kVA_{CT} = \frac{1 * 1 * 64530}{0.9 * 1.15} = 62347.8 \text{ VA} = 6.23 \text{ kVA} \quad (3.5-2)$$

Estas especificaciones se establecen admitiendo una sobrecarga al año del 15% con un factor de potencia medio de 0.9, que para el valor dado se tiene un transformador de capacidad nominal superior próxima de 75 kVA, sin embargo, la corriente nominal en la sección BT del equipo es inferior a la corriente nominal de la carga estipulada y por criterios de diseño se selecciona el siguiente transformador de mayor capacidad para dejar

<sup>33</sup> Ver Memoria de cálculos de ELECTRICARIBE archivo: Memoria CT VDF sección 6.4.

proyectado una expansión o renovación de maquinaria<sup>34</sup>. La capacidad del transformador a usar es de 112.5 kVA.

Para determinar los valores nominales de corriente del transformador y su protección se utiliza el siguiente procedimiento:

1. Corriente en MT: para calcular la corriente en el lado de media tensión se usa la siguiente ecuación (17):

$$I_{MT} = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_{MT}} \quad (3.5-3)$$

Donde,

$I_{MT}$ : Corriente en el lado del primario en media tensión

$P_n$ : potencia nominal del transformador: 112.5 kVA

$U_{MT}$ : Tensión nominal en media tensión: 13.2 kV

Aplicando los valores se tiene,

$$I_{MT} = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_{MT}} = \frac{112.5}{\sqrt{3} * 13.2} = 4.9 \text{ A} \quad (3.5-4)$$

2. Corriente en BT: Para calcular la corriente en el lado de baja tensión se usa la siguiente ecuación:

$$I_{BT} = \frac{P_n * 1000}{\sqrt{3} * U_{BT}} = \frac{112.5 * 1000}{\sqrt{3} * 220} = 295.23 \text{ A} \quad (3.5-5)$$

Aplicando ecuación:

Donde,

---

<sup>34</sup> Ver Anexo L Sección de valores nominales del transformador 112.5 kVA según fabricante.

$I_{BT}$ : Corriente en la del primario en media tensión

$P_n$ : potencia nominal del transformador: 112.5 kVA

$U_{BT}$ : Tensión nominal en media tensión: 220V

3. Para la selección del fusible de protección por sobrecarga se selecciona un fusible 5 A tipo D (VS). Ver Tabla 3-19<sup>35</sup>.

**Tabla 3-19.** Fusibles usados en transformadores

TIPO DE TRAF0	Potencia (KVA)	13,2 Kv			34,5 kV		
		Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)	Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)
Monofásico	5	0,4	-	0,4	-	-	-
	10	0,8	-	0,4	-	-	-
	15	1,1	-	0,4	-	-	-
	25	1,9	2		-	-	-
	37,5	2,8	2		-	-	-
	50	3,8	3		-	-	-
	75	5,7	5		-	-	-
Trifásico	30	1,3	2		0,5	-	0,4
	45	2,0	2		0,8	-	0,4
	75	3,3	3		1,3	2,0	
	112,5	4,9	5		1,9	2,0	

Fusibles D (VS): Rango de disparo de 200%

Fusibles D (SR): Rango de disparo de 300%

4. Selección del calibre del conductor en BT. Se realiza la siguiente ecuación <sup>36</sup>:

$$I\emptyset_{cond} = I_{BT} * 1.25 \tag{3.5-7}$$

Donde,

$I\emptyset_{cond}$ : es la capacidad de amperios del conductor

<sup>35</sup> Ver Memoria de cálculos de ELECTRICARIBE archivo: Memoria CT VDF sección 6.2. Tabla 7

<sup>36</sup> Ver Memoria de cálculos de ELECTRICARIBE archivo: Memoria CT VDF sección 6.3.

$I_{BT}$ : Corriente en la del primario en media tensión

Aplicando,

$$I_{\emptyset_{cond}} = I_{BT} * 1.25 = 295.23 * 1.25 = 369.03 \text{ A} \quad (3.5-8)$$

5. La NTC- 2050 en la tabla 310-17 especifica que para esta capacidad se debe usar un conductor 250 MCM en cobre, que tiene una capacidad de 405 A en instalaciones al aire libre.
6. Los valores anteriores son referenciados según la potencia nominal del transformador y así determinar su protección, sin embargo, para efectos de este proyecto se calcula la corriente que circula por el circuito de MT usado la siguiente ecuación:

$$I_{MT} = \frac{P_D}{\sqrt{3} * U_{MT}} = \frac{64530}{\sqrt{3} * 13.2} = 2.8 \text{ A} \quad (3.5-9)$$

**Tabla 3-20:** Valores nominales del transformador proyectado.

	Un MT (kV)	In MT (A)	In MT referida a la carga instalada (A)	IN disparo MT (A)	Un BT (V)	In BT (A)	Calibre AWG THWN BT // A	Pcu (pérdidas en el cobre)	Z % (impedancia máx.)
112.5kV A	13.2	4.8	2.8	5	220	295.2 3	250 MCM// 405	1905 W	3.5

## 4. Puesta a tierra y regulaciones

### 4.1 Malla de puesta a tierra

Cumpliendo con las especificaciones dictadas por el RETIE en el Artículo 15º sección 15.2 sobre el diseño de puesta a tierra se tienen los siguientes valores:

1. El suelo está formado principalmente por arena limosa de color gris pardo rojiza con fragmentos de calizas artificiales, que según la Tabla 9 de valores típicos de resistividad del terreno de la memoria de cálculos de ELECTRICARIBE se tendría un valor de 80  $\Omega$  m, del grupo ML.

**Tabla 4-1:** Valores de resistividad según el tipo de terreno

Descripción de suelo	Símbolo del Grupo	Resistividad Media ( $\Omega$ x m)
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55*
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	CL	25-60*
Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas	ML	30-80
Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla	SC	50-200
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados	SM	100-500

La terminología utilizada en esta tabla corresponde a la "United Soil Classification" y es un método estándar de describir los suelos en un informe geotécnico y geofísico.

\*Estos resultados de clasificación de resistividad son altamente influenciados por la presencia de humedad.

2. Los valores establecidos de la red eléctrica que generalmente suministra el operador de la red (ELECTRICARIBE) son<sup>37</sup>:

<sup>37</sup> Valores extraídos de un proyecto similar instalado por ELECTRICARIBE, ver ANEXO

Sc: potencia de cortocircuito: 42.388 MVA

Icc: corriente de cortocircuito 1.777 KA

R: resistencia del conductor de la red: 3.704 ohm

X: Reactancia del conductor de la red: 3.27 ohm

3. El tiempo máximo de despeje de falla se determina según la velocidad de disparo del fusible por falla de cortocircuito, que para un fusible tipo D (vs) se puede determinar en 0.2 s<sup>38</sup>.
4. Las normas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80 y RETIE 15.4 establecen que, para este tipo de instalación de baja tensión con conexión de punto neutro, se debe tener una resistencia de puesta a tierra menor a 25 Ω.

**Tabla 4-2:** Tabla de referencia de resistencia de puesta a tierra

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

5. Para determinar el valor de tensión de contacto el RETIE en el Artículo °15 da la siguiente ecuación:

$$E_{contacto} = \frac{116}{\sqrt{t_s}} \quad (4.1-1)$$

---

<sup>38</sup> Ver catálogo de Fusibles VS de PROMELSA S.A.

Donde,

$t_s$ : al tiempo máximo de despeje, que es: 0.2 s

Entonces,

$$E_{contacto} = \frac{116}{\sqrt{0.2}} = 259.3 \text{ V} \quad (4.1-2)$$

6. EL valor de E contacto cumple con la normativa, entonces para hallar la corriente que circula por el cuerpo se tiene la siguiente ecuación:

$$I_B = \frac{E_{contacto}}{R_B * 1.5 p} \quad (4.1-3)$$

Entonces,

$$I_B = \frac{E_{contacto}}{R_B * 1.5 p} = \frac{259.3}{1000 * 1.5 * 80} = 2.1 \text{ mA} \quad (4.1-4)$$

Para la norma IEC 60479 todo valor de corriente por debajo de 3 mA está dentro de la zona segura de salud<sup>39</sup>.

7. Para determinar el valor de tensión de paso se utiliza la ecuación dada por la norma IEEE 80 así:

$$E_{paso} = (R_B + 6p) * I_B \quad (4.1-5)$$

Donde,

---

<sup>39</sup> Ver Tabla 2.1 Clasificación de zonas tiempo/corriente del presente documento.

$R_B$ : Resistencia del cuerpo humano referida a 1000  $\Omega$

$p$ : Resistividad del terreno: 80  $\Omega$  m

Entonces,

$$E_{paso} = (R_B + 6p) * I_B = (1000 + (6 * 80)) * 0.0021 = 3.1 V \quad (4.1-6)$$

8. Se determina una malla rectangular con 4 electrodos de cobre con las siguientes dimensiones: diámetro: 16mm y longitud 2.4 m.
9. El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se determina según la Tabla 250-94 de la NTC-2050 descrita en este documento como Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Conductor del electrodo de puesta a tierra

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre *	
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	mm <sup>2</sup>	AWG o Kcmils	mm <sup>2</sup>	AWG o Kcmils	mm <sup>2</sup>	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0

10. Para determinar si el sistema de puesta a tierra diseñado cumple con los requerimientos de una resistencia menos de 25  $\Omega$ , se tiene la ecuación<sup>40</sup> :

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \right] * \left[ 1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right] \quad (4.1-7)$$

<sup>40</sup> Ver Sistema de puesta a tierra diseñado con IEEE 80 y evaluado con MEF de la Universidad Nacional de Colombia.

Donde,

$L_T$ : longitud entre electrodos: 5m

$A$ : Área ocupada por la malla: 25 m<sup>2</sup>

$h$ : La profundidad de instalación de la malla: 4 m

Entonces,

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \right] * \left( 1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \quad (4.1-8)$$

$$= 80 \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{\sqrt{20 * 25}} \right) * \left( 1 + \frac{1}{1 + 4 * \sqrt{\frac{20}{25}}} \right) = 23.85 \Omega$$

11. Los calibres de los conductores de puesta a tierra de los equipos no deben ser menores a lo estipulado en la NTC -2050 sección 250-95, por tal motivo para el presente proyecto se determinan que el conductor de puesta a tierra tiene el mismo calibre que el conductor de fase más grande que circule en el circuito.
12. Los calibres de los conductores puestos a tierra (neutro) no deben ser menores a los calibres del sistema de puesta a tierra que circulen por el circuito, por tal motivo, para el presente proyecto se determinan los calibres equivalentes a los del sistema de puesta a tierra del ramal.

## 4.2 Regulaciones

### 4.2.1 Regulación en BT

Para los diferentes ramales de la red de baja tensión tenemos los siguientes valores de resistencias, reactancia e impedancia eficaz según las longitudes máximas de diseño y de acuerdo a esos valores se determina la caída de tensión.<sup>41</sup>

**Tabla 4-4:** Caída de tensión según los valores de reactancia y resistencia de los conductores.

	in (A)	AWG	R (ohm/km)	X (ohm/km)	Longitud máx. (m)	Z <sub>eff</sub> (ohm/km)	$\Delta T$ (fase/neutro)	$\Delta T$ % (caída de tensión)
TORNO 1	16.6	10	3.94	0.164	20	3.32	1.1	0.8
TORNO 2	16.6	10	3.94	0.164	20	3.32	1.1	0.8
FRESADORA 1	16.3 9	10	3.94	0.164	15	3.17	0.77	0.6
FRESADORA 2	16.3 9	10	3.94	0.164	15	3.17	0.77	0.6
CEPILLADOR 1	8.16	10	3.94	0.164	10	3.21	0.26	0.2
CEPILLADOR 2	8.16	10	3.94	0.164	10	3.21	0.26	0.2
E. SOLDAR 1	30	8	2.56	0.171	8	2.37	0.56	0.4
E. SOLDAR 2	30	8	2.56	0.171	8	2.37	0.56	0.4
ALUMBRADO Y A. ACONDICIONADO	20	10	3.94	0.164	2	3.96	0.158	0.1
TOMACORRIENTES	50	10	3.94	0.164	2	3.96	0.158	0.1
A. ACONDICIONADO 1	4	12	6.56	0.177	10	6.58	0.26	0.2
A. ACONDICIONADO 2	7.18	12	6.56	0.177	20	6.58	0.94	0.7

<sup>41</sup> Procedimiento desarrollado según la guía de regulación: Regulación de Tensión Eléctrica CENTELSA S.A.

ALUMBRADO TALLER	4.8	14	10.1 7	0.190	20	10.1	0.96	0.7
ALUMBRADO OFC 1 Y BAÑO	1	14	10.1 7	0.190	20	10.1	0.2	0.2
ALUMBRADO OFC 2	3	14	10.1 7	0.190	25	10.1	0.6	0.4
TOMACORRIENTE TALLER 1	11	12	6.56	0.177	20	6.5	1.43	1.1
TOMACORRIENTE TALLER 2	11	12	6.56	0.177	20	6.5	1.43	1.1
TOMACORRIENTE OFC 1	8	12	6.56	0.177	15	6.5	0.78	0.6
TOMACORRIENTE OFC 2	19	12	6.56	0.177	25	6.5	1.85	1.4

El valor máximo de caída de tensión calculado para los ramales de distribución de baja tensión es del 1.4 % y corresponde al circuito de los tomacorrientes de la oficina 2, este valor está dentro de lo permitido por la NTC-2050 que exige un valor máximo del 3 % para estos circuitos<sup>42</sup>. Para efecto de cálculo de cortocircuito se determina la impedancia eficaz con mayor caída de tensión y mayor longitud de conductor el cual de: 6.5 ohm/km para tomacorrientes de la oficina 2, entonces para una longitud máxima de 25 m se tiene:  $Z_{BT} = 0.162$  ohm.

#### 4.2.2 Regulaciones en transformador y acometida

Para el transformador determinado de diseño se tienen los valores estimados en la Tabla 3-20 del presente documento. Se aplican las siguientes ecuaciones para determinar impedancias, reactancias y resistencias.

$$Z = \frac{Z\%}{100} * \frac{U_{BT}^2}{P_n * 1000} \quad (4.2.2-1)$$

Entonces, para determinar la impedancia eficaz referida al transformador se aplica:

<sup>42</sup> Ver NTC-2050 en la Sección 215-2 Alimentadores. pág. 61

$$Z_T = \frac{3.5}{100} * \frac{220^2}{112.5 * 1000} = 15 \text{ m}\Omega \quad (4.2.2-2)$$

Aplicando la siguiente ecuación

$$\Delta T\% = \frac{Z_T * I_{BT}}{U_{BT}} * 100 = \frac{(0.015 * 212.3)\sqrt{3}}{220} * 100 = 2.5 \% \quad (4.2.2-3)$$

Como el transformador y el conductor de la acometida forman un circuito en serie se suman las caídas de tensión en ambos tramos de los mismos para obtener la general de la sección<sup>43</sup>. Los valores del conductor se obtienen según la Tabla 9 de la NTC -2050. Teniendo en el conductor  $Z_C = 0.0023 \Omega$  se resuelve de la siguiente manera:

$$\Delta T\% = \frac{Z_C * I_{BT}}{U_{BT}} * 100 = \frac{(0.0023 * 212.3)\sqrt{3}}{220} * 100 = 0.38 \% \quad (4.2.2-8)$$

La caída de tensión en la acometida es de 0.38 %, por lo tanto, al adicionar la pérdida en el transformador: 2.5 %, se tiene: 2.88 %. En el ramal de mayor caída de tensión de la regulación en BT, se tiene una caída de 1.4% que adicionando a la sección anterior se tiene un total de : 4.28 %total ,por lo tanto, cumple con lo exigido en la norma colombiana la cual dicta que este valor debe estar por debajo del 5%.

### 4.2.3 Corrientes de cortocircuito referidas a la red

Para determinar las corrientes de corto circuito en el primario del transformador, se debe tener en cuenta las características de la red, mencionadas en la sección 4.1 Malla a tierra del presente documento.

Según la IEC 60909 determina que para una red de baja tensión índice  $c= 1.1$  y el índice  $k = 60$  por la relación que existe entre la tensión del primario y la tensión del secundario del transformador.

---

<sup>43</sup> Procedimiento desarrollado según la guía de regulación: Regulación de Tensión Eléctrica CENTELSA S.A.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito se procede con las ecuaciones<sup>44</sup>:

$$Z_1 = c * \frac{U_{MT}^2}{S_R} \quad (4.2.2-9)$$

$$Z_1 = c * \frac{U_{MT}^2}{S_R} = \frac{1.1(13200^2)}{42388000} = 4.52 \Omega \quad (4.2.2-10)$$

Entonces, para la impedancia eficaz de todo el sistema se tiene:

$$Z_T = Z_1 + Z_T + Z_C + Z_{BT} = 4.52\Omega + 0.015\Omega + 0.0023\Omega + 0.162 = 4.68\Omega \quad (4.2.2-11)$$

Siguiente ecuación:

$$I_{CC} = c * \frac{U_{MT}}{\sqrt{3} * Z_T} = 1.1 * \frac{13200}{\sqrt{3} * 4.68} = 1791.2A = 1.791kA \quad (4.2.2-12)$$

Siguiente ecuación:

$$I_p = \sqrt{2} * I_{CC} = \sqrt{2} * 1.791 = 2.53kA \quad (4.2.2-13)$$

Siguiente ecuación:

$$I_k = k * \sqrt{2} * I_{CC} = 1.04 * \sqrt{2} * 2.53 = 2.63 kA \quad (4.2.2-14)$$

Compilando los valores tendríamos el resumen en la tabla 4-5:

<sup>44</sup> Ver Memoria de cálculos de ELECTRICARIBE archivo: Memoria CT VDF sección 6.3.

**Tabla 4-5:** valores de corrientes de cortocircuito referidas a la red<sup>45</sup>

Corriente simétrica en RMS en estado estable (k A)	1.791
Corriente máxima simétrica en estado estable (k A)	2.53
Corriente asimétrica en estado estable (k A)	2.63

---

<sup>45</sup> Lineamientos tomados de la norma IEC 60909 short circuit currents

## **5. Diseño de planos y simulación de red eléctrica**

### **5.1 Diseño de planos**

Su utiliza el software AutoCAD para graficar los planos de consulta de la red eléctrica, en estos se incluye en unifilar de cargas, el tablero principal basado en el cuadro de cargas, ubicaciones de los componentes eléctricos incluyendo luminarias y tomacorrientes y las rutas estimadas de la tubería conduit IMC<sup>46</sup>. Al proyecto se adjuntan los planos.

#### **5.1.1 Plano PL-0001**

En este plano se detallan las ubicaciones de los tomacorrientes de 220V hacia las máquinas del taller, los de la oficina 1 de 127V y las luminarias del primer piso del edificio, también se trazan las rutas proyectadas de los conductores por sus respectivas tuberías, el plano incluye los calibres de los conductores.

#### **5.1.2 Plano PL-0002**

En este plano se detallan las ubicaciones de los tomacorrientes de 127 V y luminarias del segundo piso del edificio, también se trazan las rutas proyectadas de los conductores por sus respectivas tuberías, el plano incluye los calibres de los conductores. Las ruta es valida por realizarse sobre un cielo raso.

#### **5.1.3 Plano PL-0003**

Este es el plano que indica el unifilar de cargas, mostrando la distribución de los circuitos desde la conexión de la red local hasta la salida a los gabinetes proyectados de alumbrado

---

<sup>46</sup> Los gráficos de los planos están basados en las normas IEC 60617, ANSI Y32, IEEE 315.

y tomacorrientes de 127V, incluye el valor de protecciones, el circuito de puesta a tierra y el calibre de los conductores.

#### **5.1.4 Plano PL-0004**

En este plano se hace referencia al cuadro de cargas del proyecto para dar acceso a la información de forma fácil.

#### **5.1.5 Plano PL-0005**

En este plano se hace referencia a la simbología usada, basada en la normada requerida por el RETIE la IEC 60617.

## **5.2 Resultados de simulación**

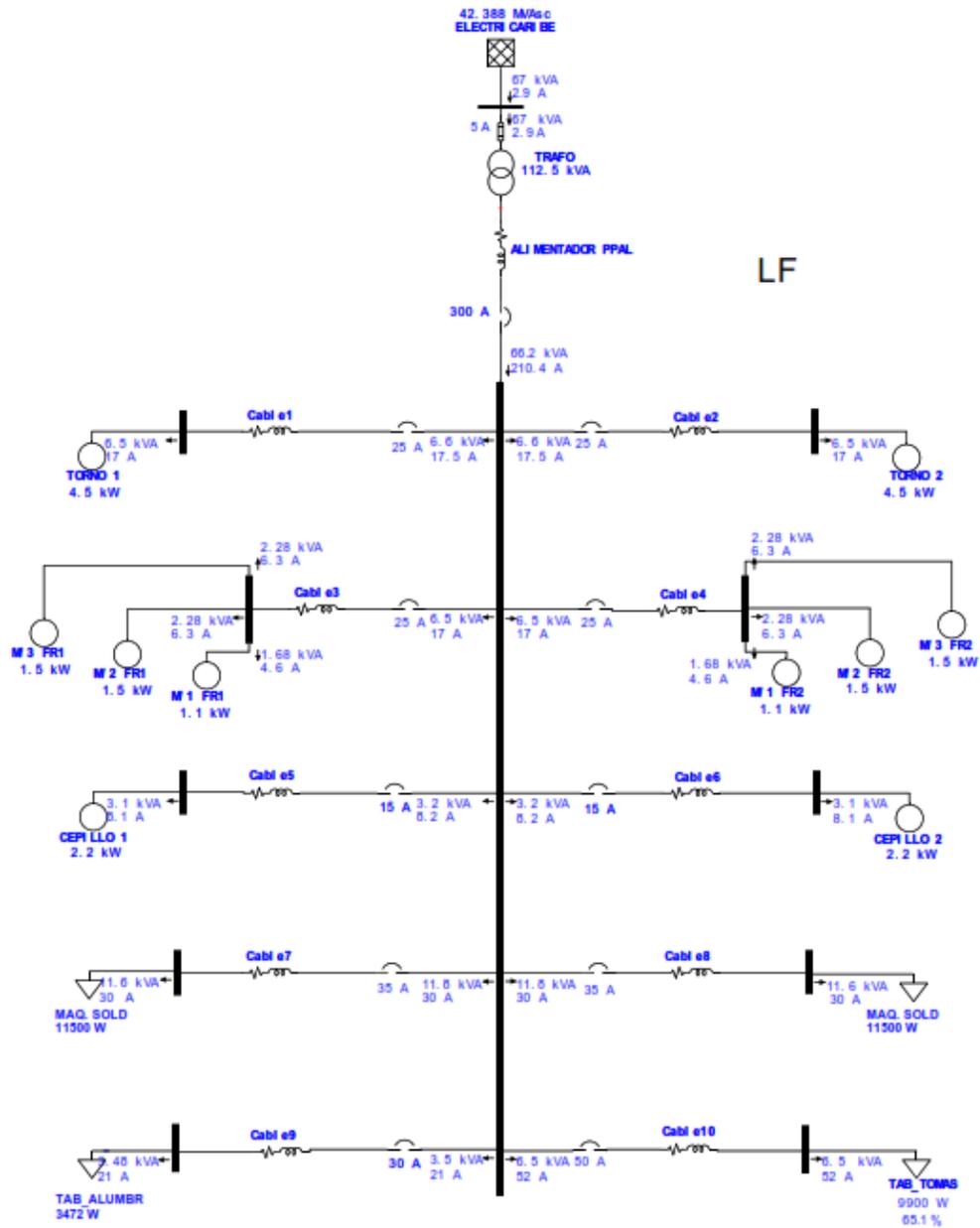
ETAP es un software de uso industrial que es capaz de calcular las impedancias, reactancias, tensiones, corrientes de corto circuito y demás valores electrotécnicos para tener referencias en el diseño de una red eléctrica.

Los cálculos realizados en el presente proyecto fueron simulados para determinar el comportamiento de las fallas de corto circuito<sup>47</sup> en la red, los tipos de fallas se representan en las figuras 6,7,8 ,9 y 10.

---

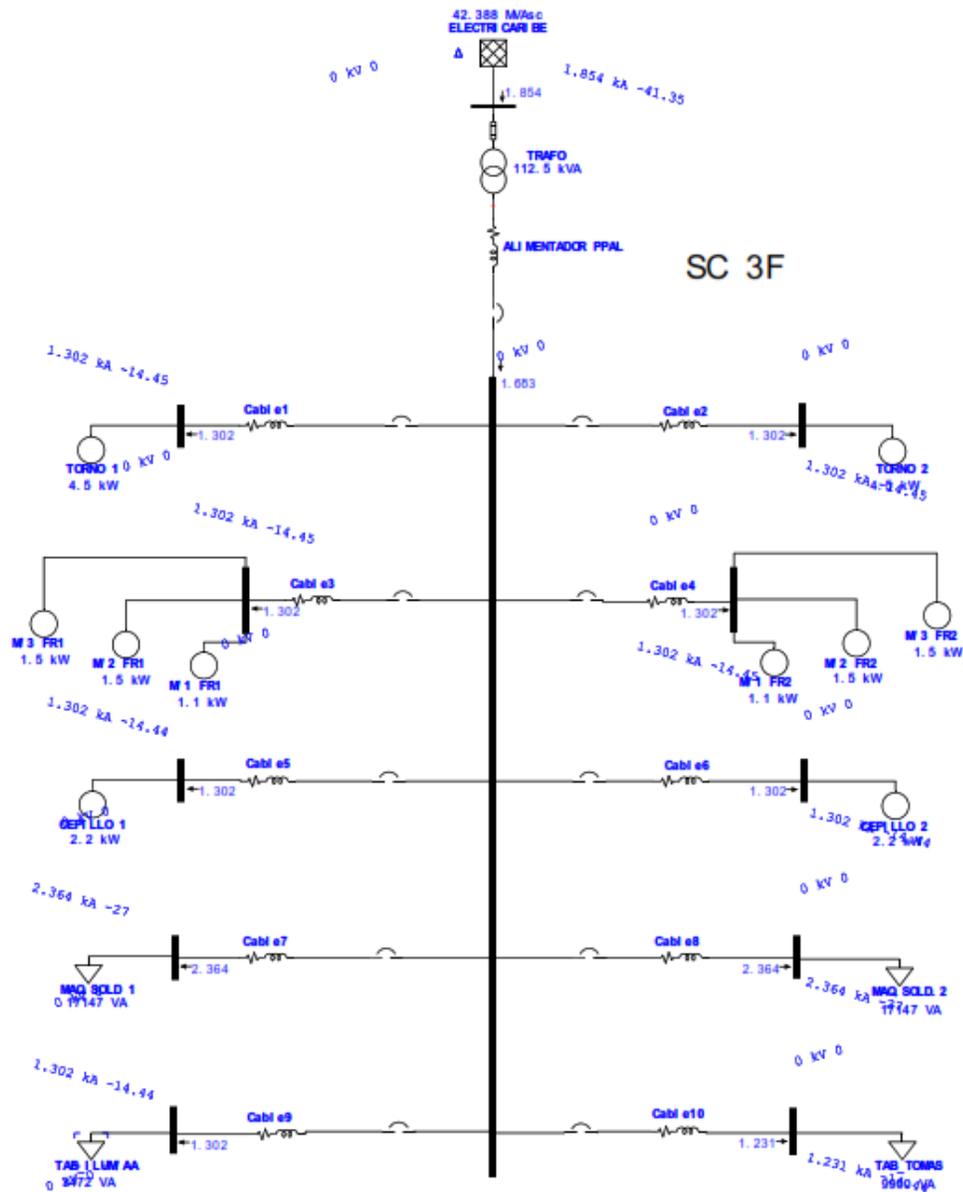
<sup>47</sup> Ver norma IEC 60909-SHORT CIRCUIT CURRENTS.

Figura 5-1. Corrientes nominales de simulación.



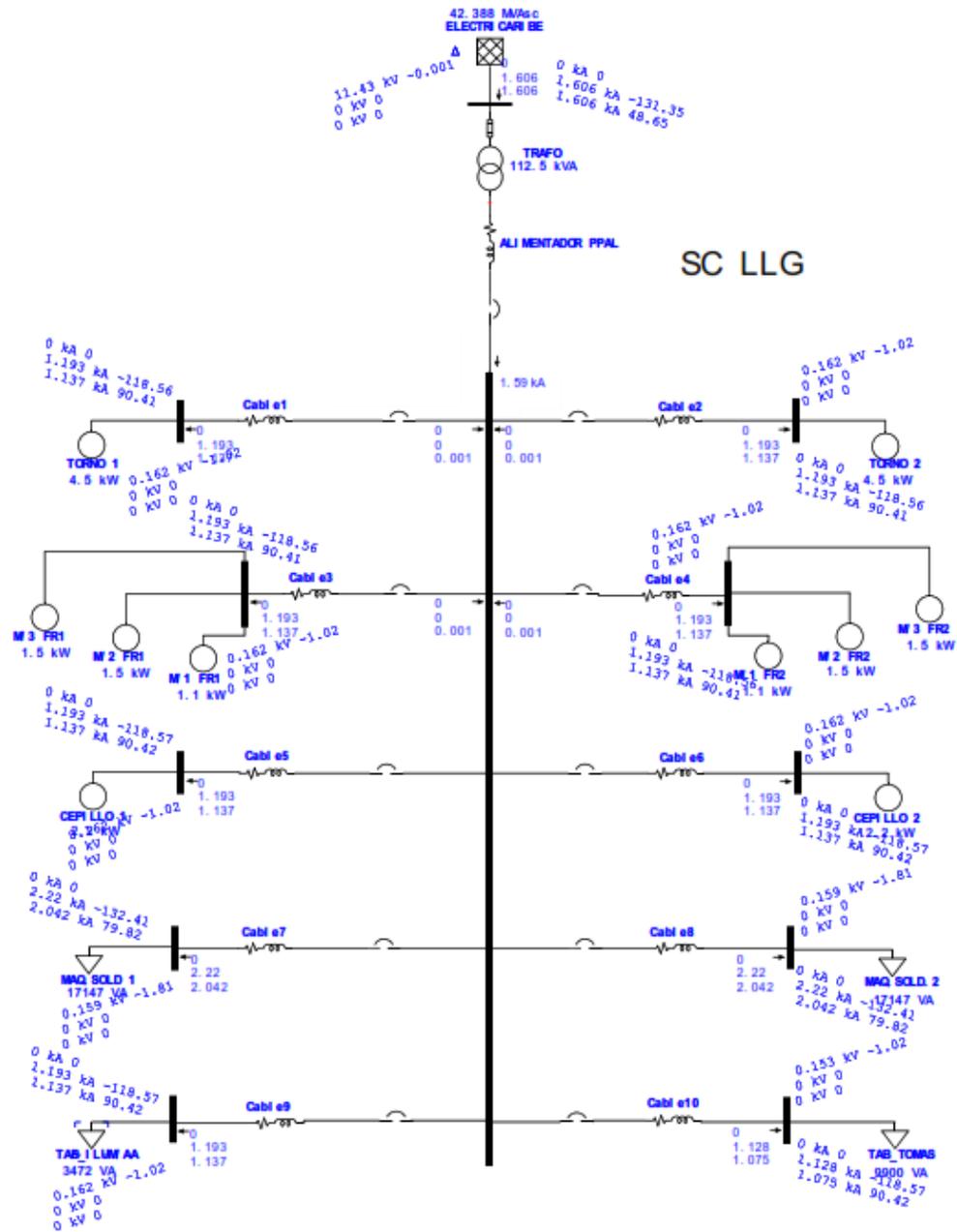
Fuente: Simulación propia

Figura 5-2: Falla de corto circuito en 3 fases



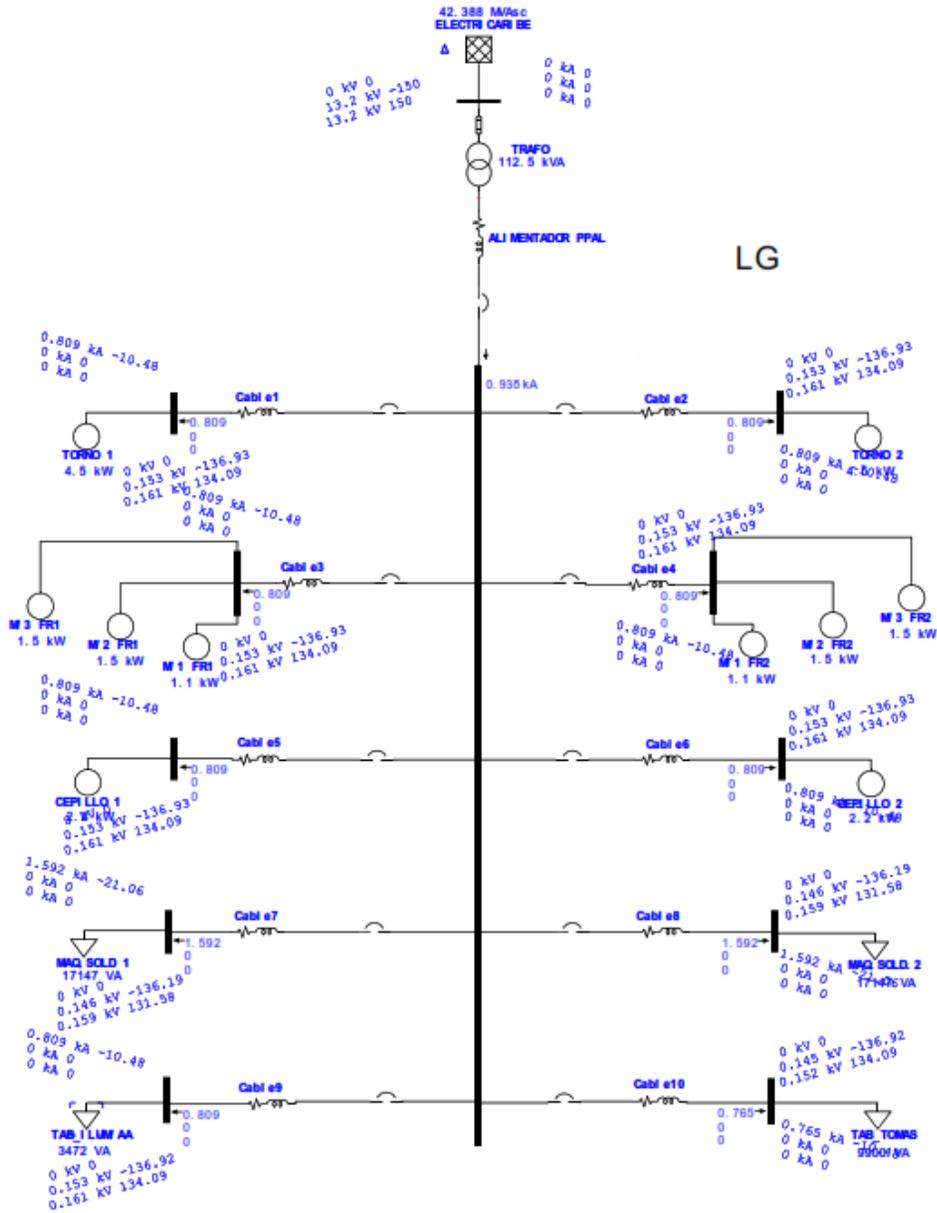
Fuente: Simulación propia

Figura 5-3: Falla de cortocircuito en 2 fases y tierra



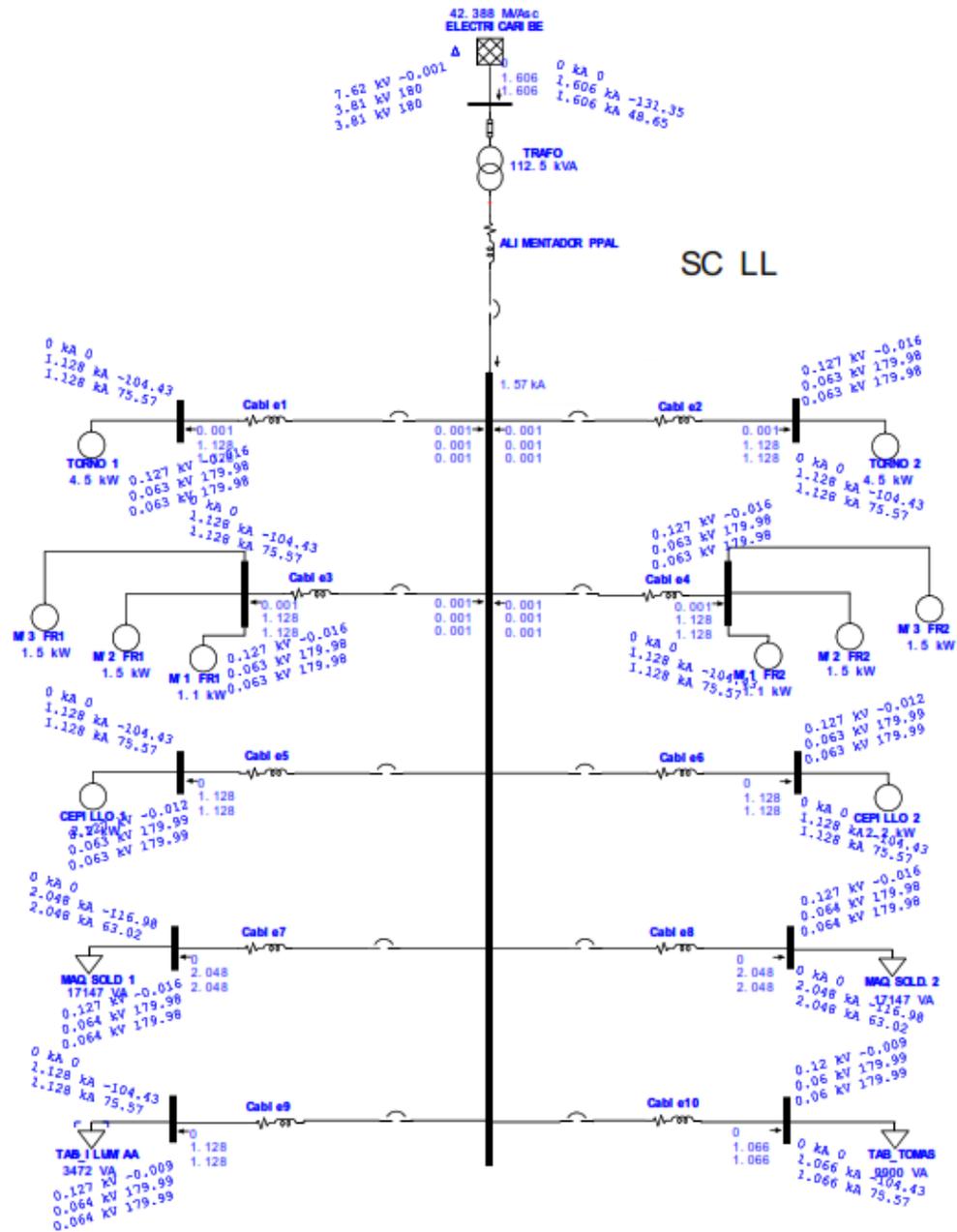
Fuente: Simulación propia

Figura 5-4: Falla a tierra de 1 fase y tierra



Fuente: Simulación propia

Figura 5-5: Falla de cortocircuito entre 2 fases



Fuente: Simulación propia

La simulación muestra las corrientes que circulan por los ramales dependiendo del tipo de falla, las cuales puede ser por contacto entre las tres fases, una fase con tierra, contacto entre dos fases y dos fases y tierra. Las corrientes de corto circuito están directamente ligadas a la reactancia del mismo, así que las corrientes más altas

**Tabla 5-1:** Tabla de comparación de valores.

	VALOR CALCULADO	VALOR DE SIMULACIÓN	% ERROR
Carga nominal total	64.53 kVA	66.2 kVA	2.5
Corriente nominal en el primario	2.8 A	2.9 A	3.5
Corriente de cortocircuito simétrica RMS	1.79 kA	1.85 kA	3.3
Corriente de cortocircuito en la acometida	1.69 kA	1.68 kA	0.5
Corriente nominal total	212.3 A	210.4 A	0.8
Potencia aparente del ramal torno 1 y 2	6345 VA	6600 VA	4
Corriente nominal del ramal torno 1 y 2	16.6 A	17.5 A	5.4
Potencia aparente del ramal de fresadora 1 y 2	6247 VA	6500 VA	4
Corriente nominal del ramal de fresadora 1 y 2	16.39 A	17 A	3.7
Potencia aparente del ramal del cepillo 1 y 2	3112 VA	3200 VA	0.5
Corriente nominal del ramal del cepillador 1 y 2	8.16 A	8.2 A	0.4
Potencia aparente del ramal equipo de soldar 1 y 2	11600 VA	11800 VA	1.7
Corriente nominal del ramal equipo de soldar 1 y 2	30 A	30 A	0
Potencia aparente nominal del ramal de alumbrado y aires acondicionados	3472 kVA	3500 kVA	0.8
Corriente nominal del ramal de alumbrado y aires acondicionados	20 A	21 A	5
Potencia aparente nominal del ramal de tomacorrientes	6450 kVA	6500 kVA	0.7
Corriente nominal del ramal de tomacorrientes	50 A	52 A	4

- La corriente simétrica RMS referida a la red es la corriente de cortocircuito mas alta del sistema, que comparado con el valor equivalente de simulación de cortocircuito trifásico muestra un error del 3.3 % que para las dimensiones dadas se determina que es correcta.
- El valor de corriente de cortocircuito en la acometida comprada con su equivalente simulada muestra un error del 0.5%, de esto se puede concluir que los procedimientos de la NTC-2050 son muy confiables.
- Según los valores nominales de carga y corriente totales de la red simulados, un transformador de 75 kVA podría satisfacer las necesidades de las cargas, inclusive, aplicando los procedimientos anteriores, se puede determinar una protección total de las cargas a 250 A, sin embargo, la corriente nominal de trabajo seria de: 196.8 A lo cual estaría por debajo de la corriente nominal calculada. Además, el transformador de 112.5 kVA brinda disponibilidad de expansión de cargas en un futuro.
- La corriente nominal del ramal de los equipos de soldadura no muestra diferencia con los valores calculados, por que el tramo de los conductores es bastante corto (8m) y además tienen el calibre mas grande (8 AWG) por lo tanto su reactancia es baja, que, al simular con el programa, este determine que los valores suministrados son prácticamente los mismos.
- Los valores nominales de corriente de los ramales de alumbrado, aire acondicionado y tomacorrientes están referenciados en sus datos a 127V provocando una inconsistencia con el bus principal de 220 V en la simulación, esto no significa que el dato es erróneo, significa que para tener mayor precisión en el valor simulado se debe crear un cuadro de cargas independiente para las cargas, sin embargo, el valor calculado esta respaldado por la normativa y cumple con toso los requerimientos.

- La Tabla 3-11 del presente documento dictamina el factor de demanda para los tomacorrientes, donde se tiene para 9900 W totales un factor de los primeros 3000 W más el 35 % de lo restante, teniendo 6450 W que para efectos de simulación representa un factor de demanda total del 65.1 % dando así más veracidad al resultado.
  
- El promedio general de todos los errores se encuentra en un 2.4 % dando así una buena indicación de que los valores dados en el proyecto son viables.

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

### **6.1 Conclusiones**

- Se diseñó una red eléctrica industrial de baja tensión para la empresa SOMECA S.A.S. que cumple con la normativa colombiana vigente del Ministerio de Minas y Energía.
- Se diseñó un sistema de puesta a tierra que cumple con los requerimientos de seguridad avalados por la normativa colombiana
- Se realizó análisis y estimaciones de la carga instalada y proyectada para proceder con el diseño de la red eléctrica industrial.
- Se realizó simulación con el software ETAP de la red eléctrica industrial, dando valores muy similares a los calculados, dando confiabilidad al proyecto.
- Se realizó simulación con el software ETAP de las fallas más comunes de cortocircuito como información adicional al proyecto.

### **6.2 Recomendaciones**

- El software ETAP es muy amplio en aplicaciones, extender el conocimiento en su uso, facilitara el desarrollo de este tipo de proyectos.

**Anexo A.** Hoja de datos de motor WEG para los tornos

	<b>SOMEICA S.A.S.</b>		Nr.: 00001251																										
			Fecha: 25-ABR-2020																										
<b>HOJA DE DATOS</b> <b>Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula</b>																													
Cliente : Giovanni Sanchez Línea del producto : W22 Carcasa de Hierro Gris - Standard Efficiency - IE1																													
Carcasa : 132S Potencia : 4,5 kW Frecuencia : 60 Hz Polos : 4 Rotación nominal : 1765 rpm Deslizamiento : 1,94 % Voltaje nominal : 220/380 V Corriente nominal : 16,6/9,63 A Corriente de arranque : 125/72,3 A Ip/In : 7,5 Corriente en vacío : 9,00/5,21 A Par nominal : 24,4 Nm Par de arranque : 200 % Par máxima : 340 % Categoría : --- Clase de aislación : F Elevación de temperatura : 80 K Tiempo de rotor bloqueado : 13 s (caliente) Factor de servicio : 1,15 Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : -20°C - +40°C Altitud : 1000 m Protección : IPW55 Masa aproximada : 58 kg Momento de inercia : 0,03011 kgm² Nivel de ruido : 61 dB(A)																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Delantero</th> <th>Trasero</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rodamiento</td> <td>6308 ZZ</td> <td>6207 ZZ</td> </tr> <tr> <td>Intervalo de lubricación</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de grasa</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>			Delantero	Trasero	Rodamiento	6308 ZZ	6207 ZZ	Intervalo de lubricación	---	---	Cantidad de grasa	---	---	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga</th> <th>Factor de potencia</th> <th>Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100%</td> <td>0,82</td> <td>86,5</td> </tr> <tr> <td>75%</td> <td>0,76</td> <td>86,0</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>0,63</td> <td>84,0</td> </tr> </tbody> </table>		Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)	100%	0,82	86,5	75%	0,76	86,0	50%	0,63	84,0
	Delantero	Trasero																											
Rodamiento	6308 ZZ	6207 ZZ																											
Intervalo de lubricación	---	---																											
Cantidad de grasa	---	---																											
Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)																											
100%	0,82	86,5																											
75%	0,76	86,0																											
50%	0,63	84,0																											
Observaciones:																													
Rendimiento de acuerdo con el método indirecto de IEC 60034-1:2007 con pérdidas aleatorias de la carga determinadas de las medidas.																													
Ejecutante			Verificado																										

**Anexo B.** Hoja de datos de motor WEG 1° para las fresadoras

	<b>SOMEICA S.A.S.</b>		Nr.: 01119985		
			Fecha: 21-ABR-2020		
<b>HOJA DE DATOS</b> Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula					
Cliente		: Giovanni Sanchez			
Línea del producto		: W22 Carcasa de Hierro Gris - High Efficiency - IE2			
Carcasa		: 90S			
Potencia		: 1,1 kW			
Frecuencia		: 60 Hz			
Polos		: 4			
Rotación nominal		: 1745 rpm			
Deslizamiento		: 3,06 %			
Voltaje nominal		: 220/380 V			
Corriente nominal		: 4,40/2,55 A			
Corriente de arranque		: 30,8/17,8 A			
Ip/In		: 7,0			
Corriente en vacío		: 2,60/1,51 A			
Par nominal		: 6,02 Nm			
Par de arranque		: 220 %			
Par máxima		: 290 %			
Categoría		: ---			
Clase de aislación		: F			
Elevación de temperatura		: 80 K			
Tiempo de rotor bloqueado		: 16 s (caliente)			
Factor de servicio		: 1,15			
Régimen de servicio		: S1			
Temperatura ambiente		: -20°C - +40°C			
Altitud		: 1000 m			
Protección		: IPW55			
Masa aproximada		: 19 kg			
Momento de inercia		: 0,00492 kgm <sup>2</sup>			
Nivel de ruido		: 51 dB(A)			
	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
Rodamiento	6205 ZZ	6204 ZZ	100%	0,78	84,0
Intervalo de lubricación	---	---	75%	0,70	83,5
Cantidad de grasa	---	---	50%	0,57	82,5
Observaciones: NEMA standard motor rating: type A					
Rendimiento de acuerdo con el método indirecto de IEC 60034-1:2007 con pérdidas aleatorias de la carga determinadas de las medidas.					
Ejecutante			Verificado		

## Anexo C. Hoja de datos de motor WEG 2º y 3º para las fresadoras

	SOMEICA S.A.S.		Nr.: 01122355		
			Fecha: 21-ABR-2020		
<b>HOJA DE DATOS</b> Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula					
Cliente		: Giovanni Sanchez			
Línea del producto		: W22 Carcasa de Hierro Gris - High Efficiency - IE2			
Carcasa		: 90S			
Potencia		: 1,5 kW			
Frecuencia		: 60 Hz			
Polos		: 4			
Rotación nominal		: 1745 rpm			
Deslizamiento		: 3,06 %			
Voltaje nominal		: 220/440 V			
Corriente nominal		: 6,00/3,00 A			
Corriente de arranque		: 42,6/21,3 A			
Ip/In		: 7,1			
Corriente en vacío		: 3,80/1,90 A			
Par nominal		: 8,21 Nm			
Par de arranque		: 220 %			
Par máxima		: 300 %			
Categoría		: ---			
Clase de aislación		: F			
Elevación de temperatura		: 80 K			
Tiempo de rotor bloqueado		: 11 s (caliente)			
Factor de servicio		: 1,15			
Régimen de servicio		: S1			
Temperatura ambiente		: -20°C - +40°C			
Altitud		: 1000 m			
Protección		: IPW55			
Masa aproximada		: 20 kg			
Momento de inercia		: 0,00492 kgm <sup>2</sup>			
Nivel de ruido		: 51 dB(A)			
	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
Rodamiento	6205 ZZ	6204 ZZ	100%	0,78	84,2
Intervalo de lubricación	---	---	75%	0,70	83,5
Cantidad de grasa	---	---	50%	0,57	81,0
Observaciones: NEMA standard motor rating: type A					
Rendimiento de acuerdo con el método indirecto de IEC 60034-1:2007 con pérdidas aleatorias de la carga determinadas de las medidas.					
Ejecutante			Verificado		

**Anexo D.** Hoja de datos de motor WEG para los Cepilladores.

	<b>SOMEICA S.A.S.</b>	Nr.: 01119956 <hr/> Fecha: 28-ABR-2020																																																				
<b>HOJA DE DATOS</b> <b>Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula</b>																																																						
Cliente : Giovanni Sanchez Línea del producto : W22 Carcasa de Hierro Gris - Premium Efficiency - IE3																																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 30%;">Carcasa</td><td>: 100L</td></tr> <tr><td>Potencia</td><td>: 2,2 kW</td></tr> <tr><td>Frecuencia</td><td>: 60 Hz</td></tr> <tr><td>Polos</td><td>: 4</td></tr> <tr><td>Rotación nominal</td><td>: 1740 rpm</td></tr> <tr><td>Deslizamiento</td><td>: 3,33 %</td></tr> <tr><td>Voltaje nominal</td><td>: 220/380/440 V</td></tr> <tr><td>Corriente nominal</td><td>: 8,16/4,72/4,08 A</td></tr> <tr><td>Corriente de arranque</td><td>: 68,5/39,7/34,3 A</td></tr> <tr><td>Ip/In</td><td>: 8,4</td></tr> <tr><td>Corriente en vacío</td><td>: 4,60/2,66/2,30 A</td></tr> <tr><td>Par nominal</td><td>: 12,1 Nm</td></tr> <tr><td>Par de arranque</td><td>: 380 %</td></tr> <tr><td>Par máxima</td><td>: 370 %</td></tr> <tr><td>Categoría</td><td>: ---</td></tr> <tr><td>Clase de aislación</td><td>: F</td></tr> <tr><td>Elevación de temperatura</td><td>: 80 K</td></tr> <tr><td>Tiempo de rotor bloqueado</td><td>: 24 s (caliente)</td></tr> <tr><td>Factor de servicio</td><td>: 1,25</td></tr> <tr><td>Régimen de servicio</td><td>: S1</td></tr> <tr><td>Temperatura ambiente</td><td>: -20°C - +40°C</td></tr> <tr><td>Altitud</td><td>: 1000 m</td></tr> <tr><td>Protección</td><td>: IPW55</td></tr> <tr><td>Masa aproximada</td><td>: 33 kg</td></tr> <tr><td>Momento de inercia</td><td>: 0,00968 kgm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Nivel de ruido</td><td>: 54 dB(A)</td></tr> </table>			Carcasa	: 100L	Potencia	: 2,2 kW	Frecuencia	: 60 Hz	Polos	: 4	Rotación nominal	: 1740 rpm	Deslizamiento	: 3,33 %	Voltaje nominal	: 220/380/440 V	Corriente nominal	: 8,16/4,72/4,08 A	Corriente de arranque	: 68,5/39,7/34,3 A	Ip/In	: 8,4	Corriente en vacío	: 4,60/2,66/2,30 A	Par nominal	: 12,1 Nm	Par de arranque	: 380 %	Par máxima	: 370 %	Categoría	: ---	Clase de aislación	: F	Elevación de temperatura	: 80 K	Tiempo de rotor bloqueado	: 24 s (caliente)	Factor de servicio	: 1,25	Régimen de servicio	: S1	Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C	Altitud	: 1000 m	Protección	: IPW55	Masa aproximada	: 33 kg	Momento de inercia	: 0,00968 kgm <sup>2</sup>	Nivel de ruido	: 54 dB(A)
Carcasa	: 100L																																																					
Potencia	: 2,2 kW																																																					
Frecuencia	: 60 Hz																																																					
Polos	: 4																																																					
Rotación nominal	: 1740 rpm																																																					
Deslizamiento	: 3,33 %																																																					
Voltaje nominal	: 220/380/440 V																																																					
Corriente nominal	: 8,16/4,72/4,08 A																																																					
Corriente de arranque	: 68,5/39,7/34,3 A																																																					
Ip/In	: 8,4																																																					
Corriente en vacío	: 4,60/2,66/2,30 A																																																					
Par nominal	: 12,1 Nm																																																					
Par de arranque	: 380 %																																																					
Par máxima	: 370 %																																																					
Categoría	: ---																																																					
Clase de aislación	: F																																																					
Elevación de temperatura	: 80 K																																																					
Tiempo de rotor bloqueado	: 24 s (caliente)																																																					
Factor de servicio	: 1,25																																																					
Régimen de servicio	: S1																																																					
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C																																																					
Altitud	: 1000 m																																																					
Protección	: IPW55																																																					
Masa aproximada	: 33 kg																																																					
Momento de inercia	: 0,00968 kgm <sup>2</sup>																																																					
Nivel de ruido	: 54 dB(A)																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 15%;">Delantero</th> <th style="width: 15%;">Trasero</th> <th style="width: 15%;">Carga</th> <th style="width: 15%;">Factor de potencia</th> <th style="width: 15%;">Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rodamiento</td> <td>6206 ZZ</td> <td>6205 ZZ</td> <td>100%</td> <td>0,79</td> <td>89,5</td> </tr> <tr> <td>Intervalo de lubricación</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>75%</td> <td>0,72</td> <td>88,2</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de grasa</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>50%</td> <td>0,59</td> <td>86,6</td> </tr> </tbody> </table>				Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)	Rodamiento	6206 ZZ	6205 ZZ	100%	0,79	89,5	Intervalo de lubricación	---	---	75%	0,72	88,2	Cantidad de grasa	---	---	50%	0,59	86,6																												
	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)																																																	
Rodamiento	6206 ZZ	6205 ZZ	100%	0,79	89,5																																																	
Intervalo de lubricación	---	---	75%	0,72	88,2																																																	
Cantidad de grasa	---	---	50%	0,59	86,6																																																	
Observaciones:																																																						
Rendimiento de acuerdo con el método indirecto de IEC 60034-1:2007 con pérdidas aleatorias de la carga determinadas de las medidas.																																																						
Ejecutante		Verificado																																																				

## Anexo E. Hoja de datos del equipo de soldadura Millermatic 350P

MIG TODO EN UNO  
GMAW

---

## Millermatic® 252

Consulte el catálogo n.º DC/12.49.

**Capacidad de soldadura**

Máx. 1/2 pulg. (13 mm)	Máx. 3/8 pulg. (9,5 mm)
Acero al carbono	Aluminio
Calibre mín. 22 (0,8 mm)	Calibre mín. 14 (1,9 mm)

La soldadura de aluminio utiliza la antorcha portacablete opcional Spoolmatic 15A o 30A.

**Control infinito de voltaje con medidores digitales autocalibrados** que permiten predefinir el voltaje y la velocidad de alimentación del alambre. Garantiza exactitud y obtención de parámetros precisos.

**¡EXCLUSIVO!** La función Auto-Gun Detect® ajusta automáticamente el voltaje, la velocidad del alambre y los temporizadores para cambiar rápidamente entre antorchas MIG, de empuje y arrastre, y el portacablete.

Los **temporizadores digitales incorporados** vienen con temporizadores predefinibles de prefluo/postfluo, postquemado, y temporizadores por puntos y diferidos (costuras). Temporizadores independientes para MIG y antorcha portacablete.

**Sistema con dos rodillos de accionamiento de aluminio para trabajo pesado.** El sistema de refrigeración **Fan-On-Demand™** solo funciona cuando se necesita reducir el consumo de energía y mantener limpios los componentes internos.

**Soldadura superior con aluminio MIG con conexión directa** opcional de antorcha portacablete Spoolmatic® 200 y Spoolmatic®/Spoolmatic Pro o antorchas XR® de empuje y arrastre. No es necesario adquirir ni instalar otros módulos.

**Industrial** ● **CV DC 1**

**Procesos**

- MIG (GMAW)
- Con núcleo fundente (FCAW)

**Incluye**

- Antorcha M-25. 15 pies (4,5 m), 250 A
- Cable de masa de 10 pies (3 m) con pinza
- Cable de alimentación de 10 pies (3 m) c/ enchufe en el modelo de 200/230 V
- Solenoide de gas instalado en fábrica
- Regulador/medidor de flujo y manguera de gas para argón o mezcla Ar/CO<sub>2</sub>
- Tren rodante/portacables de baja altura instalado en fábrica
- Rodillos reemplazables de alimentación de ranura doble de 0,030/0,035 pulg. (0,8/0,9 mm)
- Puntas de contacto de repuesto

**Accesorios más utilizados**

- Antorchas portacablete Spoolmatic® 200 y Spoolmatic® (págs. 18/19)
- Antorchas de empuje y arrastre refrigeradas por aire XR® (pág. 20)
- Portacables bajo doble EZ-Change® #300 337 (pág. 106)
- Soporte elevado para antorcha y cables #300 335 (pág. 106)
- Cubierta protectora #195 142 (pág. 109)

Visite MillerWelds.com o consulte con su distribuidor por otras opciones y accesorios de Miller®.

Modelo/número de piza	Rango de amperaje	Salida nominal	Entrada en A con la salida nominal, 60 Hz	Velocidad de alimentación de alambre	Tipo de alambre y diámetros admitidos	Dimensiones	Peso neto	
(#907 321) 200/208/230 V (#951 066*) 200/208/231 V	30-300	200 A a 28 VCC, ciclo de trabajo al 60%	48	9,5 7,5 (con ciclo de trabajo al 60%)	50-700 pulg./min (1,3-17,8 m/min)	Acero sólido 0,023-0,045 pulg. (0,6-1,2 mm) Inoxidable 0,019-0,041 pulg. (0,5-1,1 mm)	Alt.: 30 pulg. (762 mm) Ancho: 19 pulg. (483 mm) Prof.: 40 pulg. (1016 mm)	206 lb (94 kg)
		250 A a 24 VCC, ciclo de trabajo al 40%	46	23 18 9,5 7,5 (con ciclo de trabajo al 60%)		Con núcleo fundente 0,030-0,041 pulg. (0,8-1,1 mm)		
(#907 322) 230/460/575 V (#951 065*) 230/460/575 V								

---

## Millermatic® 350P

Consulte el catálogo n.º DC/12.61.

**Capacidad de soldadura**

Máx. 1/2 pulg. (13 mm)	Máx. 1/2 pulg. (13 mm)
Acero al carbono	Aluminio
Calibre mín. 24 (0,8 mm)	Calibre mín. 18 (1,2 mm)

La soldadura de aluminio emplea una antorcha opcional de empuje y arrastre Alum-Pro.

**Programas integrados para MIG pulsado** Toda la información programada se restaura después de cada encendido – aluminio/acero/acero inoxidable/núcleo metálico.

**Control infinito de voltaje con medidores digitales autocalibrados** que permiten predefinir el voltaje y la velocidad de alimentación del alambre. Garantiza exactitud y obtención de parámetros precisos.

**¡EXCLUSIVO!** La función Auto-Gun Detect® ajusta automáticamente el voltaje, la velocidad del alambre y los temporizadores para cambiar rápidamente entre antorchas MIG, de empuje y arrastre, y el portacablete.

Los **temporizadores digitales incorporados** vienen con temporizadores predefinibles de prefluo/postfluo y temporizadores por puntos. Temporizadores independientes para MIG y antorcha de empuje y arrastre.

**Sistema de cuatro rodillos de alimentación de aluminio para trabajo pesado.** El sistema de refrigeración **Fan-On-Demand™** solo funciona cuando se necesita reducir el consumo de energía y mantener limpios los componentes internos.

**Industrial** ● **CV DC 3 1**

**Procesos**

- MIG (GMAW)
- Con núcleo fundente (FCAW)
- MIG pulsado (GMAW-P)

**Incluye**

- Antorchas BTB de 15 pies (4,5 m) Demand® 300 A con consumibles Centerline®
- Cable de masa de 10 pies (3 m) con pinza
- Cable de alimentación industrial de 10 pies (3 m), sin enchufe, monofásico o trifásico
- Solenoide de gas instalado en fábrica
- Regulador/medidor de flujo y manguera de gas para argón o mezcla Ar/CO<sub>2</sub>
- Tren rodante/portacables bajo, instalado en fábrica
- Rodillos de alimentación reversibles, con ranura en V de 0,035/0,045 pulg. (0,880 mm/1,14 mm) (pico rodillos con ranura en U para soldadura en aluminio)
- Puntas de contacto de repuesto

**Accesorios más utilizados**

- Antorchas portacablete Spoolmatic® (pág. 19)
- Antorchas de empuje y arrastre refrigeradas por aire XR® (pág. 20)
- Portacables doble #195 299 (pág. 106)
- Cubierta protectora #195 142 (pág. 109)

Visite MillerWelds.com o consulte con su distribuidor por otras opciones y accesorios de Miller®.

Número de piza	Potencia	Rango de amperaje	Salida nominal	Entrada en A con la salida nominal, 60 Hz	Velocidad de alimentación de alambre	Tipo de alambre y diámetros admitidos	Dimensiones	Peso neto
(#907 300) 200/230/ 480 V	Trifásica	25-400	300 A a 32 VCC, ciclo de trabajo a 60%	34	30 15 11,6 11,5	Antorcha MIG 50-700 pulg./min (1,3-17,8 m/min)	Alt.: 34 pulg. (863 mm) Ancho: 19 pulg. (483 mm) Prof.: 41 pulg. (1041 mm)	181 lb (82 kg)
				59	61 30 13,1 11,2	Antorcha de empuje y arrastre/portacablete opcional 50-800 pulg./min (1,3-20 m/min)		

10

**Anexo F. Características de A/A 9000 BTU 220V ON-OFF**

Home > Climatización - Aire acondicionado



**ELECTROLUX** Código: 4193357

Aire Acondicionado Electrolux 🔗  
9000 BTU 220V On-Off

★★★★★ (0)  
[Escribir comentario](#)

---

**Tipo de entrega** **\$ 1.129.900 (Oferta)**  
\$ 1.239.900

Disponible para despacho a domicilio  
[Revisar disponibilidad >](#)

Acumula 1129 CMR Puntos

[AGREGAR A LA BOLSA >](#)

**Calcula tu cuota CMR**  
10 cuotas de \$ 125.985. >

**Asegura este producto** ^

1 Año \$139.990

2 Años \$244.990

3 Años \$454.990

Especificaciones

Capacidad de enfriamiento	9000
Tecnología Inverter	No
Modo	Frio
Clasificación energética	D
Potencia	864 W
Control remoto incluido	Si

Información del Producto

**Garantía del proveedor**

- 1 año y 5 años de garantía en el compresor.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

La instalación y materiales que se requieran en la misma no están incluidos en el costo del producto. El valor puede variar de acuerdo a los materiales que se necesiten para instalar el producto, los cuales no están incluidos en el valor de la mano de obra.

La instalación no incluyen obra civil o adecuaciones de punto de agua o gas; cualquier trabajo o material adicional que tenga que ver con instalaciones eléctricas, hidráulicas o civiles no está contemplado.

Teléfono de contacto Bogotá 7442968 Teléfono de contacto Nacional 18000180382 Horarios de Servicio Lunes a Viernes 9am-1pm. 2pm-5pm. Sabados 9 am-12 pm; Que incluye la instalación? / Costo No incluye Instalación

**Máximo 3 productos por cliente**

Máximo de 1 a 3 unidades de este producto por cliente y por transacción. El

Precio de este producto es para compra online [Ver términos y condiciones.](#)

## Anexo G. Características de A/A 18000 BTU 220V INVERTER

Home &gt; Climatización - Aire acondicionado



SAMSUNG

Código: 4712898

Aire acondicionado Inverter 18000   
AR18TVFZAWK/CB

★★★★★ (0)

[Escribir comentario](#)

Tipo de entrega

Disponibile para despacho a domicilio  
[Revisar disponibilidad >](#)

**\$ 2.229.900 (Oferta)**

\$ 2.807.900

Acumula 2225 CMR Puntos

[AGREGAR A LA BOLSA >](#)

Calcula tu cuota CMR  
10 cuotas de \$ 218.637. >



Asegura este producto 

 1 Año \$269.990

 2 Años \$343.490

 3 Años \$555.990

## Especificaciones

Capacidad de enfriamiento	17 743 Btu/h
Tecnología Inverter	Sí
Modo	Frío
Clasificación energética	C
Potencia	1580 W
Control remoto incluido	Sí

## Información del Producto

## AR9500T Wall-mount Aire Acondicionado con Fast Cooling

Diseñado para un enfriamiento más rápido, amplio y mejor

Rápido enfriamiento

**Anexo H. Características de luminaria del taller**



**LED Hermética**

LED HERMETICA 2X18W T8 PC NW

P37652



Luminaria industrial tipo hermética, con tubo LED difusor en policarbonato, 2x18W 18, de alta eficacia. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

**CARACTERÍSTICAS**

Chasis en policarbonato resistente al impacto  
Acabado profesional con soportes tipo clip de policarbonato  
Fácil mantenimiento

**APLICACIONES**

Bodegas y áreas de almacenamiento  
Estacionamientos  
Ambientes industriales



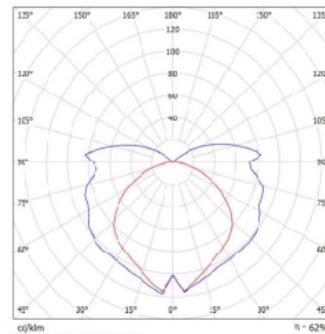
DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	4000 K (NW)	Acabado	Gris	Potencia de entrada	36 W
Eficiencia Óptica Luminaria (LOR)	65%	Grado de protección IP   IK	IP65   IK06	Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Flujo luminoso (Fuente)	3600 lm	Dimensiones (LxWxH)	1270x100x60 mm	Corriente de entrada	0.3 A @ 120 V
Ángulo de apertura	120°	Tipo de montaje	Sobrepl/Suspender	Factor de potencia	>0.90
Tipo de distribución	Directa simétrica	Chasis	Policarbonato	Distorsión armónica (THD)	<20%
Reproducción de color (IRC)	80	Material óptica	Difusor PC	Tipo de driver	Integrado en el tubo
Vida útil	40000 h L70	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

El flujo luminoso efectivo de la luminaria corresponde al flujo de las fuentes multiplicado por la eficiencia óptica.

**DIMENSIONES**



**FOTOMETRÍA**



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 06/19.

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

## Anexo I. Características de la luminaria de oficina 1

**SYLVANIA****Luminarias LED Lineal**

IEDI INFAI COMERCIAL 40W CW UNV

P27770



Luminaria lineal LED con driver independiente, distribución de luz homogénea sin sombras, proporciona un sistema de iluminación limpio y sencillo, apta para iluminación directa o indirecta.

**CARACTERÍSTICAS**

Diseño moderno y compacto con strip LED y difusor opalizado

Driver atenuable tipo 0-10V para integrar la luminaria con un sistema o tablero de control de iluminación  
Fácil instalación

**APLICACIONES**

Iluminación comercial  
Iluminación residencial  
Oficinas



**Ultra Delgado**

**DATOS ÓPTICOS**

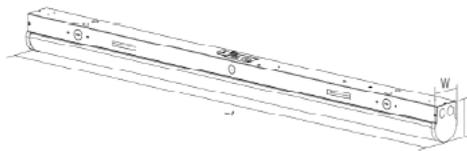
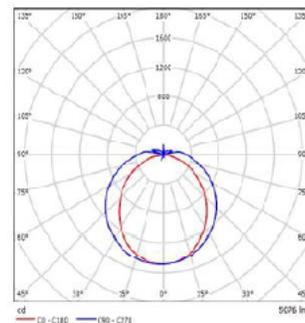
Temperatura de color	5000 K (CW)
Flujo luminoso	5200 lm
Ángulo de apertura	120°
Tipo de distribución	Directa simétrica
Reproducción de color (IRC)	>80
Vida útil	50000 h L70
Eficiencia	130 lm/W

**DATOS FÍSICOS**

Acabado	Blanco
Grado de protección IP	IP20
Dimensiones (LxWxH)	1220x85x90 mm
Tipo de montaje	Sobreponer
Chasis	Aluminio
Óptica	Difusor PC opal
Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +40°C

**DATOS ELÉCTRICOS**

Potencia de entrada	40 W
Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.37 A @ 120 V
Factor de potencia	0.9
Distorsión armónica (THD)	<20%
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	SI (0-10V)

**DIMENSIONES****FOTOMETRÍA**

Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 02/18

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by **FEILO SYLVANIA**

**Anexo J. Características de la luminaria de oficina 2**



**LED Panel**

LED PANEL SQ 36W DL UNV IVY  
P23255



Luminaria tipo Panel LED de alta eficacia con diseño delgado y driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

**CARACTERÍSTICAS**

Diseño moderno con fuente de iluminación lateral basada en LED SMD y difusor opacizado  
Delgado y liviano con disipador de calor integrado  
Instalación incrustado.  
Opción de instalación colgante (guayas y accesorios no incluidos)

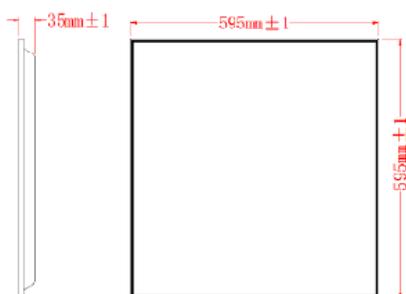
**APLICACIONES**

Adecuado para aplicaciones de iluminación interior  
Iluminación general en oficinas e instalaciones educativas  
Iluminación general en comercio y consultorios

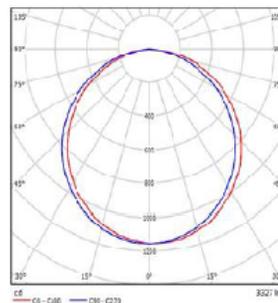


DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	36 W
Flujo luminoso	3200 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	110-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	115°±5°	Dimensiones (LxWxH)	595x595x35 mm	Corriente de entrada	0.3 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Incrustar	Factor de potencia	>0.5
Reproducción de color (IRC)	>80	Chasis	Aluminio	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	30000 h L/L	Óptica	Difusor PMMA	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	89 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

**DIMENSIONES**



**FOTOMETRÍA**



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 07/19.

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

## Anexo. K. Características de la luminaria del baño

**SYLVANIA**

**LED Panel Sobreponer**  
**LED PANEL RD 12W DL MV SP**  
**P27179**

Luminaria tipo panel LED de sobreponer, de uso interior. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

**CARACTERÍSTICAS**

Diseño moderno con fuente LED SMD de alta eficacia.

Marco con difusor opalizado

Alto flujo luminoso en tamaño compacto

**APLICACIONES**

Iluminación residencial

Restaurantes, Hoteles

Zonas comunes

**DATOS ÓPTICOS**

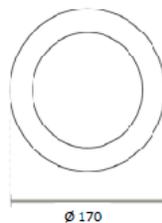
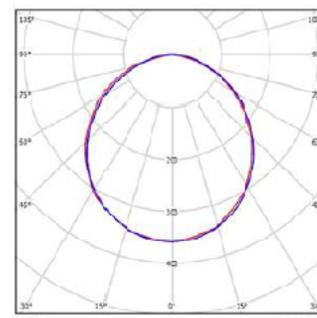
Temperatura de color	6500 K (DL)
Flujo luminoso	750 lm
Ángulo de apertura	120°
Tipo de distribución	Directa simétrica
Reproducción de color (IRC)	>80
Vida útil	25000 h L70
Eficacia	63 lm/W

**DATOS FÍSICOS**

Acabado	Blanco
Grado de protección IP	IP20
Dimensiones (DxH)	Φ170x28 mm
Tipo de montaje	Sobreponer
Chasis	Plástico + PMMA
Óptica	Difusor opalizado
Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +50°C

**DATOS ELÉCTRICOS**

Potencia de entrada	12 W
Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	0.2 A @ 120 V
Factor de potencia	0.5
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO

**DIMENSIONES****FOTOMETRÍA**

Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 09/18

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by **FEILO SYLVANIA**



**Anexo L. Sección de valores nominales del transformador de 112.5 kVA según fabricante ABB**

CRITERIO		UNIDAD	75 kVA 13200 V 220V/127		112.5 kVA 13200 V 220V/127	
Potencia Nominal		kVA	75	112.5	75	112.5
Diseño			32W	32W	32W	32W
Tipo			TIPO POSTE	ANSI / ICONTIC	ANSI / ICONTIC	ANSI / ICONTIC
Normas de fabricación y pruebas			ANSI / ICONTIC	ACELITE	ACELITE	ACELITE
Método refrigeración			13200	13200	13200	13200
Voltaje primario		V	220V/127	220V/127	220V/127	220V/127
Voltaje secundario en vacío		V	3	3	3	3
Número de Fases			3	3	3	3
Materiales de los devanados AT / BT			Cu	Cu	Cu	Cu
Frecuencia		Hz	60	60	60	60
Grupo de conexión			Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5
Nivel de aislamiento de los devanados de AT		kV	95	95	95	95
Nivel de aislamiento de los devanados de BT		kV	30	30	30	30
Tensión aplicada de ensayo AT a 60 Hz - 1 min		kV	34	34	34	34
Tensión aplicada de ensayo BT a 60 Hz - 1 min		kV	10	10	10	10
Número de aisladores alta tensión		#	3	3	3	3
Número de aisladores baja tensión		#	4	4	4	4
Aumento de temperatura promedio de los devanados		°C	65	65	65	65
Pérdidas Garantizadas e Impedancia			265	265	265	265
Pérdidas con carga (Po / NLL)		W	1690	1690	1690	1690
Pérdidas sin carga (Pcu / LL y*)		W	1395	1395	1395	1395
Pérdidas Totales (PT) **		W	85	85	85	85
Temperatura de referencia		°C	3.5	3.5	3.5	3.5
Impedancia máxima		%	<= 10000	<= 10000	<= 10000	<= 10000
Altura de operación		mshmm				
Características del núcleo			ENROLLADO	ENROLLADO	ENROLLADO	ENROLLADO
a. Descripción ( enrollado o aplado)			ASTM A-34	ASTM A-34	ASTM A-34	ASTM A-34
b. Norma lamina magnética			0.23	0.23	0.23	0.23
c. Espesor de la lamina magnética		mm	TIPO U	TIPO U	TIPO U	TIPO U
d. Método de fijación del núcleo al tanque						
Commutador de derivación:						
a. Número de posiciones			5	5	5	5
b. Distribución posiciones cambiador			+1 / -3 -2.5%	+1 / -3 -2.5%	+1 / -3 -2.5%	+1 / -3 -2.5%
c. Tipo de operación			SIN VOLTAJE	SIN VOLTAJE	SIN VOLTAJE	SIN VOLTAJE
Printura			GRIS PERLA	GRIS PERLA	GRIS PERLA	GRIS PERLA
a. Color de acabado			ELECTROSTÁTICA	ELECTROSTÁTICA	ELECTROSTÁTICA	ELECTROSTÁTICA
b. Método de pintura		Micras	85	85	85	85
c. Espesor pintura			RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035	RAL 7035
d. Referencia Internacional pintura						
Presentación tanque						
a. Tipo de Tanque			RECTANGULAR	RECTANGULAR	RECTANGULAR	RECTANGULAR
b. Material			ACERO ESTÁNDAR	ACERO ESTÁNDAR	ACERO ESTÁNDAR	ACERO ESTÁNDAR
c. Dimensiones Monofásico (Diámetro * Altura)		mm	NA	NA	NA	NA
d. Dimensiones Trifásico (Ancho * Profundidad * Altura)		mm	1150 x 700 x 950	1300 x 900 x 950	1300 x 900 x 950	1300 x 900 x 950
e. Peso neto estinado		kg	400	500	500	500
f. Método de presentación tanque			CONVENCIONAL /ANSI	CONVENCIONAL /ANSI	CONVENCIONAL /ANSI	CONVENCIONAL /ANSI
g. Tipo de tapa			ATORNILLADA	ATORNILLADA	ATORNILLADA	ATORNILLADA
h. Sujeción parte activa			BRIDA	BRIDA	BRIDA	BRIDA
Parámetros eléctricos						
a. Regulación al 1.00% de carga y FP de		1.00	1.51	1.63	1.51	1.63
b. Regulación al 1.00% de carga y FP de		0.90	2.73	2.67	2.73	2.67
c. Regulación al 100% de carga y FP de		0.80	3.10	3.05	3.10	3.05
d. Eficiencia al 125% de la carga y FP de		0.80	97.84	97.00	97.84	97.00
e. Eficiencia al 100% de la carga y FP de		0.80	97.79	97.90	97.79	97.90
f. Eficiencia al 75% de la carga y FP de		0.80	96.09	96.21	96.09	96.21
g. Eficiencia al 50% de la carga y FP de		0.80	96.24	96.30	96.24	96.30
h. Eficiencia al 25% de la carga y FP de		0.80	97.83	97.99	97.83	97.99
Accesorios Incluidos						
Válvula de sobrepresión sin contactos			1	1	1	1
Indicador de Nivel de Aceite tipo visor			1	1	1	1
Commutador trifásico de 5 posiciones			3	3	3	3
Bujes A.1. Cerámicos BIL 140			4	4	4	4
Bujes B.1. Poliméricos BIL 30						
Ruedas llantas 120 mm						

Anexo M. Proyecto instalado por ELECTRICARIBE en condiciones similares



DIAGRAMA PUNTO DE CONEXIÓN

DATOS DE LA SOLICITUD		DATOS PUNTO DE CONEXIÓN/GRUPO	
Expediente número:	P.232020030012	Subestación:	SAN FRANCISCO (MONTEJOX)
Nombre Proyecto:	INST. EDUCATIVA TOPES PAVI (ERA)	Circuito:	BOLIVAR SUR
Delegación:	BOLIVAR SUR	Nivel de Tensión:	13.200V
Carga actual del suministro (KVA):	5.009	Carga Total Aprobada (KVA):	12.5
Carga Solicitada (KVA):	107.491	Fecha de aprobación:	19/02/2018

DATOS CIRCUITO	
Título:	4.3381 Soc. (KVA)
Sec. (MVA):	11.171
Sec. (kA):	1.773 (oc. (kA))
R. (Ohm):	3.704 (R. (Ohm))
X. (Ohm):	3.272 (X. (Ohm))
	7.294

NOTAS PARA LA CONEXIÓN

1. LEEB. CARTA DE NOTIFICACIÓN DE FACILIDAD ADJUNTA.

2. ADECUAR PTO. DE CONEXIÓN ACORDE A NORMAS GAS NATURAL ELECTRICARIBE, RETIE Y NTC 2050

3. CARGA DE PROYECTO 1125 KVA, CUMPLIENDO LO SOLICITADO EN FACILIDAD DADO SOBRE EL TRAMO DE RED COD EDI 110/2424 PROPIEDAD ELECTRICARIBE.

4. AJUSTAR FUSIBLES TENIENDO EN CUENTA LA ENTRADA DE LA NUEVA CARGA.

5. UNIFICAR FUSIBLES TIPO D PARA LA CONEXIÓN DEL TRAFFO, ECA.

6. LAS CONEXIONES A LOS CIRCUITOS DEBEN SER EN CU 2 DE SINDO

8. TODOS LOS MATERIALES DEBEN SER ACORDE A NORMAS GAS NATURAL SEGÚN EL AMBIENTE.

9. SI EL CLIENTE REQUIERE USAR APOYOS EXISTENTE COMO ARRANQUE DEL PROYECTO O DENTRO DEL PROYECTO, DEBE REEMPLAZAR TODO ELEMENTO EXISTENTE EN MAL ESTADO O QUE NO CUMPLAN NORMAS IEC, ECA Y RETIE.

10. TODO CAMBIO VO/ADECUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y REDES EXISTENTES, CORRE POR CUENTA DEL CLIENTE

11. TODOS LOS ARMARIOS MEDIA TENSION DEBEN ESTAR CON SU RESPECTIVO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, ASÍ COMO LOS FINES DE LINEA DE APOYOS DE BAJA TENSION

12. TODOS LOS TRABAJOS SE REALIZARÁN EN CALIENTE, SI SE NECESITA REALIZAR EL DESCARGO EN FRÍO EL CLIENTE PAGARÁ LA ENERGÍA DE ALTA DE SUMINISTRAR Y LA COMPENSACIÓN POR PRESTACIÓN DE SERVICIO, CON LAS TARIFFAS VIGENTES AL MOMENTO DEL DESCARGO.

BOLIVAR SUR DIRECCION. CR 2ª N° 25. 31

NOTAS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA:

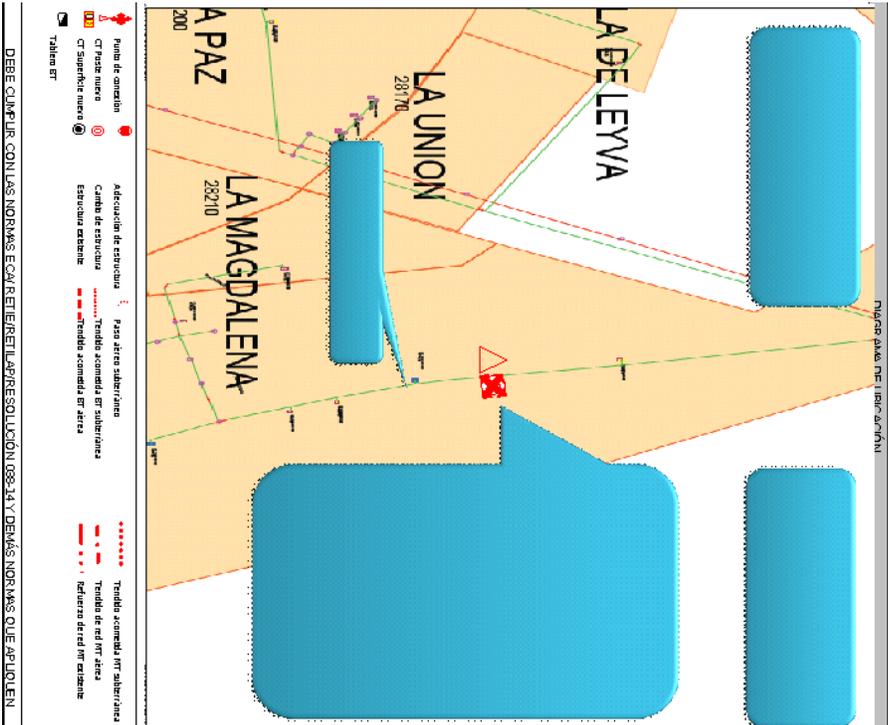
1. ELECTRICARIBE S.A. E. S.P. se reserva el derecho de modificar el punto de conexión asignado al proyecto, de acuerdo con las condiciones del sistema de distribución al momento de solicitar la conexión de la carga. Los costos asociados a la modificación que se presente, deben ser asumidos por el cliente.

2. Las recomendaciones para la construcción de su proyecto eléctrico debe cumplir con la gestión y presentación de los respectivos permisos que le aplican al mismo:

- Permisos ambientales;
- Permisos de paso y servidumbres;
- Permiso especial por el tránsito de transporte (Ley 1228 del 2008);
- Permisos de uso de suelo;
- Otros permisos que apliquen al proyecto.

REALIZADO POR: CRISTIAN MONTAÑO

DEBE CUMPLIR CON LAS NORMAS ECA, RETIE Y EL APRESOLUCIÓN 089-14 Y DEMÁS NORMAS QUE APPLIQUEN



● Punto de conexión  
○ CT FASE NUEVO  
○ CT SUPLENIR NUEVO  
○ Adecuación de estructura  
○ Cambio de estructura  
○ Estructura existente  
○ Paso aéreo subterráneo  
○ Tendido acomoda en subterráneo  
○ Tendido acomoda en aérea  
○ Tendido de red en aérea  
○ Tendido de red en existente  
○ Tablero BT

# Bibliografía

Polo, J. R. R. (2000). Circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos. Fundamentos teóricos y ejercicios resueltos. Universitat de Lleida.

Balzer, G. (2016, October). Short-circuit calculation with fullsize converters according to iec 60909. In 21 st Conference of Electric Power Supply Industry, CEPSI.

Bastian, P. (2001). Electrotecnia (Vol. 1). Ediciones Akal.

Becerra, K. E. R. (2016). Análisis del mantenimiento preventivo en un motor eléctrico asíncrono por temperatura de trabajo (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología en Mecatrónica).

Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (2011). LUMINOTECNIA: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida.

Castaño, J. S. R., & Plata, E. A. C. (2010). Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. Universidad Nacional de Colombia.

Centeno Torres, J. F., Sanchez, I., & Armando, F. (2012). Analisis, Calculo Y Diseno De Un Sistema De Distribucion En Media Y Baja Tension Para La Electrificacion Rural De Los Usuarios De La Vereda Las Hortensias Del Corregimiento El Llanito Municipio Barrancabermeja (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones).

Colombiano, C. E. (1998). NTC 2050. Bogotá DC: el Instituto.

Cubides Cristancho, J. J., & Herrera Lozano, C. F. (2006). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de mantenimientos locativos Cuhe Ltda. en la ciudad de Bogotá DC, localidad Antonio Nariño barrio, ciudad Berna.

Forero Galan, N. E., & Manrique Sandoval, J. S. (2014). *Calculo Y Diseno De Redes De Media Y Baja Tension Como Proyecto De Electrificacion, Para El Progreso, Desarrollo Y Comodidad, De La Vereda El Guaimaral En Giron Santander* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones).

Kilburn, J. A., & Daugherty, R. H. (1999). NEMA Design E motors and controls. What's it all about?. *IEEE industry applications magazine*, 5(4), 26-40.

Md, M. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas*. Bogotá DC, 708.

Posada, B. S. D. (2016). *Diseño de red eléctrica de distribución secundaria (baja tensión) para un sector de 250 viviendas Corales-Cuba* (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Eléctrica).

Storage, E. E. (2011). *International Electrotechnical Commission (IEC). White Paper*, Geneva, Switzerland..