

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE 400 kW PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

ELABORADO POR:

JOSE CLEVER CHERO CHOQUE

 [0009-0001-5706-8239](https://orcid.org/0009-0001-5706-8239)

Asesor

Dr. JAVIER CHAVEZ VIVAR

 [0000-0002-1979-4264](https://orcid.org/0000-0002-1979-4264)

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Chero Choque [1]
Referencia/Reference	[1] J. Chero Choque, " <i>Diseño de un sistema eléctrico de 400 kw para incrementar la disponibilidad de energía eléctrica en una planta industrial</i> " [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Chero, 2023)
Referencia/Reference	Chero, J. (2023). <i>Diseño de un sistema eléctrico de 400 kw para incrementar la disponibilidad de energía eléctrica en una planta industrial</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedicado a Dios nuestro creador y salvador, a mis queridos padres que me ayudaron con amor, mis hermanos, mi esposa, mis hijos y los familiares que me apoyaron y sostuvieron; así mismo a mis profesores y formadores que me transmitieron el mensaje de las ciencias e ingeniería, a mis amigos y colegas que compartimos conocimientos y experiencias en el camino de la ingeniería; y distinguir a dos seres humanos mi amigo y mentor y a el hombre del oriente que aprendió a leer sin intervención de una escuela.

“Hacer el bien es el deber por el deber, y está dentro de nosotros” como ser humano.

Agradecimientos

A todos los colaboradores de la empresa ANDES PERU ENERGIA S.A.C.; me brindaron la confianza total, así mismo de los colaboradores de RANDON PERÚ S.A.C., que fueron totalmente transparentes en la información proporcionada para el diseño, desarrollo y ejecución de esta instalación eléctrica en su planta industrial, a ENEL por darnos las facilidades a SEINTON S.A.C. por la asesoría especializada en ingeniería, e Instituciones gubernamentales tales como el OSINERGMIN, que contribuyeron, ayudaron y que siempre estaré agradecido porque sé que esta investigación será una de las llaves que permitirá abrir las puertas de más conocimiento a las siguiente generación.

RESUMEN

Esta investigación consiste en elaborar un diseño del sistema eléctrico para la planta industrial de montaje y/o fabricación de componentes mecánicos para la industria del transporte de carga pesada; las máquinas y equipo eléctricos operan en dos niveles de tensión; los puentes grúa en 460 Voltios y los demás operan en 220 Voltios.

La limitada capacidad de corriente del alimentador de la conexión eléctrica existente, y de los componentes eléctricos no admite un incremento de energía; que permita disponer más energía en esta planta industrial para una potencia de 400 kW.

Nos valemos de la información obtenida en investigaciones afines y de aquellas donde se consiguen definiciones, términos y conceptos fundamentales para esta investigación.

Se plantea la hipótesis de que si el diseño del sistema eléctrico preparado para 400kW, permitiría incrementar la disponibilidad de energía eléctrica en la planta industrial

La investigación es cuantitativa con un enfoque metodológico que se centra principalmente en los aspectos observables y medibles de los fenómenos.

El método experimental de esta investigación permite observar, identificar y analizar las causas y efectos al diseñar el sistema eléctrico.

El tipo de investigación es aplicada, el conocimiento científico y técnicos, el impacto es práctico para generar conocimiento por el incrementos de disponibilidad de energía eléctrica en la planta industrial.

Se contrasta la hipótesis inicial, la orientación de esta investigación es hacia el resultado, porque será objetiva, precisa, con inferencia y verificabilidad.

En esta investigación, se tendrá una perspectiva del investigador desde dentro, inmersos y/o próximos a los datos, involucrándose directamente con los participantes y los datos.

Palabras claves — Sistema Eléctrico Industrial, Potencia Eléctrica, Máxima Demanda, Caída de tensión, energía eléctrica en plantas industriales, Carga reactiva en la industrial, Incremento de la disponibilidad energética.

ABSTRACT

This research consists of developing a design of the electrical system for the industrial assembly and/or manufacturing plant of mechanical components for the heavy load transportation industry; Electrical machines and equipment operate at two voltage levels; The overhead cranes operate at 460 Volts and the others operate at 220 Volts.

The limited current capacity of the feeder of the existing electrical connection, and of the electrical components, does not allow an increase in energy; that allows more energy to be available in this industrial plant for a power of 400 kW.

We use the information obtained in related research and those where definitions, terms and concepts fundamental to this research are obtained.

The hypothesis is raised that if the design of the electrical system prepared for 400kW would allow increasing the availability of electrical energy in the industrial plant

The research is quantitative with a methodological approach that focuses mainly on the observable and measurable aspects of the phenomena.

The experimental method of this research allows us to observe, identify and analyze the causes and effects when designing the electrical system.

The type of research is applied, the scientific and technical knowledge, the impact is practical to generate knowledge by increasing the availability of electrical energy in the industrial plant.

The initial hypothesis is contrasted, the orientation of this research is towards the result, because it will be objective, precise, with inference and verifiability.

In this research, there will be a perspective of the researcher from within, immersed and/or close to the data, getting directly involved with the participants and the data.

Keywords — Industrial Electrical System, Electrical Power, Maximum Demand, Voltage drop, electrical energy in industrial plants, Reactive load in industrial plants, Increase in energy availability.

PRÓLOGO

En los sistemas eléctricos industriales todo incremento de requerimiento de energía eléctrica; se refleja en el cambio de diseño por el incremento de equipos y máquinas que operan en el nuevo proceso de producción, estos componentes que conforman el sistema eléctrico están seleccionados y dimensionados para que garanticen una utilización en forma segura, confiable y económica..

En esta investigación se desarrolla en seis capítulos, respaldada con diferentes fuentes de sustento bibliográfico, estudios desarrollados, y generando nuevos aportes a la presente investigación y que se desarrollan según los siguientes capítulos.

En el capítulo I, Corresponde a la “Introducción”, generalidades acerca del alcance en magnitud y profundidad del diseño y de las normas para diseñar un sistema eléctrico.

Describimos la problemática de esta investigación, para el incremento de la disponibilidad de energía en una conexión de baja tensión se verifica las condiciones existentes y así como el valor máximo permitido por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), se encontró detalles del problema para aumentar la disponibilidad de energía en el diseño del sistema eléctrico. Estableciendo el objetivo para diseñarlo para una disponibilidad de 400kW de una planta industrial.

Se muestran los antecedentes investigativos referente a las instalaciones eléctricas industriales cuando se requiere un incremento de disponibilidad de energía.

Se investigó antecedentes internacionales y nacionales, semejantes y/o con alguna relación con las palabras claves de este tema de investigación.

En capítulo II, Corresponde el “marcos teórico y conceptual”, en el teórico se desarrolla diferentes definiciones y conceptos relacionados directamente con los fenómenos eléctricos, para el diseño del sistema eléctrico en redes industriales de baja tensión; investigaciones importantes relacionadas con esta investigación, según las palabras clave que define el diseño eléctrico en plantas industriales.

En el marco conceptual se indican los términos de una sola palabra pertinente a la investigación relacionada directamente al diseño del sistema eléctrico.

En capítulo III, corresponde a la “hipótesis y operacionalización de variable”, que se desarrolla en esta investigación, es decir la finalidad y el aporte para elaborar el diseño del sistema eléctrico preparado para la potencia de 400 kW, permitirá incrementar su disponibilidad de energía eléctrica en esta planta industrial.

La variable independiente del diseño con los indicadores de caída de tensión, corriente, tensión, resistencia entre otros nos servirá para entregar el aporte a esta investigación para el diseño del sistema eléctrico.

La variable dependiente con los indicadores de potencia activa, potencia reactiva Energía activa entre otras podremos incrementar la disponibilidad de la energía y así cumplir con la finalidad de la investigación para disponer de más energía eléctrica en la planta industrial.

En capítulo IV explicamos la metodología de la investigación según las características epistemológicas, para este diseño del sistema eléctrico preparado para 400kW es de naturaleza cuantitativa, porque de las 7 características 5 son cuantitativa y 2 son cualitativas, esta predominancia de las cuantitativas podremos afirmar que es cuantitativa. Se indica la unidad de análisis de este tema de investigación la cual se encuentra ubicada en la Av. Argentina 4090 - Callao, Perú; así mismo mostramos la matriz de consistencia del diseño del sistema eléctrico.

En capítulo V Es el desarrollo del trabajo de investigación donde se detalla el aspecto temático en detalle con los cuadros de carga las encuestas, entrevistas desarrollada para efectuar los diferentes cálculos, desarrollo de planos, esquemas, simulaciones características de montaje, desarrollo de diseños de tableros, cálculo de alimentadores dimensionamientos entre otros del diseño eléctrico.

En capítulo VI Con todo lo obtenido en el desarrollo del trabajo de investigación se realizó el análisis de los resultados de esta investigación de manera integral sobre el diseño, la topología del sistema eléctrico, el análisis de la subestación ofrece continuidad a toda la red eléctrica y de cómo la disponibilidad de energía en esta planta será reflejado en forma eficiente conforme se incrementan las cargas hasta el límite máximo de potencia 400 kW.

Tabla de Contenido

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
PRÓLOGO.....	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del Problema de Investigación.....	4
1.3 Objetivo.....	8
1.4 Antecedentes Investigativos.....	8
1.4.1 Investigaciones Internacionales.....	8
1.4.2 Investigaciones Nacionales.....	12
CAPÍTULO II. MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	14
2.1 Marco teórico.....	14
2.1.1 El Diseño Eléctrico.....	14
2.1.2 Cuadro de Cargas.....	18
2.1.3 Máxima Demanda.....	18
2.1.4 Corriente Nominal.....	19
2.1.5 Caída de Tensión.....	23
2.1.6 Corriente de Cortocircuito.....	25
2.1.7 Sistema de Puesta a Tierra.....	27
2.1.8 Energía Resiliente.....	28
2.2 Marco Conceptual.....	29
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
3.1 Hipótesis.....	30
3.2 Variables e Indicadores.....	30
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
4.1 Tipo y Nivel de la Investigación.....	31
4.2 Unidad de Análisis.....	31
4.3 Método o Enfoque del Diseño de la Investigación.....	32
Matriz de Consistencia.....	35
CAPÍTULO V. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.1 Recolección de Datos.....	37
5.1.1 Distribución de la Carga Eléctrica en Planta.....	37
5.1.2 Disposición de los Equipamientos Eléctricos.....	43
5.1.2 Demanda Máxima y Potencia Total.....	45
5.2 Procesamiento de Datos.....	47

5.2.1 Cálculos Iniciales	47
5.2.2 Cálculos Justificativos.....	49
5.3 Análisis de la Información	60
5.3.1 Evaluación de la Carga Eléctrica	60
5.3.2 Análisis del Sistema Eléctrico.....	61
5.3.3 Análisis de la Mejor Alternativa de Diseño	63
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
6.1 Evaluación del Aspecto Técnico Económico	65
6.2 Contrastación de la Hipótesis Planteada.....	65
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	72

Lista de Tablas

Tabla 1.1: Conexiones Eléctricas en Baja Tensión (220V y 380V).....	4
Tabla 1.2.: Conexiones Eléctricas en Media Tensión (10 kV, 13.2/7.62kV, 20 kV y 22.9/13.2kV).....	6
Tabla 4.1 Matriz de Consistencia.....	35
Tabla 5.1 Potencia Requerida para Operación de Máquinas en kVA	43
Tabla 5.2 Listado de Carga Requerida en la Planta Industrial	44
Tabla 5.3 Potencia Instalada de la Planta Industrial	45
Tabla 5.4 Máxima Demanda y Potencia Total.....	46
Tabla 5.5 Potencia Requerida para las Cargas Eléctricas en kW.....	48
Tabla 5.6 Corriente de Demanda Máxima.....	50
Tabla 5.7 Cálculo Línea Base por Capacidad de Corriente y Caída de Tensión	51
Tabla 5.8 Cálculos Primer Escenario	51
Tabla 5.9 Cálculos Segundo Escenario	52
Tabla 5.10 Cálculos Tercer Escenario.....	52
Tabla 5.11 Cálculos Cuarto Escenario	53
Tabla 5.12 Cuadro de Cálculos Corriente de CortoCircuito	54
Tabla 5.13 Diseño de la Protección Eléctrica en Base al Diagrama Unifilar - TGN 1 ...	55
Tabla 5.15 Longitud de Recorrido de Alimentadores Principales	56
Tabla 5.16. Longitud de Recorrido de Alimentadores en el Área de Pintura.....	57
Tabla 5.17 Longitud de Recorrido de Alimentadores en el Área de Puente Grúa.....	57
Tabla 5.18 Cuadro de la Sección del Conductor de Puesta a Tierra.....	58
Tabla 5.19 Cuadro de Cálculos por Capacidad de Corriente y Caída de Tensión	59
Tabla 5.20. Distribución Inicial de la Carga Eléctrica de la Unidad de Análisis	60
Tabla 5.21 Distribución Final de la Carga Eléctrica de la Unidad de Análisis	61
Tabla 5.22 Cuadro de Ponderación de Criterios.....	63
Tabla 5.23 Cuadro de la Evaluación de Ponderación de Criterios.....	64

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1.1: Investigación al Diseñar el Sistema Eléctrico de 400kW	1
Figura 2.1: Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas en General	14
Figura 2.2: Ejemplo de Perfil de Demanda Diario	19
Figura 2.3: Diagrama Unifilar con Componentes Básicos del Sistema Eléctrico	20
Figura 2.4: Diagrama Unifilar Genérico Eléctrico Industrial	21
Figura 2.5 Componentes de un Circuito Eléctrico Simple.....	24
Figura 2.6 Caída de Tensión en Circuito Eléctrico, Similar a Pérdidas en Sistema Hidráulico	24
Figura 2.7 Procedimiento de Cálculo de Icc - Proyecto de Instalación.....	26
Figura 4.1: Ubicación Geográfica Planta Industrial RANDON Perú	32
Figura 4.2: Vista Frontal Exterior de Unidad de Análisis	32
Figura 5.1 Flujograma de la investigación.....	36
Figura 5.2 Distribución Centralizada en Instalaciones Industriales	37
Figura 5.3 Distribución del Área para Iluminación Industrial.....	38
Figura 5.4 Recopilación de Datos en Campo para Iluminación Industrial	38
Figura 5.5 Distribución de Área para la Cabina de Pintura.....	39
Figura 5.6 Distribución y Ubicación de Compresora en Planta Industrial.....	39
Figura 5.7. Área Asignada de Puente Grúa Tipo Pórtico	40
Figura 5.8: Vista Interior del Área de Puente Grúa y Máquinas de Soldar.....	40
Figura 5.9 Distribución de Máquinas de Soldar Monofásica y Trifásica	41
Figura 5.10 Distribución de Energía en Planta Industrial	42
Figura 5.11 Inspección de Instalaciones eléctricas existente	42
Figura 5.12 Disposición Centralizada de un Sistema Eléctrico.....	43
Figura 5.13 Diagrama Unifilar Básico en Planta Industrial.....	49
Figura 5.14 Diagrama Unifilar de Subestación Eléctrica Particular	62
Figura 5.15. Diagrama Unifilar de distribución de la red de utilización	63

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El diseño de un sistema eléctrico de las instalaciones eléctricas industriales se dimensiona para una carga eléctrica específica según requerimiento de la unidad de análisis, la necesaria para la operación de la unidad de negocio.

El propósito de todo sistema eléctrico es proporcionar la energía eléctrica al equipo de utilización específico, en forma segura, confiable y económica. (Enríquez Harper, G. (2012) *“Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales”*).

El problema de la incrementar la disponibilidad de energía en las instalaciones eléctricas de la planta industrial, de esta unidad de análisis en estudio, debido a un incremento de carga eléctrica, que se necesitó para el funcionamiento de una nueva maquinaria.

Emplearemos parte de la escalera de conocimiento para descubrir, observar, describir y analizar en esta investigación, por el Dr. Barrutia Feijoo, W. (2023).

En la figura 1.1 resumimos cómo funcionó esta investigación, en este tema de estudio.

Diagrama por el Dr. Barrutia Feijoo, W. (2023)

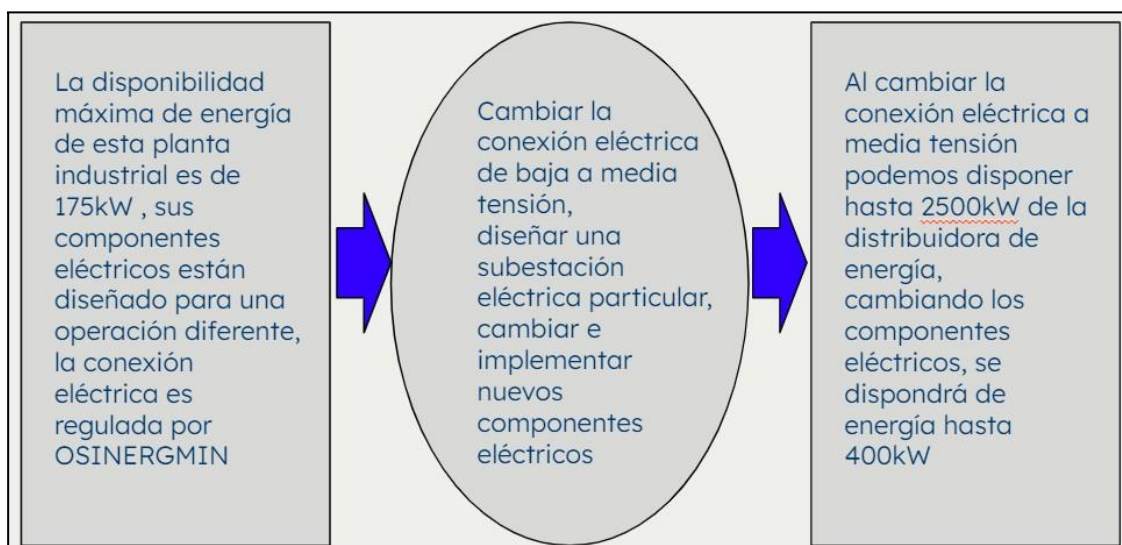


Figura 1.1: Investigación al Diseñar el Sistema Eléctrico de 400kW

Fuente: Elaboración Propia

Se revisó toda la situación inicial de las instalaciones eléctricas industriales, se encontró que su disponibilidad máxima de energía era 175kW, y el tipo de conexión eléctrica era en baja tensión y la regulación de osinergmin no es posible solicitar potencia mayor a 300 kW, resolver este problema es solicitando una nueva conexión eléctrica en media tensión.

El personal responsable de planta tenía conocimientos básicos de electricidad y tenía claro los requerimientos de energía a distribuir en toda la planta industrial.

Incluir una subestación eléctrica dentro del área de la planta industrial fue necesario para solicitar un suministro eléctrico para una conexión en media tensión, estas conexiones de media tensión son disponibles hasta 2500 kW de potencia.

El diseño del sistema eléctrico existente, tenía tableros eléctricos, equipos de protección, conductores del alimentador principal y circuitos derivados, sistema de alumbrado, instalaciones puestas a tierra, tomacorrientes entre otros.

Para cambiar el nivel de tensión de baja a media tensión, se instaló una subestación tipo caseta, esta se preparó en base a las coordinaciones técnicas con la distribuidora de energía eléctrica de Lima (ENEL), esta requiere una operación inicial en media tensión con 10000 Voltios y luego en 29000 Voltios, esta subestación se ubicará dentro de la planta industrial en el área menor disponible que no interfiera con los otros servicios y la operación de la planta industrial.

Esta subestación es el equipamiento eléctrico necesario para la nueva disponibilidad de energía, trabaja a la intemperie y es de tipo compacta, equipada con una celda de transformación para un transformador de potencia de 500kVA, celda de protección de media tensión con seccionador – fusible, y una celda de baja tensión equipada con interruptores de baja tensión para protección de los diferentes cargas y un transformador de 45 kVA de 220 / 460V exclusiva para una grúa eléctrica.

En este diseño se ha previsto el respaldo de energía, ante un evento imprevisto de falta de energía de la distribuidora de electricidad, mediante un equipamiento eléctrico de un tablero de transferencia, para entrar en servicio la emergencia de suministro de energía desde un grupo electrógeno móvil externo.

El problema para el diseño y montaje de los alimentadores eléctricos para las máquinas de soldar debido a la potencia y por la distancia del punto más alejado de la toma industrial respecto al tablero principal, se realizó cálculos para varios escenarios de alimentadores y agrupamiento de cargas a fin de encontrar el más conveniente técnico y económico.

La energía en la planta se distribuirá en dos magnitudes de voltaje, en 220 Voltios para todos los tableros de fuerza y sub tableros, y otro en 460 Voltios que será exclusivamente para las grúas tipo pórtico de esta industria.

En el diseño eléctricos los cables alimentadores hasta los subtableros a través de ductos con tuberías subterráneas y desde los subtableros con tuberías conduit hacia las áreas indicadas de producción y oficinas administrativas.

La selectividad del sistema de protección y coordinación contra sobrecargas y cortocircuitos será tanto para la media y baja tensión.

La distribución de los cables de energía es a través de banco ductos de concreto, tuberías conduit; en caso que sean estrictamente necesario se rellenarán con sellos cortafuegos los pases o cualquier acceso del recorrido de los cables siempre y cuando no contravenga el sistema de ventilación natural que deben tener los cables.

Esta instalación eléctrica está prevista con sistemas de tierra para Media Tensión, Baja Tensión, y para el sistema de Corrientes Débiles (comunicaciones).

Esta Investigación comprende diseñar un sistema eléctrico para incrementar la disponibilidad de energía en una planta industrial, para una demanda máxima de 400kW.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

Una realidad problemática de las instalaciones eléctricas en la industria, se presenta cuando un incremento de carga eléctrica supera los diseños existentes, se cambian los diseños del sistema eléctrico con el fin de disponer la energía eléctrica requerida por el aumento de carga eléctrica que supera los límites máximos establecido; en esta investigación se busca encontrar el diseño correspondiente, para cubrir este incremento nos lleva a replantear todos los componentes del sistema eléctrico existente.

Este problema, involucra un cambio en el tipo de conexión y opción tarifaria, e inclusive se da un cambio en la alimentación del nivel de tensión por parte de la suministradora de energía eléctrica.

Tipo	Subtipo	Fases	Potencia conectada (Pc) (1)	Aérea	Subterránea
C1	C1.1	Monofásica	$P_c \leq 3 \text{ kW}$	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6-BT7	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6-BT7
C1	C1.2	Monofásica	$3 \text{ kW} < P_c \leq 10 \text{ kW}$	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6-BT7	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6-BT7
C2	C2.1	Trifásica	$P_c \leq 10 \text{ kW}$	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6 BT2-BT3-BT4	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6 BT2-BT3-BT4
C2	C2.2	Trifásica	$10 \text{ kW} < P_c \leq 20 \text{ kW}$	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6 BT2-BT3-BT4	BT5A/B/C/D/E/F/I BT6 BT2-BT3-BT4
C3	C3.1	Trifásica	$20 \text{ kW} < P_c \leq 50 \text{ kW}$	BT5A/B/C/D/E BT2-BT3-BT4	BT5A/B/C/D/E BT2-BT3-BT4
C4	C4.1	Trifásica	$50 \text{ kW} < P_c \leq 75 \text{ kW}$	BT2-BT3-BT4	BT2-BT3-BT4
	C4.2	Trifásica	$75 \text{ kW} < P_c \leq 150 \text{ kW}$		BT2-BT3-BT4
	C4.3	Trifásica	$150 \text{ kW} < P_c \leq 225 \text{ kW}$		BT2-BT3-BT4
	C4.4	Trifásica	$225 \text{ kW} < P_c \leq 300 \text{ kW}$		BT2-BT3-BT4

(1) Derecho de potencia otorgado por cada tipo de conexión eléctrica.

Tabla 1.1: Conexiones Eléctricas en Baja Tensión (220V y 380V)

Fuente: Osinergmin: "Informe N 268-2023-GRT" (2023)

La calidad del sector energético (OSINERGMIN: Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú: Documento de Trabajo N 62004), se verá afectada si el diseño no se ajusta a la normativa para instalaciones eléctricas.

El problema de las instalaciones eléctricas que requieren una nueva demanda de energía, las cuales superan los valores máximos indicados en la tabla 1.1, significa que requieren pasar a otro tipo de conexión de media tensión y también estas presentan un valor máximo, porque si la superan se convierten en clientes libres, estas ya negocian directamente con las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

En este caso la capacidad eléctrica de todos los componentes del sistema eléctrico existente; que fue diseñado para una capacidad de 175kW, con el nuevo incremento es insuficiente solicitar una conexión eléctrica de 400 kW según la regulación que se indica en la Tabla 1.1. no tenemos una alternativa en baja tensión.

Las instalaciones eléctricas existentes es parte de esa problemática, se diseña y replantea todos los componentes, algunos no se emplearán y los cambios que determina el nuevo sistema eléctrico en la edificación de la planta industrial, funcionara según la normas y coordinaciones con la distribuidora para la coordinación de protección con el nuevo sistema eléctrico de la planta industrial.

Parte de esta realidad problemática es porque los nuevos equipos y maquinaria trabajarán en dos niveles de tensión de diferente magnitud (lado de baja tensión), esta condición genera una dificultad en la selección de la capacidad y características de los diferentes componentes del sistema eléctrico de la planta.

Una variable importante que es parte del problema es la potencia reactiva generada por las máquinas de soldar; la cual es alrededor del 61% de la potencia total que se requiere alcanzar.

Resolver el inconveniente de cómo trabajan dos circuitos a diferentes voltajes, y la potencia reactiva generada en la planta, está directamente relacionado con la operación eficiente del sistema eléctrico de la planta.

Si el punto crítico de la capacidad de potencia reactiva es superado, afectará la eficiencia energética y sobrecarga de la red; voltaje inestable, sobrecargas de los componentes del sistema y/o sanciones por parte del proveedor de energía.

El incremento proyectado de la carga eléctrica de la planta industrial, presenta un problema a resolver, es que no existe conexión de baja tensión regulada por OSINERGMIN (para potencias mayores a 300 kW), Hay otras alternativas en media tensión para un nuevo diseño es una conexión de media tensión, tal como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2.: Conexiones Eléctricas en Media Tensión (10 kV, 13.2/7.62kV, 20 kV y 22.9/13.2kV)
Fuente: Osinergmin: "Informe N 268-2023-GRT" (2023)

Tipo	Subtipo	Fases	Potencia conectada (Pc) (1)	PMI	Celda
C5	C5.1	Trifásica	$P_c \leq 100 \text{ kW}$	MT2-MT3-MT4	MT2-MT3-MT4
	C5.2	Trifásica	$100 \text{ kW} < P_c \leq 400 \text{ kW}$	MT2-MT3-MT4	MT2-MT3-MT4
	C5.3	Trifásica	$400 \text{ kW} < P_c \leq 700 \text{ kW}$	MT2-MT3-MT4	MT2-MT3-MT4
	C5.4	Trifásica	$700 \text{ kW} < P_c \leq 1000 \text{ kW}$	MT2-MT3-MT4	MT2-MT3-MT4
	C5.5	Trifásica	$1000 \text{ kW} < P_c \leq 2500 \text{ kW}$	MT2-MT3-MT4	MT2-MT3-MT4

(1) Derecho de potencia otorgado por cada tipo de conexión eléctrica.

Este crecimiento está proyectado para una capacidad de hasta 400 kW o su equivalente de 500 kVA. Involucra resolver un problema del diseño de una subestación eléctrica de transformación de media tensión a baja tensión, que debe estar dentro del predio de la planta industrial

El problema de coordinación de la protección de esta subestación de transformación, involucra no afectar los parámetros técnicos de la red de distribución eléctrica que administra la distribuidora de energía

Proporcionar una autonomía en la planta industrial, involucra resolver problemas en el diseño para operar el sistema eléctrico sin afectar las operaciones de la planta y red eléctrica de la distribución de la energía de la concesionaria.

El voltaje eléctrico de operación en baja tensión de una planta industrial, presenta inconvenientes cuando son dos valores de tensión diferente magnitud, este problema de operación eléctrica involucra evaluar las instalaciones existentes para resolver dificultades de forma y fondo. Para el análisis del diseño eléctrico el problema es determinar con qué tipo de transformador trabajará; además de donde será más conveniente desde el punto de vista técnico y económico (el transformador debe estar en la subestación o en cada máquina).

El incremento de potencia presenta problemas, porque es necesario desarrollar cálculos y diseños de todos los elementos que componen la nueva instalación eléctrica. Los problemas para el dimensionamiento de los conductores principales (alimentadores), el sistema de protección eléctrica, el sistema de puesta a tierra, tableros de distribución principal, tableros secundarios, tomas eléctricas industriales y otros requeridos en la presente investigación.

Los niveles de corrientes y la ubicación de puntos de alimentación para las máquinas y equipos son nuevas, es otra dificultad que contempla el nuevo diseño eléctrico sobre o adicionando a las instalaciones existentes.

Resolver el problema de las adecuaciones de las obras civiles, para las nuevas instalaciones eléctricas. Contempla un diseño eléctrico que resuelva estos y que son vinculantes con el montaje de la red eléctrica en la planta para la potencia requerida.

Elaborar un cuadro de carga presenta dificultades, se sustenta según la normativa vigente, tal es el código nacional de electricidad (Código Nacional de Electricidad Tomo V / Sistema de Utilización) (CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD – Utilización - Dirección General de Electricidad – 2006) y el reglamento nacional de edificaciones.

El diseño eléctrico, examina los problemas de montaje y de operación adecuada para establecerlos dentro de los estándares para el tipo de edificación existente, cumpliendo las normas vigentes (nacionales e internacionales); se establece una serie de

criterios para establecer las características de delineación las cuales son los requisitos de diseño, previsión y capacidad de tolerar cambios, disposición de sistema, seguridad, continuidad del suministro; concordantes con las normas de instalación y de requerimientos.

Los inconvenientes a prever en los diseños y cálculos en las instalaciones eléctricas industriales son específicos, determinar la protección ante cortocircuitos y sobrecargas, protección contra las caídas de tensión.

El problema es establecer los conceptos eléctricos para este tipo de industria, es la distribución de las instalaciones industriales, como parte principal alcanzar para establecer nuestra línea base de diseño eléctrico de utilización, considerando un centro de transformación, cuadro general de cargas de baja tensión y la división de los sistemas en bloques.

En base a la problemática descrita en párrafos anteriores, planteó la siguiente pregunta:

¿Cómo influye la limitada disponibilidad de energía eléctrica, en el diseño de un sistema eléctrico existente en una planta industrial?

1.3 Objetivo

Diseñar un sistema eléctrico de una potencia de 400 kW, a fin de incrementar la disponibilidad de energía eléctrica en una planta industrial

1.4 Antecedentes Investigativos

En esta investigación se revisaron diversos estudios, proyectos, libros, conferencias entre otros afines que están relacionados con este tema del diseño del sistema eléctrico industrial.

1.4.1 Investigaciones Internacionales

Bietresato M. et al (2023). "Proposal For Methodology To Analyse Operability Of Wine Production Plant In Terms Of Power Demand" Los autores este estudio proponen una metodología para la operabilidad en términos de demanda de energía, para las

plantas industriales cuando incrementa su consumo energético, la operatividad de esta presentan riesgos por superponer nuevas adquisiciones a un diseño existente (sin cuestionarlo y/o modificarlo), como consecuencia conducen a crecientes ineficiencias del sistema eléctrico.

Los autores proponen efectuar un enfoque muy rápido y sencillo, basado en el análisis del comportamiento energético de la planta existente, en un periodo de referencia. Dicho análisis desarrollado para el comportamiento energético de la planta existente es con el objetivo de plantear opciones de eficiencia; las tecnologías y el consumo de energía están relacionados con la producción que se desarrolla en la planta.

Se obtiene un desglose de los consumos energéticos. Agrupan sus cargas en servicios auxiliares de la planta, maquinaria de producción, entre otros.

El análisis de demanda eléctricas es en periodos de tiempos determinados, con esta información evalúan algunas intervenciones en las instalaciones. En este estudio la potencia reactiva fue insignificante y siempre estuvo bajo control, por lo que no lo analizaron en el estudio.

En esta metodología mediante gráficos, fue posible cuantificar el aumento neto de la demanda de energía debido a todas las actividades relacionadas con el proceso de producción de la planta industrial.

Básconez Villegas K. (2015) “Estudio Y Rediseño Para La Modernización De Las Instalaciones Eléctricas, Con Su Análisis Económico Aplicado A La Universidad De Guayaquil En La Facultad De Medicina-Edificio Rizzo.” El proyecto plantea Diseñar el sistema eléctrico de la universidad en la facultad de medicina edificio RIZZO; contemplando la seguridad, confiabilidad y flexibilidad.

Los aspectos de diseño es cubrir la demanda de potencia que se requiere como adicional, su objetivo es establecer una adecuada climatización de las aulas, así misma contempla establecer otros cambios como diseñar una apropiada iluminación.

El estudio muestra un detallado cuadro de cargas por piso y ambiente, detalla las instalaciones como la acometida principal, centro de transformación, acometidas eléctricas en baja tensión, subestación, tableros de distribución eléctrica, circuitos primarios secundarios y derivados para alumbrado y tomacorriente.

El diseño contempla una nueva carga importante, la cual es para el sistema de aire acondicionado, se plantea una acometida eléctrica única para su tablero de distribución de sus equipos; los cables se instalarán en bandejas y en tuberías rígidas de fierro galvanizado, según la evaluación técnica que realizó el autor.

Elabora un presupuesto referencial para la remodelación de las instalaciones eléctricas, desde la subestación eléctrica y los componentes de instalación eléctrica.

Guarachi Alavi F. (2010) “ReDiseño del sistema eléctrico del banco BISA agencia camacho de la ciudad de la Paz”

El estudio del autor es para re-diseñar un sistema eléctrico de una edificación de siete pisos. con conexión trifásica en baja tensión con nivel de voltaje de 220 voltios, lo desarrolla en cinco capítulos, sigue un metodología donde identifica su objetivo es efectuar las instalaciones eléctricas en base a la normativa eléctrica boliviana (NB-777) para baja tensión de hasta 1000 voltios.

Define todos los componentes de las instalaciones en baja tensión, los conductores, elementos de montaje (Caja, Tableros), montaje de los conductores (en Ductos, empotrados y otros). Clasifica sus circuitos en iluminación, tomacorrientes y fuerza; define los elementos de maniobra y protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos (según normas IEC 60898, tipos de Curvas A, B, C y D para su diseño).

Guarachi Alavi F., El autor efectúa un cálculo de la luminotecnica para todos los ambientes del edificio en estudio, así mismo define los conceptos teóricos de sistemas eléctricos. Establece los parámetros de diseño, define su diseño, también sus cálculos

justificativos para determinar los tomacorrientes y lámparas para su sistema de iluminación.

Concreta un diagrama unifilar, su cuadro o planilla de cargas, presenta un equilibrio de cargas y calcula su máxima demanda.

Establece un tablero de distribución general, un tablero centralizado de medidores, calcula la caída de tensión de los diferentes puntos más alejados respecto al punto de entrega del tablero aguas arriba.

Su análisis de costo beneficio, materiales y accesorios, instalación mano de obra, así como del total del presupuesto por la instalación y equipamiento eléctrico.

Observamos los planos, tablas, formatos del cuadro de cargas y diseños que sustenta su investigación; concluye que finalmente el UPS de respaldo solo cubre el 30% de la máxima demanda y recomienda que los interruptores principales sean de 36 kA, los secundarios de 18kA y los derivados de 10kA según la norma IEC/EN 60898.

Linares Lopez L. (2020) “Ampliación de las instalaciones eléctricas del Aeropuerto de Sevilla”. Desarrolla un estudio para la ampliación del terminal san pablo del aeropuerto de sevilla, desarrolla las instalaciones eléctricas del terminal; Indica que el edificio terminal está dividido en sala de alta y sala de baja tensión, la característica de la distribución es de una topología tipo anillo, el centro de transformación del edificio terminal está en 15kV y el voltaje que alimenta a las acometidas será de 400 Voltios.

Su tablero general de distribución en baja tensión está constituido por un conjunto de protecciones eléctricas ante sobrecargas y cortocircuitos; respaldada con líneas procedentes de los secundarios de los transformadores, y del grupo electrógeno, así como de la batería de condensadores, de él parten las líneas de baja tensión, la energía contempla todos los tipos de respaldo para ser confiable y seguro.

El dimensionamiento de la acometida lo plantea con el trazo más corto y lo estipulado según su normativa de redes subterráneas para la distribución en baja tensión

ITC-BT-07 (norma española) y la puesta a tierra según la guía de medida de la resistencia de puesta a tierra ITC-BT-18 (Norma española).

En el diseño de los conductores de baja tensión, se referencia a los siguientes criterios; en secciones superiores a 95mm² serán cables unipolares, el valor de la tensión nominal será de 460 Voltios, corriente de cortocircuito de 25 kA y tiempo de cortocircuito mínimo de 1 segundo según lo establecido por la distribuidora de energía ENDESA.

Considera que los conductores tendrán un mínimo y máximo de 1.5 y 300 mm² respectivamente. la temperatura para los cálculos será de 35°C en el ambiente y 20°C en el suelo, la resistividad del suelo de Sevilla 1.5K*m/W, el $\cos(\phi) = 0.9$ (factor de potencia), entre otros fundamentales para los cálculos.

El criterio de diseño es calcular primero según criterio térmico, empleando una serie de tablas necesarias para el diseño eléctrico y el criterio de caída de tensión.

Para la protección eléctrica, desarrolla un cálculo contra sobrecargas y por cortocircuito, los cálculos se desarrollaron con Python (Jupyter) y los esquemas eléctricos con Autocad.

1.4.2 Investigaciones Nacionales

Villa Figueroa J. (2023). "Implementación De Una Ampliación De Potencia En 800 Kw Para El Sistema De Utilización En Media Tensión 22,9 Kv De La Empresa Procesadora Agroindustrial La Joya S.A.C" El trabajo de suficiencia profesional plantea un rediseño del sistema eléctrico por el incremento de una carga proyectada de 800 kW. El sistema eléctrico de utilización contempla cambiar los conductores de los alimentadores o instalar un nuevo transformador que cubra esta demanda.

Se detalla el diagnóstico situacional de una revisión del equipamiento eléctrico existente en la planta de procesamiento para el rediseño eléctrico.

Se determinó el tipo de conexión y opción tarifaria que permite este aumento de carga, además se muestran los cálculos justificativos para la coordinación de protección utilizando un software estandarizado.

Se realizó una simulación de flujo de carga para analizar el comportamiento del sistema eléctrico existente cuando se conecta a la red la carga de planta procesadora.

Se especifican los componentes para la seguridad del sistema eléctrico, por ejemplo, el pozo a tierra, equipos de maniobra en la subestación eléctrica, entre otros, así mismo se indica el proceso de montaje y pruebas para este nuevo sistema eléctrico de utilización en la planta de procesadora.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Marco teórico

2.1.1 El Diseño Eléctrico:

Schneider Electric s.a. (2010) “Guía de diseño de instalaciones eléctricas” 2da edición (GUÍA).

En esta investigación se establece una estructura conceptual para diseñar un sistema eléctrico, con la siguiente guía los autores desarrollan una metodología como guía para poder diseñar en forma general y específica los diferentes tipos de instalaciones eléctricas, en la figura 2.1 se muestra el flujograma de dicha estructura.

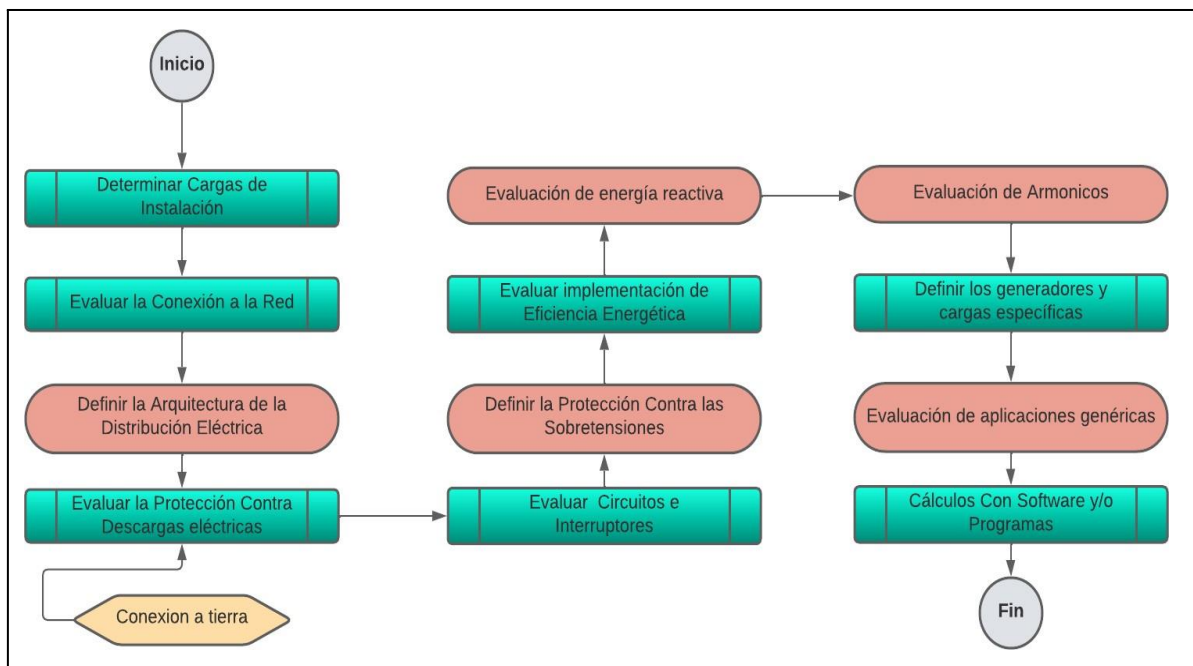


Figura 2.1: Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas en General
Fuente: Schneider Electric s.a. (2010) “Guía de diseño de instalaciones eléctricas” 2 edición”

Los autores de la GUIA indican definiciones y principios fundamentales; para hallar la protección más adecuada, garantizar la seguridad y protección de las edificaciones, para la elección e instalación más adecuada de los materiales eléctricos, considerando las reglas para las instalaciones en instalaciones industriales, y sobre todo en el ámbito de la seguridad acerca de los efectos de la corriente en los seres vivos (animales o humanos).

Listado de cargas:

La demanda total de energía se establece a partir de los datos de cada carga conociendo el modo de funcionamiento la ubicación y la intensidad de corriente, evaluar la potencia que se necesita de la fuente de alimentación, también obtener información de la estructura de tarifas locales de la conexión a la red eléctrica.

Conexión a la red:

Una red de media tensión requiere equipar una subestación de transformación, mientras que en baja tensión es conectar directamente a la red eléctrica de suministro de distribuidora, evaluar según máxima demanda.

Arquitectura de Distribución eléctrica:

El sistema eléctrico se estudia en forma integral y completa, evaluar y definir el número y características de las fuentes de respaldo de emergencia. La disposición de las tomas de tierra según la norma del código nacional de electricidad (C.N.E.), las restricciones de alimentación y el tipo de cargas. Con los planos de construcción y la ubicación y agrupación de las cargas se determinará la distribución de los componentes en la edificación siempre evitando las perturbaciones externas.

Protección contra descargas eléctricas:

Determinada la conexión a tierra se calculan y se seleccionan los dispositivos de protección contra los riesgos de contacto directo e indirecto.

Circuitos e interruptores:

Todos los circuitos se estudiarán a detalle con la corriente nominal de cada carga (individual o agrupada), la corriente de cortocircuito y el tipo de dispositivo protector, para determinar la sección de los cables conductores del circuito.

Es indispensable que se cumplan los siguientes requisitos (con el fin de seleccionar la sección del conductor indicado arriba):

1. La caída de tensión es no sea mayor a 2.5% y de 4% máximo hasta el punto más alejado según la norma del *código nacional de electricidad utilización 2006 - sección 50, ministerio de energía y minas.*
2. El arranque del motor es satisfactorio
3. Está asegurada la protección frente a las descargas eléctricas.

Se determina a continuación la corriente de cortocircuito y se comprueba la capacidad de resistencia térmica y electrodinámica del circuito.

Si es necesario se hace un bucle de cálculos hasta seleccionar la sección del conductor adecuado para el circuito.

Protección contra las sobretensiones:

Las caídas de rayos indirectos o directos dañan los equipos eléctricos en diferentes magnitudes. Las sobretensiones de maniobra y las transitorias de frecuencia industrial también producen las mismas consecuencias. Se evalúan los defectos y se proponen las soluciones.

Eficiencia Energética:

La incorporación de equipos de medida junto a un sistema de comunicación eléctrica, dentro de la instalación, genera beneficios al usuario o propietario: reducción en el consumo energético, reducción en costos de energía y mejor empleo del equipo eléctrico.

Energía Reactiva:

La corrección del factor de potencia en las instalaciones eléctricas se efectúa de modo local o global o combinando ambos métodos.

Armónicos:

Los armónicos que circulan por la red de distribución, afectan a la calidad de la energía en la alimentación y originan contaminaciones como sobrecargas, vibraciones, desgaste del equipo, problemas con equipos sensibles de redes de área local y otros; su impacto económico y consecuencias.

1) Generadores y cargas Específicas:

Se estudiaron los elementos o los equipos específicos:

2) Fuentes específicas como alternadores o inversores.

3) Cargas específicas con características especiales, como motores de inducción, circuitos de iluminación o transformadores de BT/BT.

4) Sistemas específicos como redes de corriente continua.

5) Aplicaciones genéricas:

Algunas edificaciones están con una reglamentación especialmente para Instalaciones domésticas y similares es estricta: es común en las viviendas familiares, la norma internacional que sirve de guía es la IEC 60364

6) Software y/o programas:

Las diferentes fórmulas y criterios de los pasos anteriormente mencionados se definen en secuencias de programación, existen varios software exclusivos elaborados por empresas, también se desarrollan en hojas de cálculo, lenguajes de programación y otros que ayudan a efectuar cálculos iterativos de ingeniería (Matlab) en base a la información de datos de entrada para el diseño del sistema eléctrico.

En esta guía se fundamenta en la normas IEC y las pertinentes, la IEC 60364 y la 60479-1 son la base para la mayoría de disposiciones del mundo.

2.1.2 Cuadro de Cargas:

Valverde Padilla G. (2009) "Diseño de un planta de vertimiento de Aguas Residuales al Mar, de una refinería del litoral Peruano", En su investigación del capítulo III, acerca de la ingeniería de detalle, su diseño eléctrico empieza con el cuadro de cargas listando todo su sistema de bombeo y servicios auxiliares, en este cuadro de carga indica las características de Cantidad, Tensión (kV) Potencia (kW y HP), f.d.p. y Corriente I (A).

Aguilar Blas P. et al (2020) "complejo educativo para estudiantes de alto rendimiento académico en la provincia de moyobamba departamento de san martín", Menciona en su capítulo de instalaciones eléctricas, donde determina los cuadros de cargas para cada área, donde se instalará un tablero y establece un cuadro de carga general donde agrupa todas las carga y calcula la máxima demanda del cuadro de cargas, indica características de Carga Instalada (W), Factor de Demanda, y máxima demanda (A).

2.1.3 Máxima Demanda:

Rojas Aravena M. (2019) "Elaboración de perfiles de demanda a nivel distribución para efectos de consideración en planificación energética de largo plazo." La máxima demanda de un sistema eléctrico es la demanda de energía eléctrica más alta que se ha producido durante un período de tiempo específico, en la investigación se muestra un ejemplo ilustrativo de la demanda diaria según la siguiente figura 2.2.

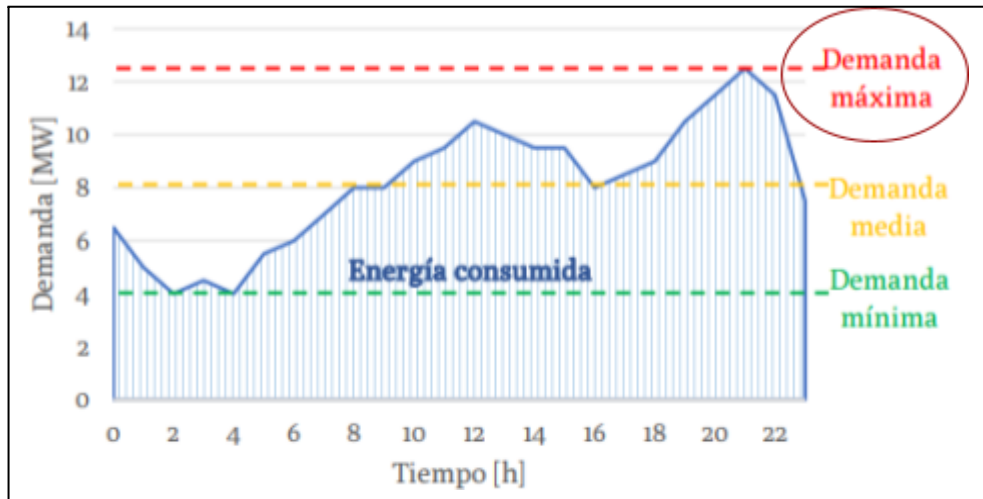


Figura 2.2: Ejemplo de Perfil de Demanda Diario
Fuente: Rojas Aravena M. (2019) "Elaboración de perfiles de demanda a nivel distribución para efectos de consideración en planificación energética de largo plazo"

Briones Velázquez P. (2017) "Rediseño del sistema eléctrico del Teatro Municipal de Trujillo para mejorar su eficiencia y seguridad" Indica en su investigación que la máxima demanda es la potencia máxima en un lapso de tiempos y que su unidad de medida es el vatio (W), para los cálculos se debe tomar en cuenta las recomendaciones del código nacional de electricidad utilización en su sección 050 denominada "cargas de circuitos y factores de demanda" .

Con la fórmula:

$$M.D. = C.I. \times F.D. \dots\dots\dots (1.1)$$

Donde:

C.I. Es la carga Instalada

F.D. Es El factor de Demanda (Ver en tablas C.N.E.)

Entonces la máxima demanda total es:

$$MD_t = \sum M.D.1 + M.D.2 + M.D.3 + M.D.4 + \dots + M.D.n \dots\dots\dots (1.2)$$

2.1.4 Corriente Nominal:

Enríquez Harper, G. (2012) "Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales" 2 edición. En el libro según el **capítulo I**; El autor establece los fundamentos

para el diseño de los alimentadores y circuitos derivados en instalaciones industriales, aplicación de capacitores los circuitos básicos en estudios de corto circuito, el estudio de cortocircuito en sistemas eléctricos industriales, la protección de las mismas.

Menciona que todo sistema eléctrico, su propósito es de suministrar energía eléctrica al equipo o maquinaria de utilización, en forma segura, confiable y económica.

Una parte importante es el cableado que conecta todas las componentes, se debe adecuar y ser capaz de entregar la energía necesaria a cada punto específico sin causar sobrecalentamiento o produciendo caída de tensión inaceptables.

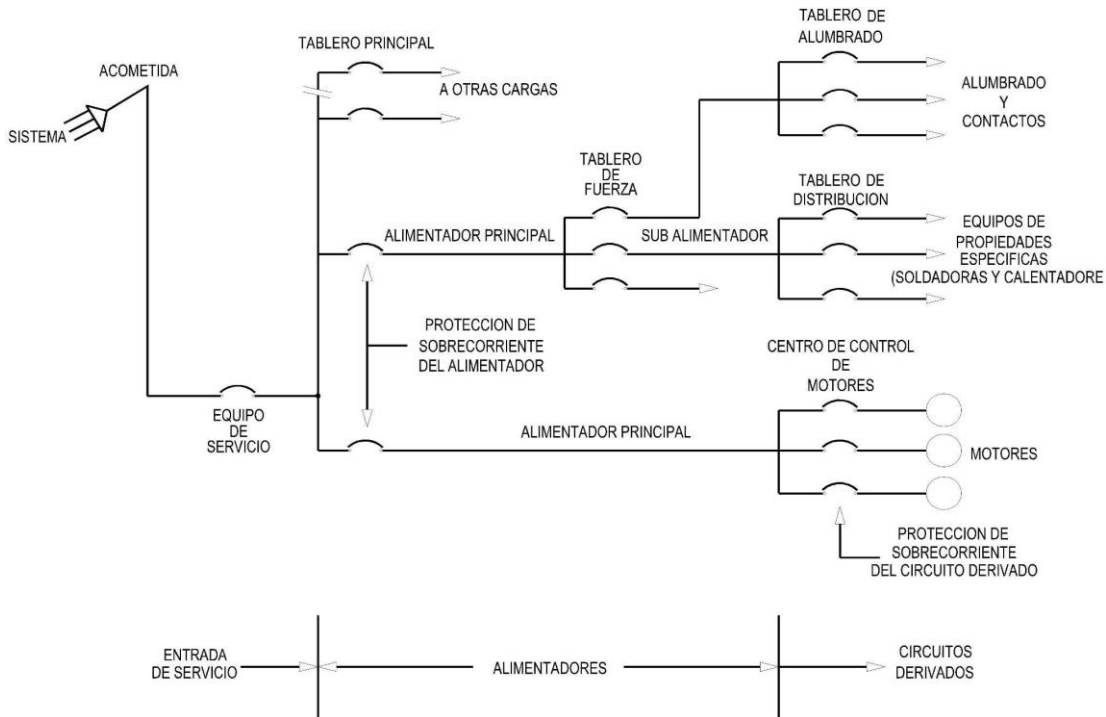


Figura 2.3: Diagrama Unifilar con los Componentes Básicos de un Sistema Eléctrico Industrial
Fuente: Enríquez Harper, G. (2012) "Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales" 2 edición."

En los conductores de alimentación que entregan energía al sistema eléctrico de la subestación, se menciona que cuando la suministradora de energía lo realiza en media o alta tensión se requiere de un centro de transformación para obtener el voltaje de utilización con el arreglo típico según la siguiente figura.

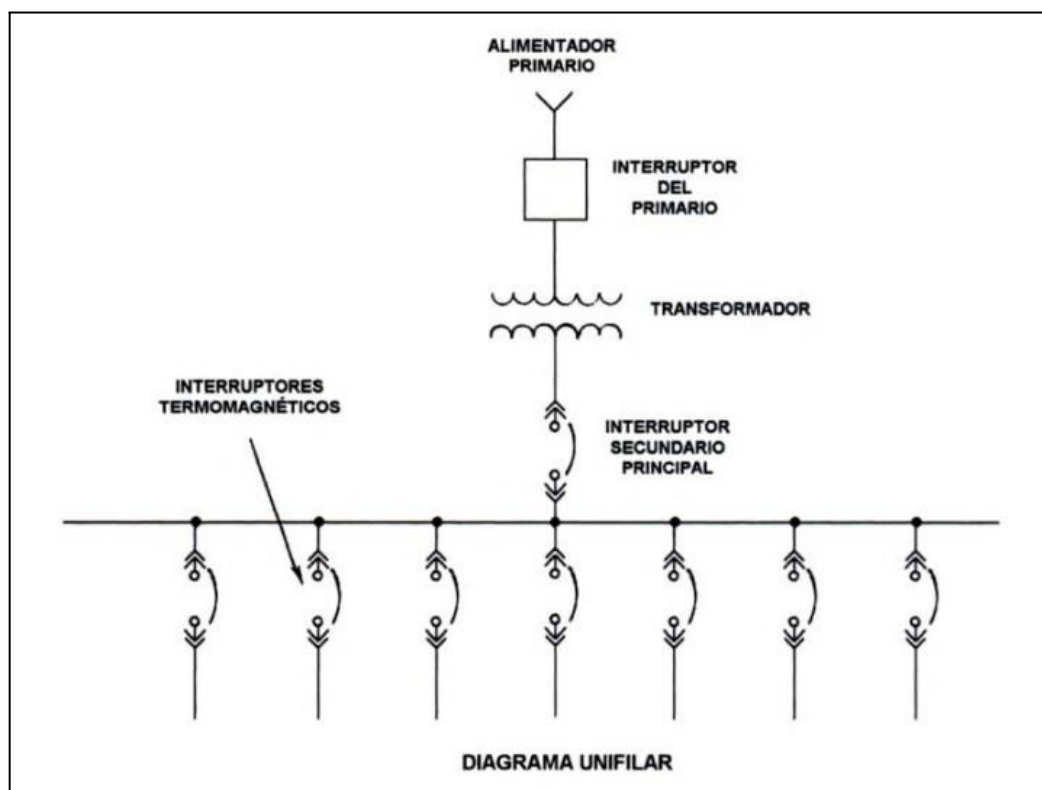


Figura 2.4: Diagrama Unifilar Genérico Eléctrico Industrial

Fuente: Enríquez Harper, G. (2012) "Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales" 2 edición."

Los alimentadores son los conductores desde el punto de entrega hasta el último dispositivo de protección del circuito derivado, entonces el alimentador principal indica su origen en el equipo de servicio, y los subalimentadores se originan en el tablero principal (centros de distribución) hacia los equipos.

Menciona que los circuitos derivados son los conductores eléctricos que entregan la energía desde el punto del dispositivo de sobrecorriente final hasta el equipo de utilización.

Los alimentadores, sub alimentadores o circuitos derivados requieren de su propia protección de sobrecorriente (interruptor o fusible).

indica que la selección correcta del tamaño de los conductores (alimentadores y circuitos derivados) es planteado según lo siguiente:

- A. Capacidad Continua de Corriente
- B. Capacidad a la corriente de corto circuito
- C. máxima caída de voltaje permisible

El autor menciona que los conductores de las instalaciones eléctricas deben cumplir con requisitos por su aplicación, tales son:

- 1) El límite de tensión de aplicación es de 1000 Voltios
- 2) Capacidad de corriente (ampacidad), la máxima corriente conduce a un conductor que es afectado por lo siguiente:
 - a) Temperatura.
 - b) Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en el que se encuentre, es decir, banco ductos, aire o en tubo conduit.
- 3) Máxima caída de voltaje permisible, según la sección del conductor y de la corriente que conduce, respetar lo máximo caído de voltaje permisible recomendado por el código nacional de electricidad. que es del 2.5% del punto de alimentación 01 punto más distante de la instalación.

2.1.5 Caída de Tensión:

Ruiz L. (2015) “¿Caída de tensión?: concepto, causas y efectos en un sistema eléctrico industrial”; En la investigación indica comprender en su definición base, que la caída de tensión es para desarrollar el análisis de un sistema eléctrico; el autor indica las principales causas que provocan su recurrencia y los efectos que se manifiestan por una deficiente regulación de la caída de tensión en los circuitos eléctricos.

Esta caída estará siempre presente si estudiamos un circuito en su forma más simple o compleja, es un fenómeno que esté ligado directamente a un circuito eléctrico en este caso para instalaciones eléctricas industriales.

Conceptos básicos

Tensión eléctrica: es una magnitud con dos puntos de potencial eléctrica, uno en cero y el otro en un valor establecido y cuya unidad de medida es el voltio (V)

Corriente: Cantidad de electrones moviéndose al instante por un conductor por un punto en lapso de tiempo y su unidad es el Ampere (A).

Resistencia: es una fuerza que se opone al flujo de carga o electrones a través de un material y su unidad de media es el ohm (Ω)

Carga Eléctrica: es un dispositivo que consume energía eléctrica.

Circuito Eléctrico: es aquel que se constituye de una fuente de energía, un interruptor, una carga y un conductor que sirve como recorrido entre los elementos y este a su vez alimenta a otros, tal como se muestra en la figura 2.5.

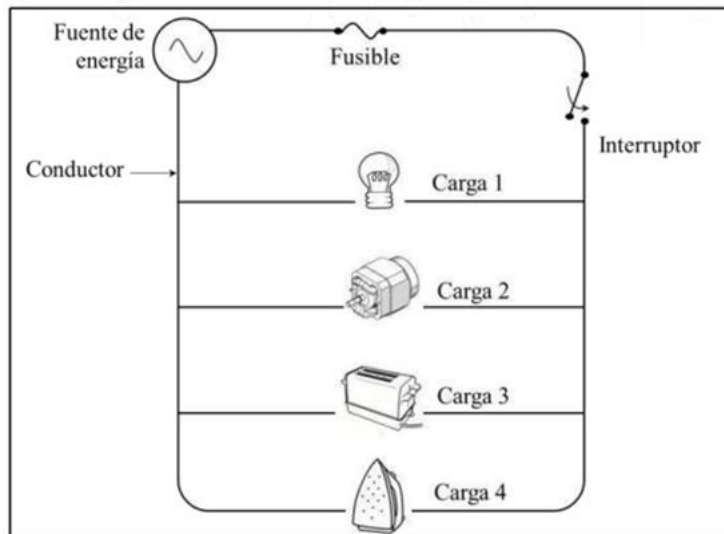


Figura 2.5 Componentes de un Circuito Eléctrico Simple

Fuente: Luis Iván Ruiz (2015) "¿Caída de tensión?: concepto, causas y efectos en un sistema eléctrico industrial"

El autor establece una analogía con un circuito de agua, el cual fluye a través de las tuberías en donde se observa pérdidas de agua por fugas en tuberías, cambios de dirección y conectores esta analogía es básica porque el agua al final no es igual al inicio de su recorrido, tal como se muestra en la figura 2.6.

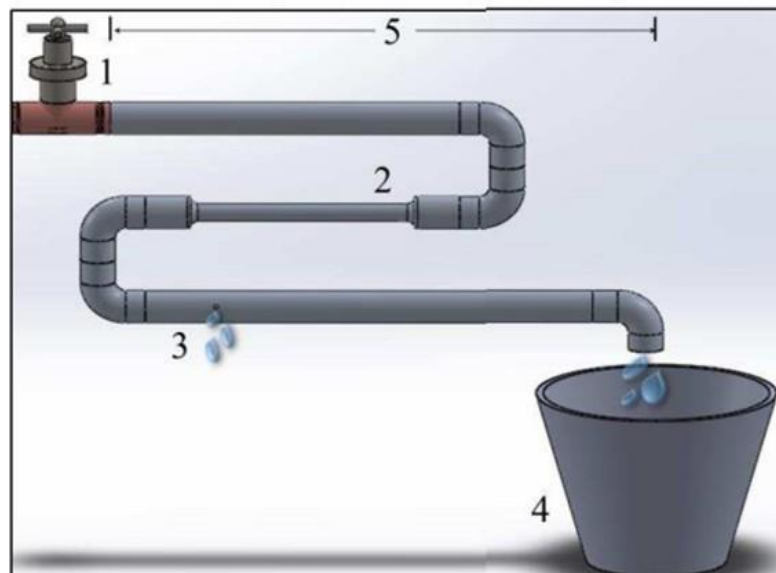


Figura 2.6 Caída de Tensión en Circuito Eléctrico, Similar a Pérdidas en Sistema Hidráulico.

Fuente: Ruiz L. (2015) "¿Caída de tensión?: concepto, causas y efectos en un sistema eléctrico industrial"

En esta analogía, indica que la corriente que circula por el conductor o circuito de fuerza y por la misma resistencia del conductor es la caída de tensión eléctrica.

Esta disminución de la magnitud de la tensión al final en el circuito se le denomina “caída de tensión”; en circuitos de corriente alterna se emplea la siguiente ecuación para la caída de tensión:

$$V\% = (I)(Z)$$

Donde:

V% : Es la caída de tensión en circuitos de corriente alterna

I : Es la corriente alterna de la Carga

Z: impedancia de los conductores o circuitos de fuerza

2.1.6 Corriente de Cortocircuito:

Metz-Noblat B. et al (2000) “Cuaderno Técnico N 158: Cálculo de corrientes de cortocircuito”, en este libro se establece que cualquier instalación eléctrica es inherente a su protección contra cortocircuitos, también en los cambios de sección de conductores y calcular la intensidad de corriente de cortocircuito.

El flujograma de la figura 2.7 es la guía del proceso lógico, a fin de conocer las corrientes de cortocircuito y parámetros, con el objetivo de deducir las alternativas.

Principales Defectos de Cortocircuito:

Los autores indican los principales defectos de cortocircuito (IEC 60909)

- a) Cortocircuito trifásico simétrico
- b) Cortocircuito entre fases, aislado
- c) Cortocircuito entre fases con puesta a tierra
- d) Cortocircuito fase-tierra

Las causas principales son por factores mecánicos, sobretensiones eléctricas y por degradación de aislamiento.

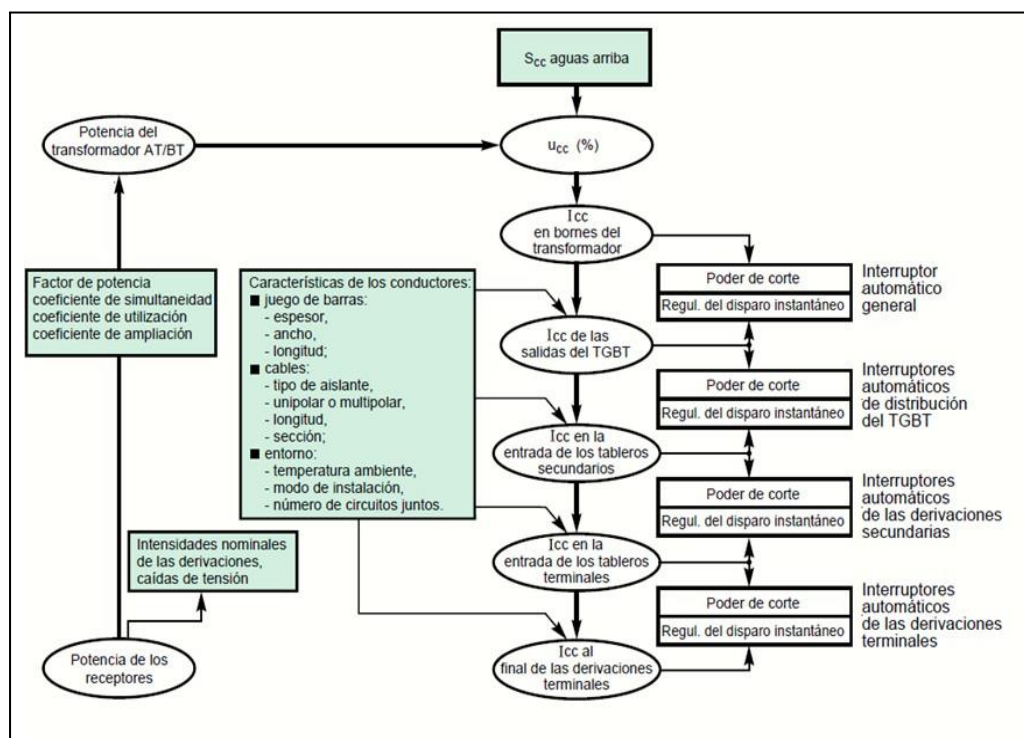


Figura 2.7 Procedimiento de Cálculo de Icc - Proyecto de Instalación

Fuente: Dumes F. et al (2000) "Cuaderno Técnico N 158: Cálculo de corrientes de cortocircuito"

Métodos: Los autores proponen dos métodos de cálculo de corrientes de cortocircuito en redes radiales.

1. Método de las impedancias, es específico para redes de baja tensión, se necesita considerar la totalidad de las características del circuito considerado.
2. Principio de las componentes simétricas para redes de alta tensión, según la CEI 909; se emplea por su precisión y su aspecto analítico.

Las hipótesis de partida: Para estos cálculos de corrientes de cortocircuito se necesitan hipótesis que justifiquen la validez de las expresiones empleadas. Normalmente, estas hipótesis, simplificadoras y que introducen aproximaciones justificadas, hacen más comprensibles los fenómenos físicos y, por tanto, el cálculo de las corrientes de cortocircuito, manteniendo una precisión aceptable y por exceso.

Las hipótesis empleadas en este Cuaderno Técnico son:

1. La red es radial y su tensión nominal está comprendida entre la BT y la AT (sin superar los 230 kV, límite establecido en la norma CEI 909)
2. La corriente de cortocircuito, al producirse un cortocircuito trifásico, se supone establecida simultáneamente en las tres fases
3. Durante el cortocircuito, el número de fases afectadas no se modifica: un defecto trifásico sigue siendo fase-tierra.
4. Durante todo el tiempo del cortocircuito, tanto las tensiones que han provocado la circulación de corriente como la impedancia de cortocircuito no varían de forma significativa.
5. Los reguladores o conmutadores de tomas de los transformadores se suponen situados en posición intermedia (en el caso de un cortocircuito alejado de los alternadores, una posibilidad es ignorar las posiciones reales de los conmutadores de tomas de los transformadores).
6. No se considera las resistencias de arco
7. Se desprecian todas las capacidades de las líneas
8. Se desprecian las corrientes de carga
9. Se consideran todas las impedancias homopolares.

2.1.7 Sistema de Puesta a Tierra:

Valencia Núñez, J. (2006) “Estudio del Sistema de Puesta a Tierra en Laboratorios BAXTER S.A.” El autor indica que la puesta a tierra para sistemas eléctricos es un punto o plano equipotencial, la referencia de potencial cero están al potencial del suelo o terreno, cuando se habla de puesta a tierra nos referimos a unos conductores que es parte de la conexión eléctrica con el suelo o una masa.

La resistencia de puesta a tierra (RPT) o resistencia de dispersión es la resistencia ofrecida al paso de corriente hacia el suelo o terreno.

La investigación indica que la resistencia de puesta a tierra o un sistema de puesta a tierra (SPT) es restringir la tensión peligrosa para las personas o evitar fallas en las máquinas y equipos electrónicos, mediante la eliminación de esta tensión a un lugar donde no es peligroso.

Los SPT son cada vez más importantes en los sistemas eléctricos por no decir fundamental, permite la conducción de esta hacia el suelo de cargas eléctricas originadas por rayos, electricidad estática o fallas del sistema, con capacidad de dispersión y disipación de las fallas, sin presencia de potenciales peligrosos en la superficie. Explicación de la importancia de un SPT confiable, pues gracias a este, se garantizan los activos más importantes de cualquier organización.

2.1.8 Energía Resiliente:

Schilardi M. et al (2009) “*Design of Critical Infrastructures: application to Electrical Systems*”

Los autores presentan en una conferencia, las referencias para sistemas de energía resilientes, en base a la norma (ANSI/EIA/TIA-942, 2008); la cual clasifica la infraestructura eléctrica según la capacidad para tolerar fallos y permitir operaciones de mantenimiento seguros.

Explican que se basa en un nivel de resiliencia del sistema: capacidad de resistir a un evento destructivo imprevisto, avería o mala maniobra.

La técnica propuesta por los autores se analizó para evaluar la brecha, en términos de topología de infraestructura, componentes y líneas de distribución, aplicarla a la investigación presente de la planta industrial, significó una mejora considerando un nivel de resiliencia deseado, y así sugerir los pasos para alcanzar la disponibilidad adecuada para la misión específica del sistema

Los autores aseguran que las fallas relevantes y la interacción de ellas se deben prever mediante las conocidas técnicas de análisis de confiabilidad.

2.2 Marco Conceptual

Carga: Cantidad de electricidad que fluye a través de los circuitos eléctricos o a la cantidad de energía que utiliza el equipo eléctrico durante su funcionamiento.

Conexión: Se refiere a la unión de dos o más componentes eléctricos, para que la energía eléctrica se traslade de un punto a otro.

Corriente: Es el flujo de electricidad a través de un conductor o cable de un circuito, cuya magnitud dependerá de la energía eléctrica que requiera el equipo eléctrico que efectúa operaciones de producción.

Potencia: Es la cantidad de energía eléctrica que se consume por unidad de tiempo en cada equipo eléctrico que desarrolla una producción específica la cantidad de trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo.

Energía: Es la capacidad para efectuar un trabajo o generar un cambio a fin de generar calor, producir movimiento, producir luz entre otros.

Planta: se refiere al conjunto de edificios, maquinarias, equipos y otros elementos que se utilizan para desarrollar uno o varios procesos de producción.

Resistencia: Es la oposición que presenta el material del que está compuesto el conductor del circuito eléctrico al flujo de corriente eléctrica o a la cantidad de energía eléctrica que se disipa en este conductor en forma de calor.

Operación: funcionamiento, control y mantenimiento de sistemas y dispositivos eléctricos, conexión y desconexión de circuitos, activación y desactivación de equipos, monitoreo de parámetros eléctricos; el desarrollo de medidas de seguridad, actividades de mantenimiento y solución de problemas para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas eléctricos.

CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1 Hipótesis

El diseño de un sistema eléctrico para una planta industrial de 400 kW, permitiría incrementar la disponibilidad de energía eléctrica.

3.2 Variables e Indicadores

I. Variable Independiente (VI: X): Diseño del sistema eléctrico

Indicadores: Cuadro de Cargas; caída de tensión (volt), resistencia (ohm), Corriente (Ampers), nivel de tensión (Volt),

II. Variable Dependiente (VD: Y): Disponibilidad de Energía Eléctrica

Indicadores: Potencia Reactiva (kVar), Potencia Activa(kW), Potencia Aparente (kVA), Energía Activa (KWhr), Factor de Potencia, Resistencia de Aislamiento (ohm),

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y Nivel de la Investigación

Esta investigación es de tipo aplicada porque es una aplicación práctica del conocimiento científico y técnico para desarrollar soluciones concretas en el campo de la ingeniería eléctrica, el impacto es práctico y traerá beneficios tangibles en la planta industrial, con un enfoque en la aplicación práctica de conceptos teóricos y uso de tecnologías para el incremento de la disponibilidad de energía en el sistema eléctrico de la planta industrial, se realizó una colaboración interdisciplinaria entre ingenieros, expertos en energías, tecnólogos de la información y otros profesionales para integrar múltiples disciplinas en el diseño y la implementación de sistemas eléctricos.

Así mismo, la presente investigación está orientada a contrastar hipótesis de causa - efecto el nivel de investigación es explicativo

4.2 Unidad de Análisis

Esta investigación considera como unidad de análisis, al sistema eléctrico de la planta industrial de fabricación de carrocerías de camiones de carga, que se encuentra ubicada en la Av. Argentina 4140, Distrito de Callao, Provincia de Callao, Región Callao, Perú, zona industrial del Callao, sobre 41 m.s.n.m. dentro del área de concesión de la empresa distribuidora de energía ENEL.



Figura 4.1: Ubicación Geográfica Planta Industrial RANDON Perú

Fuente: Google Earth: abril 2023

El área de la planta industrial es de 5000 metros cuadrados, el sistema eléctrico de utilización es de 220 voltios y su conexión trifásica es de 175 kW en baja tensión con tarifa BT4 con potencia variable, con suministro Nro. 2793427..



Figura 4.2: Vista Frontal Exterior de Unidad de Análisis

Fuente: Biblioteca fotográfica de la unidad de análisis

4.3 Método o Enfoque del Diseño de la Investigación

Esta investigación es cuantitativa con un enfoque metodológico que se centra principalmente en los aspectos observables y medibles de los fenómenos. su finalidad es verificar o corroborar de forma deductiva las proposiciones planteadas en la

investigación, a través de la formulación de hipótesis basadas en la relación entre variables, para luego someterlas a una medición que permita su validación o refutación. Este tipo de estudio explora la relación causa-efecto entre variables.

Los estudios cuantitativos recurren a la recopilación de datos numéricos y estadísticos (datos mensurables) para apoyar o refutar hipótesis previamente formuladas. Por ende, una investigación cuantitativa es concluyente, adopta un enfoque objetivo y emplea un razonamiento deductivo. En este contexto, los fenómenos se interpretan como eventos determinados por causas independientes de la voluntad humana, y , por lo tanto, carecen de subjetividad.

La investigación cuantitativa se fundamenta en muestreo aleatorio, en el cual se selecciona una muestra amplia y representativa para extrapolar los resultados al total de la población.

En función de la posibilidad de controlar la variable independiente (presuntas causas), la investigación cuantitativa es:

Experimental; este enfoque es el más indicado y fiable para investigar las relaciones de causa-efecto, entre variables. Aquí, el investigamos y se ejerce el control total de la variable independiente, permitiendo observar, identificar y analizar las causas de la respuesta obtenida. En este caso, se pueden estudiar las variables individualmente para conocer sus efectos).

Con un alcance explicativo, el objetivo principal de la investigación es comprender las relaciones causales y los mecanismos subyacentes para explicar el funcionamiento del sistema eléctrico en la planta industrial. explicativa porque se identifica y analiza las

causas y efectos de los eventos y/o fenómenos estudiados. En el contexto de este sistema eléctrico implicó investigar las razones detrás de ciertos comportamientos, problemas o resultados observados en el sistema eléctrico para lograr incrementar su potencia contratada. Los aspectos de esta investigación explicativa es la Identificación de variables clave: Se identifican las variables clave que influyen en el funcionamiento del sistema eléctrico, como la calidad del suministro eléctrico, la capacidad de carga. Análisis de relaciones causales: Se investigará las relaciones de causalidad entre las variables identificadas. Se exploraron mecanismos subyacentes: aquellos que explican la relación causa efecto. Esto implica analizar cómo las variables interactúan entre sí y qué procesos o factores están involucrados. Por ejemplo, ¿cómo la falta de mantenimiento preventivo conduce al deterioro de los equipos eléctricos y a su vez, afecta la confiabilidad del sistema?

Esto implica identificar variables clave, analizar relaciones causales, explorar mecanismos subyacentes y validar hipótesis. Este enfoque ayuda a obtener un mayor nivel de comprensión y proporciona información valiosa para la toma de decisiones y la mejora del sistema eléctrico.

Matriz de Consistencia

“Diseño de un Sistema Eléctrico De 400kW Para Incrementar La Disponibilidad De Energía Eléctrica En Una Planta Industrial”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿Cómo influye la limitada disponibilidad de energía eléctrica, en el diseño de un sistema eléctrico existente en una planta industrial?	Diseño de un sistema eléctrico de una potencia de 400 kW, a fin de incrementar la disponibilidad de energía eléctrica en una planta industrial	El diseño del sistema eléctrico para una planta industrial de 400 kW, permitiría incrementar la disponibilidad de energía eléctrica.	Disponibilidad de Energía Eléctrica	Diseño del sistema eléctrico	Cuadro de Cargas; Caída de tensión (volt), Resistencia (ohm), Corriente (Ampers), Nivel de tensión (Volt),	Formatos de preguntas Tabla de Carga a entrar al sistema eléctrico Planos As-Built Listado de Máquinas equipos

Tabla 4.1 Matriz de Consistencia

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de esta investigación es en varias etapas, en base al siguiente diagrama de flujo, la figura 5.1 muestra los procesos seguidos con el fin de desarrollar esta investigación.

En la primera etapa se recopiló la información relacionada y la complementaria con el sistema eléctrico, los anexos, los planos, fotografías, información del suministro y consumo de energía eléctrica, así como de la inspección técnica de las instalaciones.

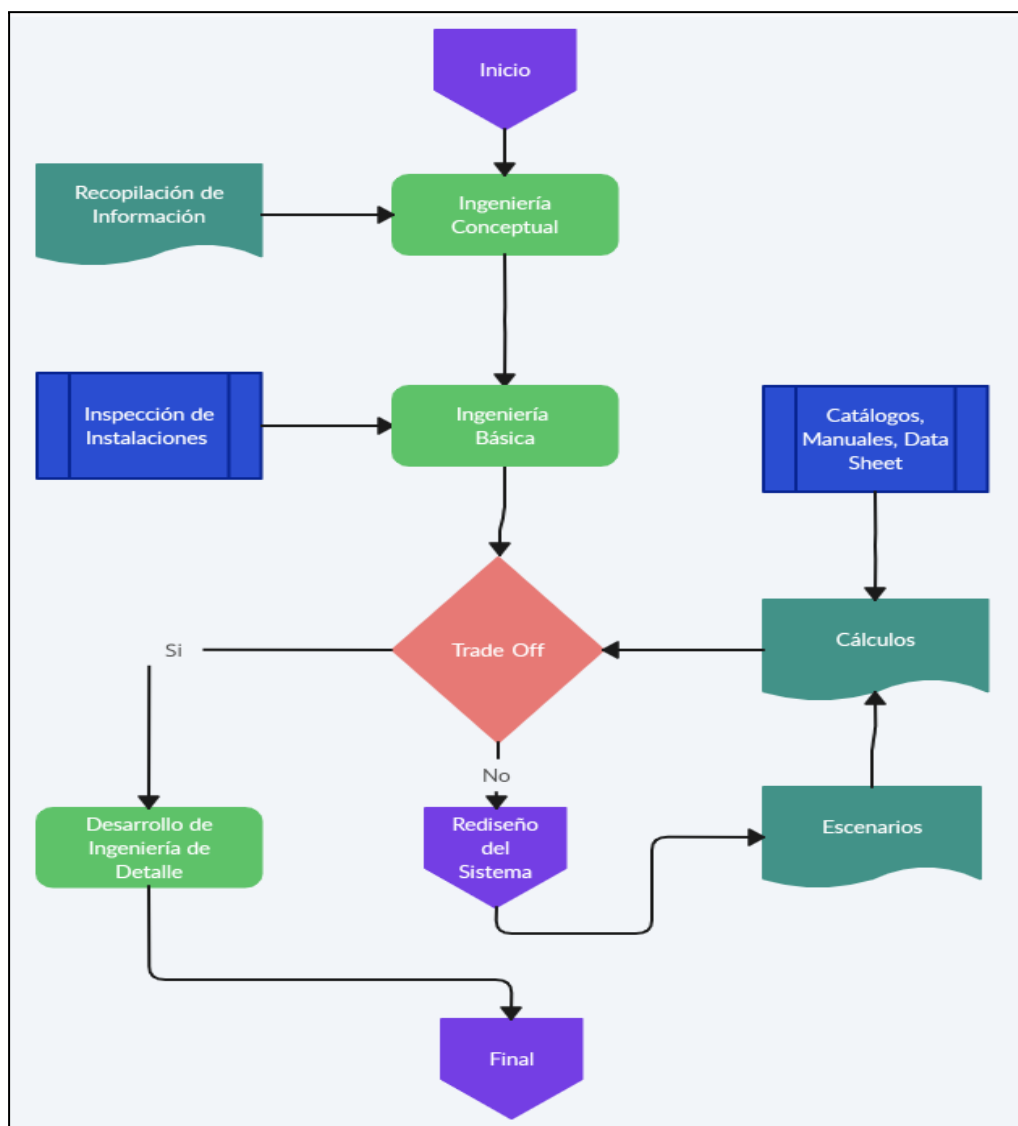


Figura 5.1 Flujograma de la investigación.

Fuente: Elaboración Propia

5.1 Recolección de Datos

La información obtenida en el formato del **Anexo 1**, proporcionó antecedentes de la instalación eléctrica y las relacionadas con el requerimiento de potencia e ubicación de las cargas requeridas, esto es para determinar el metrado de conductores a estos lugares de entrega de energía, los planos y memoria descriptiva, así como de un esquema digital para procesarlo en los software.

La información faltante acerca de la capacidad eléctrica del alimentador de acometida, se encontró en la inspección de campo y la del anexo 4 en la búsqueda en los recibos de energía eléctrica.

5.1.1 Distribución de la Carga Eléctrica en Planta

Conceptualmente es saber cómo serán dispuestos los equipos de MT y BT, colocamos las fuentes de alimentación lo más cerca de los consumidores de potencia tal como lo indica en la guía de diseño eléctrico de schneider y como se muestra en la siguiente figura 5.2

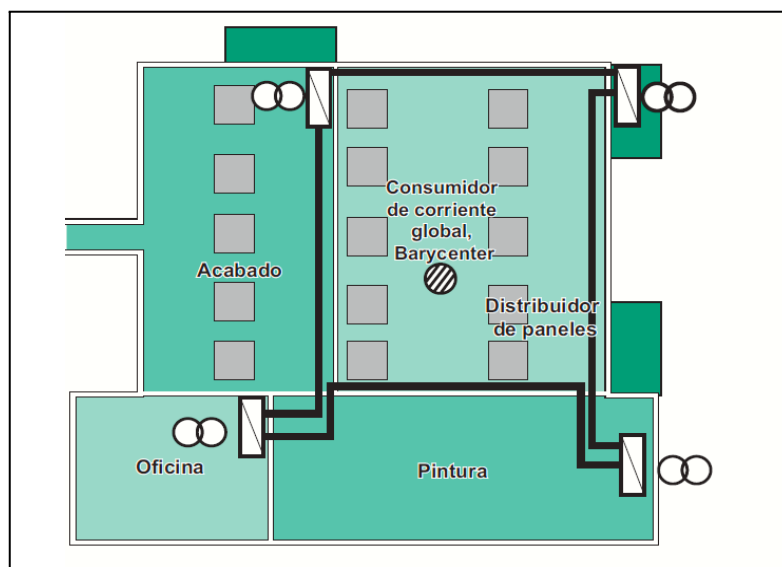


Figura 5.2 Distribución Centralizada en Instalaciones Industriales

Fuente: Schneider Electric s.a. (2010) "Guía de diseño de instalaciones eléctricas" 2 edición"

De la información del **Anexo 1** (), se muestra el área de Iluminación Industrial, se establece un alimentador para 30 kVA, según la figura 5.2 (zona techada pintada de amarillo), aquí se evaluará donde colocar el punto de entrega de energía a desarrollar en el cálculo de datos.

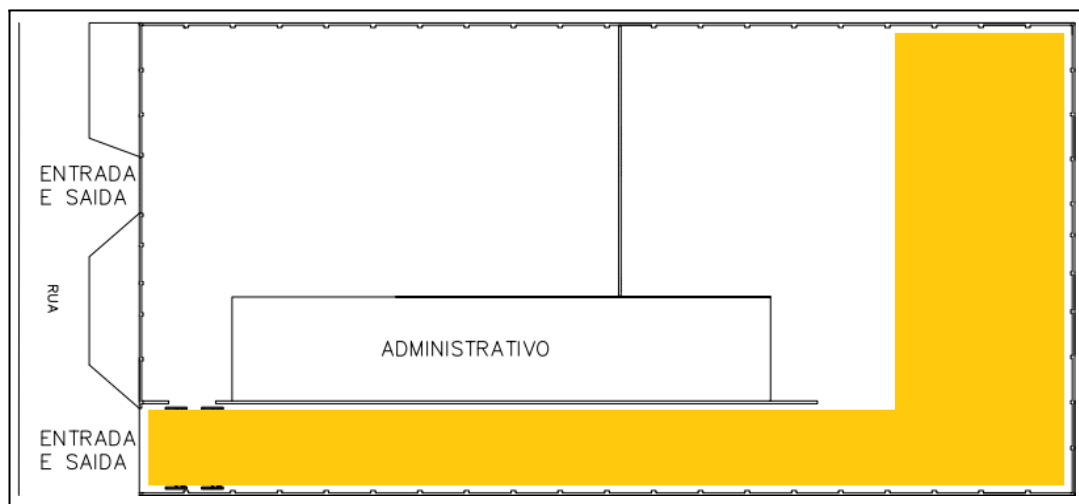


Figura 5.3 Distribución del Área para Iluminación Industrial
Fuente: Elaborado por Unidad de Análisis

En la figura 5.3 se muestra el lugar de la inspección de campo se constató las condiciones existentes para evaluar si los puntos más cerca de los consumidores, no presentan bloqueos o algún tipo de impedimento para el desarrollar los cálculos justificativos.

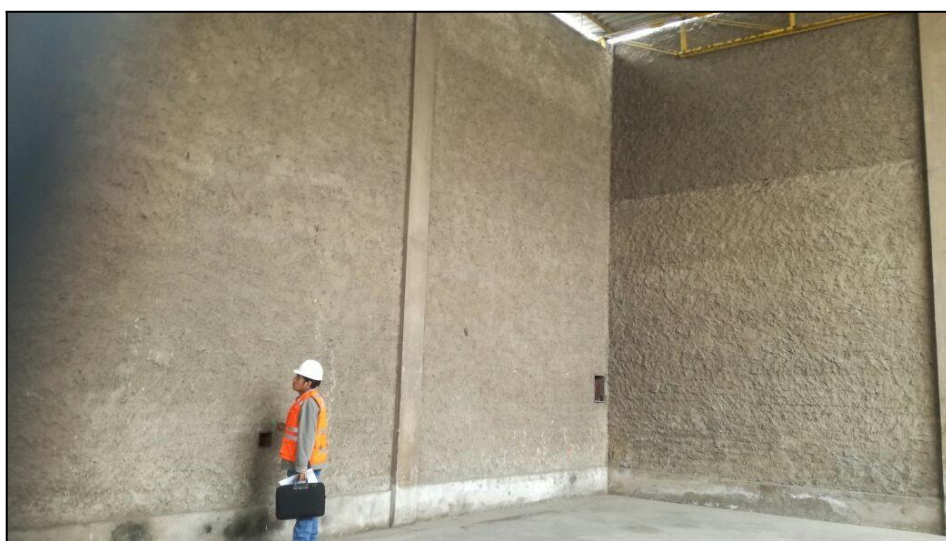


Figura 5.4 Recopilación de Datos en Campo para Iluminación Industrial
Fuente: Elaborado propia

Bajo el mismo procedimiento de inspección con la información obtenida de los anexos se siguió con el otro dato de carga de 30 kVA, para una cabina de pintura, tal como se muestra en la figura 5.5.

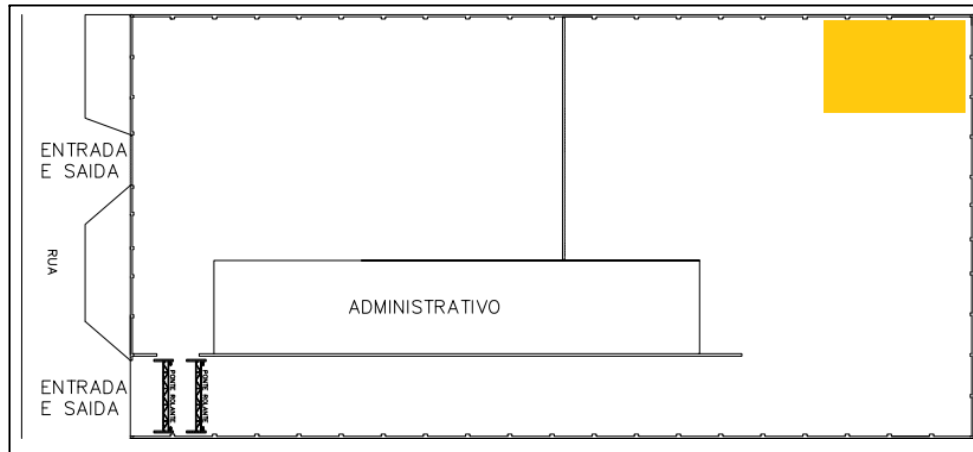


Figura 5.5 Distribución de Área para la Cabina de Pintura.
Fuente: Elaborado unidad de análisis

También para la carga de la compresora de aire de 30 CV ubicada en la parte delantera de la planta según se muestra en la figura 5.6.

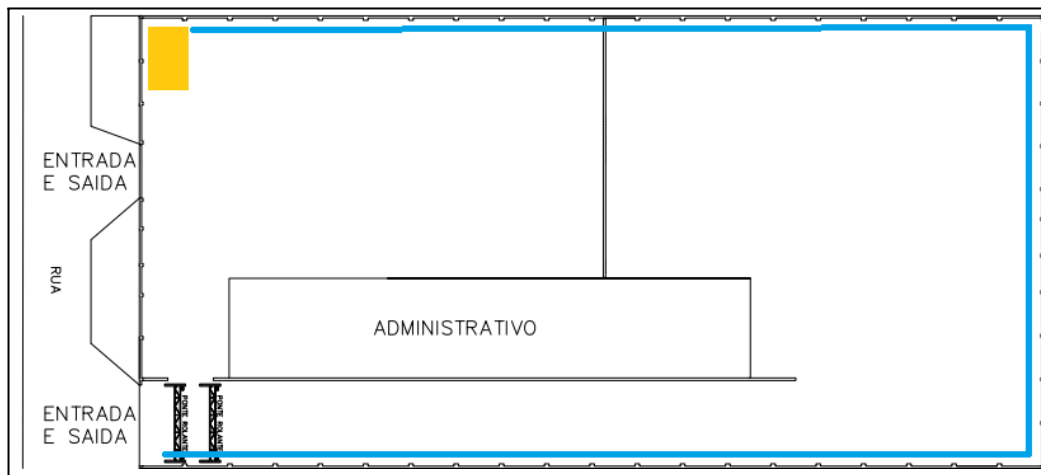


Figura 5.6 Distribución y Ubicación de Compresora en Planta Industrial.
Fuente: Elaborado por unidad de análisis.

Mencionaremos que en esta etapa de recopilación de datos, la unidad de análisis proporcionó los catálogos de su maquinaria que operará la planta, pero no obtuvimos datos para el equipamiento de la cabina de pintura, el aire acondicionado y esta

información inicialmente se trabajará con lo requerido en los cálculos justificativos se contemplar lo necesario. .

En esta planta operan dos grúas eléctricas tipo pórtico, el voltaje de operación de estas es de 460 Voltios, característica particular porque esto influye directamente en diseño eléctrico, los cálculos justificativos son desde el punto de entrega hasta la carga, en la figura 5.7, se indica que se requiere 50 kVA y un voltaje de 460 voltios.

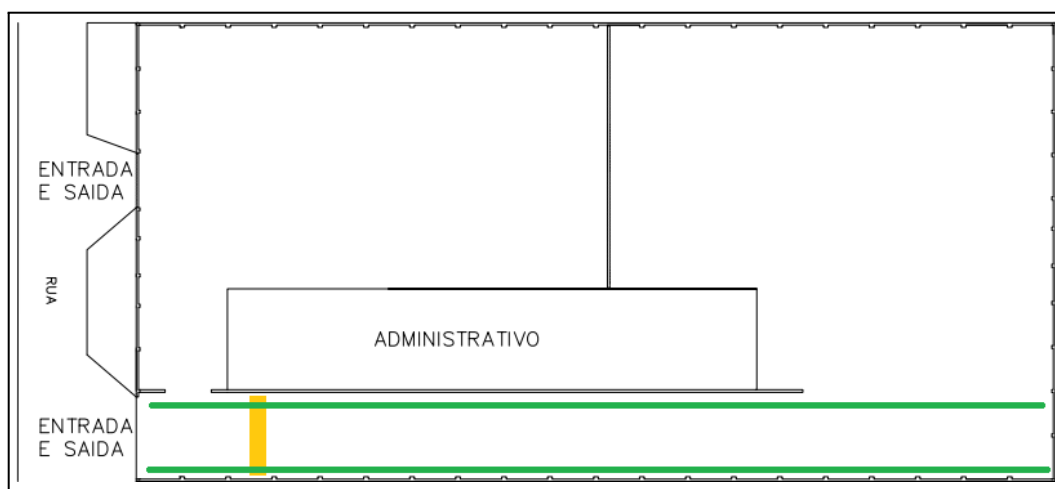


Figura 5.7. Área Asignada de Puente Grúa Tipo Pórtico.
Fuente: Elaborado unidad de análisis

Aquí también se efectúa los cálculos con varios escenarios para evaluar la mejor conveniente en 460 voltios.

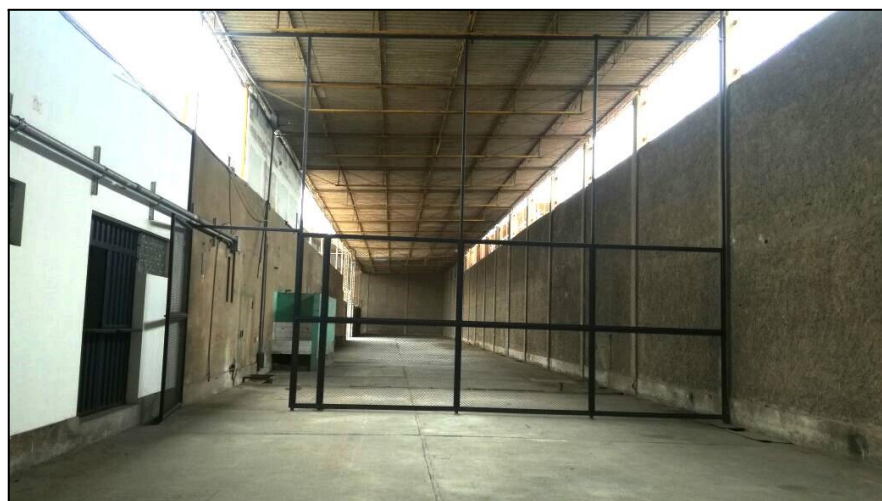


Figura 5.8: Vista Interior del Área de Puente Grúa y Máquinas de Soldar
Fuente: Biblioteca fotográfica de la unidad de análisis

Así como la operación de esta grúa eléctrica es particular, las máquinas de soldar que trabajan en esta área, el diseño del alimentador eléctrico es para utilizar las 30 máquinas que trabajan a 220 Voltios.

Para el resto de cargas la tensión es de 220 Voltios, por esto la información recopilada de estas es fundamental para el cálculo y previendo que podamos incrementar la disponibilidad de estas y las cargas para herramientas eléctricas que utiliza en la planta de producción.

El dato de la ubicación donde se requiere los tableros de tomas eléctricas es importante para los cálculos eléctricos, se contempla que los puntos rojos se requieren 40 kVA y en los puntos verdes se requieren 20 kVA, según la figura 5.9.

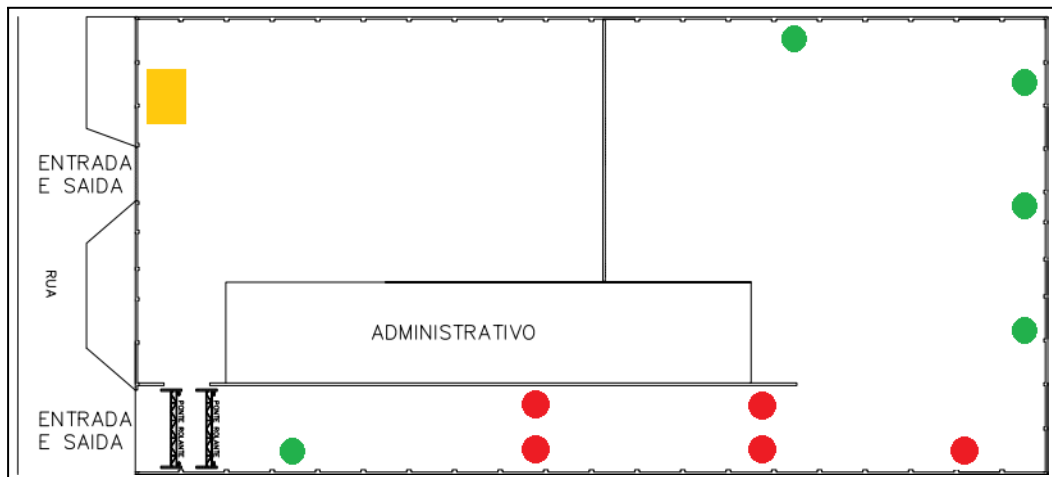


Figura 5.9 Distribución de Máquinas de Soldar Monofásica y Trifásica.
Fuente: Elaborado unidad de análisis

La información obtenida de la carga requerida por la unidad de análisis se obtuvo del siguiente esquema o bosquejo de la planta industrial, como se muestra en la figura 5.10. donde se ha Integrado todo para la ingeniería conceptual.

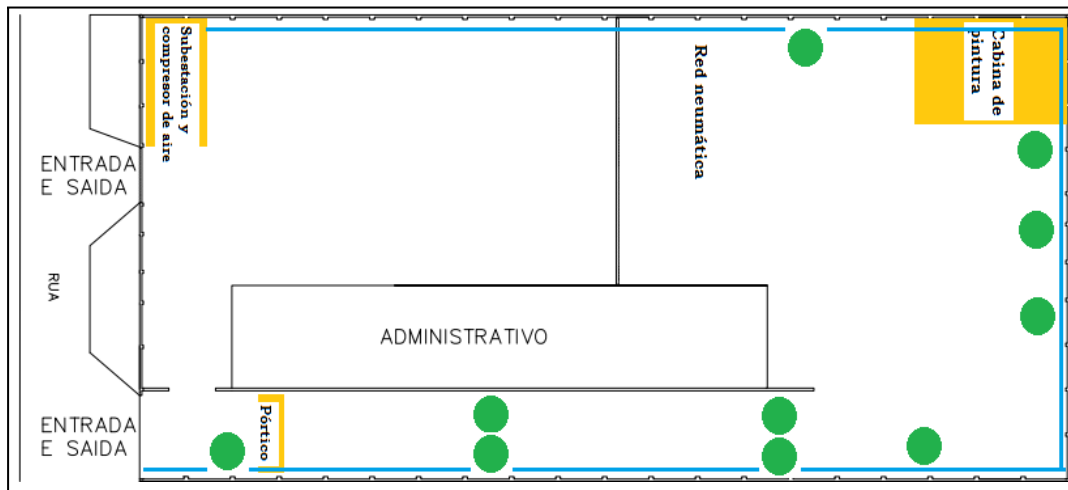


Figura 5.10 Distribución de Energía en Planta Industrial.

Fuente: Elaborado por la unidad de análisis

Se define y se agrupa las cargas eléctricas en cuatro zonas, acorde con los procesos industriales de la unidad de análisis:

- a) Zona compresora: área donde se ubicarán sus equipos de compresión.
- b) Zona de Pintura y Soldadura: área de pintado y ensamble.
- c) Zona de Montaje - Grúa: área de soldadura para ensamble.
- d) Zona de Oficinas: área de oficinas administrativas.

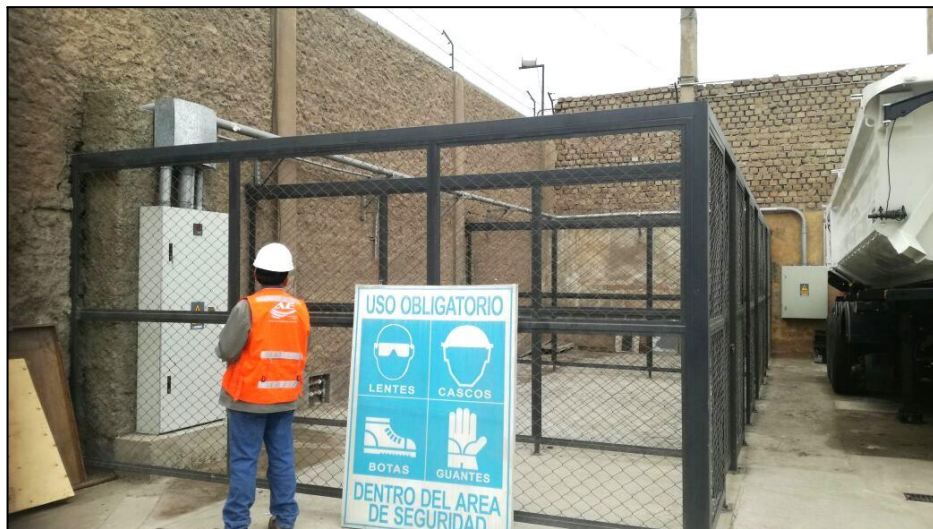


Figura 5.11 Inspección de Instalaciones eléctricas existente

Fuente: Elaboración propia

En el **Anexo 2** (), se recopiló los datos para la potencia máxima requerida para la *operación* es de 440 kVA (ver detalle en Tabla 5.1).

Item	Descripción Carga	Potencia Requerida (kVA)
1	Iluminación Planta	30
2	Cabina de Pintura	30
3	Compresora de Aire	30
4	Puente Grúa - Pórtico	50
5	Máquinas de Soldar	300

Tabla 5.1 Potencia Requerida para Operación de Máquinas en kVA
Fuente: Elaboración propia

La información faltante del mantenimiento eléctrico, procedimientos de seguridad, de la resistencia y continuidad de los circuitos eléctricos existentes, del conocimiento del personal de la influencia de la carga activa y reactiva en la operación de esta unidad de negocio, se completó con la inspección de campo realizada en las instalaciones eléctricas existentes.

5.1.2 Disposición de los Equipamientos Eléctricos

Según los Anexos **1, 2, 4, 5** y con la inspección técnica de campo, se verifica que la distribución de equipos es centralizada (ver figura 5.12).

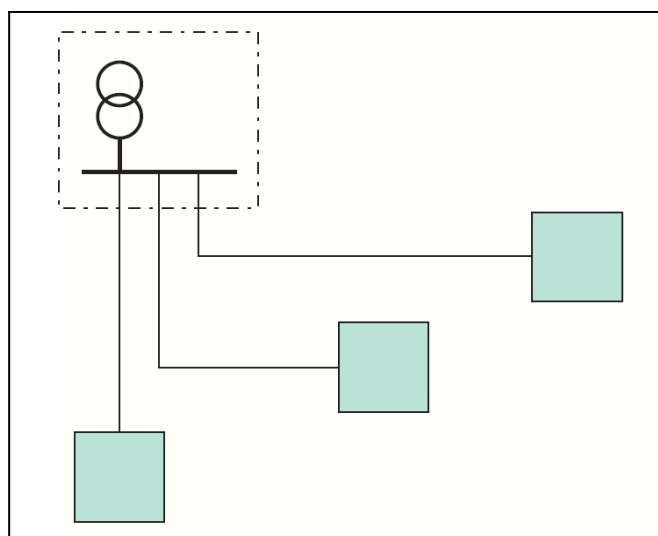


Figura 5.12 Disposición Centralizada de un Sistema Eléctrico
Fuente: Schneider Electric s.a. (2010) "Guía de diseño de instalaciones eléctricas" 2 edición"

Según la guía de diseño de instalaciones eléctricas de SCHNEIDER, también lo menciona como disposición centralizada y seguiremos la misma orientación tal como se muestra para el diseño del sistema eléctrico de la planta.

Con la información del **Anexo 1 y 2**, más los valores de potencia necesarios para las áreas generales y oficinas se obtiene la tabla 5.2.

Listado de Cargas para Operación y Funcionamiento				
Item	Descripción	Cantidad	Potencia requerida	Voltaje (Voltios)
1	Oficinas Administrativas	1	35 kW	220
2	Iluminación Planta	1	30 kVA	220
3	Cabina de Pintura	1	30 kVA	220
4	Compresor de Aire	1	30 kVA	220
5	Puente Grúa - Pórtico	2	50 kVA	460
6	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	10	100 kVA	220
7	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	20	200 kVA	220
8	Área de Impresiones	1	5 kW	220
9	Aire Acondicionado Oficinas	1	15 kW	220

Tabla 5.2 Listado de Carga Requerida en la Planta Industrial

Fuente: Elaboración propia

El **Anexo 3** (), se actualiza el formato del encabezado de Potencia (kW) a Potencia (kVA) y en el de Fecha Estimada por Tiempo Requerido, la información obtenidase relación con la potencia requerida para la operación y fue útil para incrementar la disponibilidad de energía en forma gradual en la planta industrial.

En el **Anexo 4** () se recopiló datos del suministro eléctrico existente, se utilizó como complemento de datos necesarios para definir las características eléctricas de la nueva conexión que debe tener el nuevo suministro.

En el **Anexo 5** (), se actualizó el título y el nombre de la celda de Potencia requerida, para poder registrar y consolidar la potencia requerida para las otras cargas necesarias para la operación y funcionamiento de la industria.

Los datos obtenidos en el **Anexo 6**, es la información de los fabricantes acerca de los datos constructivos de los conductores eléctricos, esto es importante para los cálculos justificativos de la presente investigación.

La información recopilada en los formatos de entrevistas y encuestas (**Anexo 1 y Anexo 2**), son datos muy importantes, son precisos y confiables, las preguntas fueron relevantes y claras, las necesarias que requería esta investigación.

5.1,2 Demanda Máxima y Potencia Total

Del **Anexo 5**, extraemos datos para la tabla 5.3.

Listado de Cargas para Operación y Funcionamiento				
Item	Descripción	fdp	POTENCIA	
			VA	W
1	Oficinas Administrativas	0.80	43750	35000
2	Iluminación Planta	0.90	30000	27000
3	Cabina de Pintura	0.90	30000	27000
4	Compresor de Aire	0.90	30000	27000
5	Puente Grúa - Pórtico	0.90	50000	45000
6	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	0.90	100000	90000
7	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	0.90	200000	180000
8	Área de Impresiones	0.80	6250	5000
9	Aire Acondicionado Oficinas	0.80	18750	15000
Subtotal				451000
Total (kVA)			508750	

Tabla 5.3 Potencia Instalada de la Planta Industrial

Fuente: Elaboración propia

La potencia aparente de diseño es de 500kVA y la potencia activa es de 400 kW, esta es la información necesaria para efectuar los cálculos y además solicitar a distribuidora la conexión eléctrica a determinar.

Se considera un factor de simultaneidad de 0.9 para este diseño del sistema eléctrico de plantas industriales. Todas las áreas están enlazadas al sistema eléctrico conforme a la línea de producción de la unidad de análisis.

Según la información de la tabla 5.4 las máquinas de soldar son la carga eléctrica más importante comparada con las otras, esta información es fundamental para realizarel diseño de un sistema eléctrico para los alimentadores que suministran energía a los tableros de máquinas de soldar.

Item	Descripción	POTENCIA		
		k W	Factor de Demanda	Máxima Demanda
1	Oficinas Administrativas	35.00	90%	31.50
2	Iluminación Planta	27.00	80%	21.60
3	Cabina de Pintura	27.00	90%	24.30
4	Compresor de Aire	22.37	80%	17.89
5	Puente Grúa - Pórtico	45.00	90%	40.50
6	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	90.00	90%	81.00
7	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	180.00	90%	162.00
8	Área de Impresiones	5.00	90%	4.50
9	Aire Acondicionado Oficinas	15.00	80%	12.00
Σ Máxima Demanda (kW)				395297

Tabla 5.4 Máxima Demanda y Potencia Total

Fuente: Elaboración propia

POTENCIA TOTAL = Σ MÁXIMA DEMANDA * FACTOR DE SIMULTANEIDAD(**)

FACTOR DE SIMULTANEIDAD = 0.9 se asume para este tipo planta industrial.

Potencia Total = 355.77 kW

5.2 Procesamiento de Datos

5.2.1 Cálculos Iniciales

Puente Grúa: de la información del **Anexo 9** acerca de las características técnicas calculamos la potencia activa con los datos del fabricante:

$$\text{Potencia Grúa} = 18000 + 3000 + 400 + 650 = 22050 \text{ Watts}$$

Luego calculamos la Corriente Nominal a entregar en 460 voltios donde se considera el factor de potencia es de 0.8 (cos Ø)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$I \text{ nominal Grúa (460)} = 34.594$$

Máquina de Soldar: La información se obtiene del **Anexo 10** datos de la potencia aparente:

$$\text{Potencia M. Soldar} = 8.5 \text{ kVA}$$

Luego calculamos la Corriente Nominal a entregar en 220 voltios donde se considera el factor de potencia es de 0.8 (cos Ø)

$$I \text{ nominal Maquina de Soldar (220)} = 27,88$$

Compresora de Aire: La información del **Anexo 11** datos de la potencia Activa

$$\text{Potencia Compresora} = 30 \text{ CV}$$

Luego calculamos la Corriente Nominal a entregar en 220 voltios donde se considera el factor de potencia es de 0.8 (cos Ø)

$$I \text{ nominal Maquina de Soldar (220)} = 73,42$$

Para el resto de cargas se utilizó el dato de la potencia requerida, se debe expresar en kW, se calculó su respectiva corriente Nominal de la carga o grupo decargas, con el fin de obtener la carga requerida.

Tensión nominal del sistema: este diseño tendrá los siguientes:

Media tensión: El nivel será de 10000 Voltios (V) a 60Hz

(Nota: La operación inicial será en 10 kV, luego al final será en 22.9 kV según lo requerido por la Distribuidora.)

Baja tensión: el nivel será de 220 Voltios todos los circuitos a excepción del puente grúa y 460 Voltios exclusivamente para el puente grúa, todos a 60Hz

Identificamos los requerimientos de carga: Determina las necesidades de energía de la planta industrial.

Cargas principales: como se muestra en la tabla 5.4, en el ítem 1, 5, 6 y 7, suman 315 kW que representa el 79% de la carga total.

Listado de Cargas para Operación y Funcionamiento		
Item	Descripción	Potencia (kW)
1	Oficinas Administrativas	35.00
2	Iluminación Planta	24.00
3	Cabina de Pintura	24.00
4	Compresor de Aire	24.00
5	Puente Grúa - Pórtico	40.00
6	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	80.00
7	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	160.00
8	Área de Impresiones	3.00
9	Aire Acondicionado Oficinas	10.00
Subtotal		400.00

Tabla 5.5 Potencia Requerida para las Cargas Eléctricas en kW

Fuente: Elaboración propia

Como dato inicial de entrada se considera un 80% de aprovechamiento de la potencia aparente.

Cargas Auxiliares: serán para la iluminación de la planta, cabina de pintura, compresora de aire, aire acondicionado de oficinas y área de impresiones.

5.2.2 Cálculos Justificativos

Procesamiento de la información obtenida en producir un esquema unifilar línea base para el diseño del sistema eléctrico.

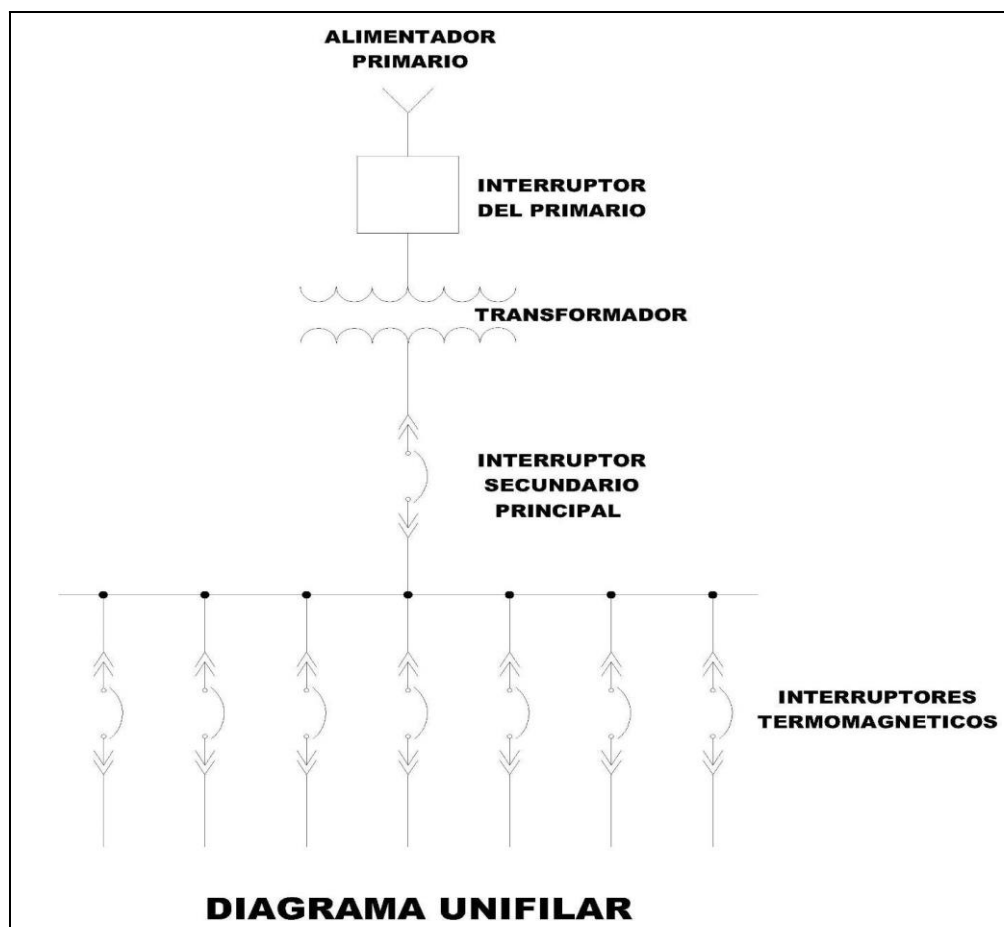


Figura 5.13 Diagrama Unifilar Básico en Planta Industrial

Fuente: Enríquez Harper, G. (2012) "Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales" 2 edición."

para evaluar el diseño más conveniente se realiza una ingeniería básica en base al cálculo de la corriente de demanda máxima para los siguientes circuitos tal como se muestra en la la tabla 5.6

Item	Descripción	Máxima Demanda			
		Voltaje (V)	Potencia (kW)	Factor de Potencia fdp	Corriente (A)
1	Oficinas Administrativas	220	31.50	0.8	103
2	Iluminación Planta	220	21.60	0.9	63
3	Cabina de Pintura	220	24.30	0.9	71
4	Compresor de Aire	220	21.60	0.9	63
5	Puente Grúa - Pórtico (*)	460	40.50	0.9	118
6	Máquinas de Soldar (T-1:5x20kVA)	220	81.000	0.9	236
7	Máquinas de Soldar (T-2:5x40 kVA)	220	162.00	0.9	472
8	Área de Impresiones	220	4.50	0.8	15
9	Aire Acondicionado Oficinas	220	12.00	0.8	39
Σ Máxima Demanda Corriente (Amp)					1181

Tabla 5.6 Corriente de Demanda Máxima

Fuente: Elaboración propia

Con todos los datos de las cargas, el nivel de tensión, la distancia desde el origen de la energía hasta el punto de utilización y con los datos constructivos de los conductores eléctricos para el tipo THW 90°C obtenidos del anexo 6, se realizó los siguientes cálculos:

Cálculo de la sección del conductor: se considera que los conductores se instalarán en ductos y/o tuberías (PVC y Conduit: según la Regla 070-1014 - Tabla 6 Código Nacional de Electricidad - Utilización), los conductores provienen desde la subestación eléctrica en forma subterránea, a través de buzones llegan a los tableros de distribución.

Para establecer la ingeniería básica, se efectúa un cálculo inicial como línea base para la evaluación de sección del conductor de los alimentadores principales, según los datos de la tabla 5.6 y la información técnica de los anexos 6, 13 y 14. se obtiene los siguientes resultados como se muestra en la tabla 5.7

ESCENARIO (Ingeniería Básica)									
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	I (Amp)	Sección del Conductor mm ²	Capacidad de Corriente Amp	Longitud (m)	Caida de TENSION %	Verificado por caída de Tensión
1	TGN- Oficinas	Oficinas Administrativas	35.00	114.81	35	130	70	5.73	No Cumple
2	TGN- Ilumina	Iluminación Planta	27.00	88.57	25	105	66	5.83	No Cumple
3	TGN- Pintura	Cabina de Pintura	27.00	88.57	25	105	95	8.39	No Cumple
4	TGN- Compresora	Compresora de Aire - 30CV	22.38	73.42	16	80	10	1.14	ok
5	TGN- Grua	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	45.00	147.62	50	165	60	4.42	ok
6	TGN- Soldar 1	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	90.00	295.24	150	315	85	4.17	ok
7	TGN- Soldar 2	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	180.00	590.47	500	615	60	1.77	ok
8	TGN- Print	Area de Impresiones	5.00	16.40	2.5	25	70	11.45	No Cumple
9	TGN- AireA.	Aire Acondicionado Oficinas	15.00	49.21	10	65	70	8.59	No Cumple

Tabla 5.7 Cálculo Línea Base por Capacidad de Corriente y Caída de Tensión
Fuente: Elaboración propia

Para efectuar el análisis por ponderación de criterios (trade off), se preparan cuatro escenarios de posibles instalaciones eléctricas, se realizan los cálculos para determinar las secciones correspondientes, iniciamos con el primero según se muestra en la tabla 5.8, para el primer escenario.

Cálculos para el Primer Escenario: En este escenario se ha considerado una parte de la tabla anterior (tabla 5.6), las cargas de las máquinas de soldar se separan para dimensionar varios alimentadores a fin de agruparlas en cuatro circuitos independientes, que concentran cargas según ubicación y equilibrio, porque la totalidad de carga de máquinas de soldar es importante respecto al total, ver tabla 5.8.

1er ESCENARIO									
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	I (Amp)	Sección del Conductor mm ²	Capacidad de Corriente Amp	Longitud (m)	Caida de TENSION %	Verificado por caída de Tensión
1	TGN a TD2	Compresora de Aire - 30CV	22.38	73.42	16	80	10	1.14	ok
2	TGN a TD3	Cabina de Pintura	27.00	88.57	25	105	95	8.39	No Cumple
3	TGN a TD4	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10	144.67	50	165	60	4.33	ok
4	TGN a Toma 1	4 tomas 1f y 2 tomas 3f (4 puntos)	73.60	241.44	120	275	144	7.23	No Cumple
5	TGN a Toma 2	4 tomas 1f y 2 tomas 3f (1 punto)	18.40	60.36	10	65	84	12.65	No Cumple
6	TGN a Toma 3	8 tomas 1f y 4 tomas 3f (5 puntos)	184.00	603.59	500	615	168	5.06	ok
7	TGN a TD-OF	Oficinas Administrativas y Servicios	20.00	65.61	16	80	90	9.20	No Cumple
8	TGN a TD-AA	Aire Acondicionado	15.00	49.21	10.0	65	90	11.05	No Cumple
9	TGN a TD-AL	Iluminación Planta	27.00	88.57	25	105	60	5.30	ok

Tabla 5.8 Cálculos Primer Escenario
Fuente: Elaboración propia

Cálculo del 2do Escenario: En este segundo escenario se cambia la ubicación de los puntos de entrega de energía de las máquinas de soldar, tal como se muestra en la tabla 5.9.

2do ESCENARIO									
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	I (Amp)	Sección del Conductor mm ²	Capacidad de Corriente Amp	Longitud (m)	Caída de TENSION %	Verificado por caída de Tensión
1	TGN a TD2	Compresora de Aire - 30CV	22.38	73.42	16	80	10	1.14	ok
2	TGN a TD3	Cabina de Pintura	100.60	330.01	185	355	95	4.23	ok
3	TGN a TD4	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	62.50	205.02	95	240	55	2.96	ok
4	TGN a Toma 1	Subtablero de Tomas 1	73.60	241.44	120	275	60	3.01	ok
5	TGN a Toma 2	Subtablero de Tomas 2	18.40	60.36	10	65	30	4.52	ok
6	TGN a Toma 3	Subtablero de Tomas 3	184.00	603.59	500	615	72	2.17	ok
7	TGN a Toma 3	Subtablero de Tomas 4	184.00	603.59	500	615	96	2.89	ok
8	TGN a TD-OF	Oficinas Administrativas y Servicios	20.00	65.61	16.0	80	90	9.20	No Cumple
9	TGN a TD-AA	Aire Acondicionado	15.00	49.21	10	65	90	11.05	No Cumple
10	TGN a TD-AL	Iluminación Planta	27.00	88.57	25.0	105	60	5.30	ok

Tabla 5.9 Cálculos Segundo Escenario
Fuente: Elaboración propia

Cálculo del 3er Escenario En este tercer escenario se disgrega en más circuitos la carga de las máquinas de soldar y las cargas de aire acondicionado se agrupa con las oficinas administrativas, porque se disminuye el requerimiento inicial de potencia, para ahorro de energía, tal como se observa en la tabla 5.10.

3er ESCENARIO									
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	I (Amp)	Sección del Conductor mm ²	Capacidad de Corriente Amp	Longitud (m)	Caída de TENSION %	Verificado por caída de Tensión
1	TGN a TD-02	Compresora de Aire - 30CV	22.38	73.42	16	80	10	1.14	ok
2	TGN a TD-03	Tabler Cabina de Pintura + Tomas 1,2,3	100.60	330.01	185	355	80	3.56	ok
3	TGN a TRAF0	Transformador 220/460V - 45kVA	44.10	144.67	50	165	6	0.43	ok
4	Trafo a TD4	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10	69.19	16	80	174	18.77	No Cumple
5	TD-03 a Toma 1	Subtablero de Tomas 1	18.40	60.36	10	65	5	0.75	ok
6	TD-03 a Toma 2	Subtablero de Tomas 2	18.40	60.36	10	65	45	6.77	No Cumple
7	TD-03 a Toma 3	Subtablero de Tomas 3	18.40	60.36	10	65	55	8.28	No Cumple
8	TD-03 a Toma 4	Subtablero de Tomas 4	18.40	60.36	10.0	65	70	10.54	No Cumple
9	TGN a TTZ-2	Tablero de Tomas Electricas TTZ-2	184.00	603.59	500	615	60	1.81	ok
10	TTZ-2 a Toma D 01	Subtablero de Tomas 1	36.80	120.72	35.0	130	81	6.97	No Cumple
11	TTZ-2 a Toma D 02	Subtablero de Tomas 2	36.80	120.72	35	130	56	4.82	ok
12	TTZ-2 a Toma D 03	Subtablero de Tomas 3	36.80	120.72	35.0	130	63	5.42	ok
13	TTZ-2 a Toma D 04	Subtablero de Tomas 4	36.80	120.72	35	130	90	7.74	No Cumple
14	TTZ-2 a Toma D 05	Subtablero de Tomas 5	36.80	120.72	35.0	130	115	9.89	No Cumple
15	TGN a TD-1A	Oficinas + 1 toma 20kVA	38.40	125.97	35	130	60	5.39	ok
16	TD-1A a Toma 5	4 tomas 1f y 2 tomas 3f (1 punto)	18.40	60.36	10.0	65	12	1.81	ok
17	TD4- a Caja PaseP	Caja de pase Pórtico en Muro	44.10	69.19	16	80	120	12.94	No Cumple

Tabla 5.10 Cálculos Tercer Escenario
Fuente: Elaboración propia

Cálculo del 4to Escenario: este cuarto escenario se hace otro en diferentes

lugares con alimentadores agrupándolas, ver tabla 5.11.

4to ESCENARIO									
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	I (Amp)	Sección del Conductor mm ²	Capacidad de Corriente Amp	Longitud (m)	Caida de TENSION %	Verificado por caída de Tensión
1	TGN a Trafo 220/480	Transformador 220/480V - 45kVA	44.10	144.67	50	165	6	0.43	ok
	Perimetro Lateral Izquierdo								
2	TGN a TD - 01	Compresora de Aire	22.38	73.42	16	80	10	1.14	ok
3	TGN a TD - 03	Cabina de Pintura Pintura	27.00	88.57	25	105	92	8.13	No Cumple
4	TGN a TD - 02	Tablero de Tomas Electricas TD-02	73.60	241.44	120	275	81	4.06	ok
	Perimetro Posterior								
5	TD - 02 a TD - 02-1	Subtablero de Tomas 02 -1	18.40	60.36	10	65	68	10.24	No Cumple
6	TD - 02 a TD - 02-2	Subtablero de Tomas 02 -2	18.40	60.36	10	65	80	12.04	No Cumple
7	TD - 02 a TD - 02-3	Subtablero de Tomas 02 -3	18.40	60.36	10	65	92	13.85	No Cumple
	Caseta de Vigilancia e Ingreso a Planta								
8	Trafo 220/480 a TD - 06	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10	69.19	16	80	60	6.47	ok
9	TGN a TD - 04	Tablero de Tomas Electricas TD-04	184.00	603.59	500	615	60	1.81	ok
10	TGN a TD - 05	Oficinas + 1 toma 20kVA	38.40	125.97	35	130	60	5.39	ok
	Perimetro Lateral Derecho								
11	TD - 04 a TD - 04 - 1	Subtablero de Tomas 04 -1	36.80	120.72	35	130	81	6.97	No Cumple
12	TD - 04 a TD - 04 - 2	Subtablero de Tomas 04 -2	36.80	120.72	35	130	56	4.82	ok
13	TD - 04 a TD - 04 - 3	Subtablero de Tomas 04 -3	36.80	120.72	35	130	63	5.42	ok
14	TD - 04 a TD - 04 - 4	Subtablero de Tomas 04 -4	36.80	120.72	35	130	90	7.74	No Cumple
15	TD - 04 a TD - 04 - 5	Subtablero de Tomas 04 -5	36.80	120.72	35	130	115	9.89	No Cumple
16	TD -05 A TD - 05 - 1	Subtablero de Tomas 05 - 1	18.40	60.36	10	65	35	5.27	ok
17	TD-06 a Caja Pase	Caja de Pase de la Grúa Pórtico	44.10	69.19	16	80	120	12.94	No Cumple

Tabla 5.11 Cálculos Cuarto Escenario

Fuente: Elaboración propia

Con todos los datos obtenidos por cada escenario, será analizada con la metodología de ponderación de criterios, a fin de seleccionar una alternativa viable en base a los criterios de riesgos, mantenibilidad, económicos y técnicos.

Diagrama Unifilar del diseño eléctrico:

De la recopilación de datos se ha elaborado diagramas unifilares para cada uno de los escenarios calculado, están ligados a los cálculos de la puesta a tierra, corriente de cortocircuito, dimensionamiento de los tableros y tomas industriales, en el software CAD se elaboraron los diagramas unifilares, donde se simularon varios escenarios en esta investigación para establecer una alternativa para incrementar la disponibilidad de energía de eléctrica de la planta.

Cálculo de la corriente de Cortocircuito:

En base a la alternativa más conveniente en cuanto se **calculó de la corriente de cortocircuito** en base a lo considerado en la guía técnica de aplicación - Anexo “Cálculo de corrientes de cortocircuito”

Según la siguiente Fórmula y consideración indicado en esta directiva del *Ministerio de Ciencia y Tecnología de España en la “guía técnica de aplicación- Anexos”*

Cálculo de Corriente Corto Circuito

$$I_{cc} = \frac{0,8 U}{R}$$

Calculo de la Resistencia de fase

$$R = \rho \times L / S$$

Donde:

$$\rho = 0.018 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

Obtenemos los siguientes resultados en la tabla 5.12:

Corriente de Corticicuto para Fallas en Barras de Tableros										
Item	Corto circuito	Resistencia Total	Alimentador			Derivación			Punto	
	I _{cc} (Amp)	R (ohm)	R (ohm)	L (m)	S (mm ²)	R (ohm)	L (m)	S (mm ²)	Alimentador	Derivación
1	3,986	0.044160	0.0096000	80.00	150	0.0345600	67.20	35	TD - 02	Toma 1
2	3,496.82	0.050331	0.0096000	80.00	150	0.0407314	79.20	35	TD - 02	Toma 2
3	3,114.89	0.056503	0.0096000	80.00	150	0.0469029	91.20	35	TD - 02	Toma 3
4	18,041.07	0.009756	0.0001555	12.96	1500	0.0096000	80.00	150	TGN-1	TD - 02
5	28,373.18	0.006203	0.0001550	12.92	1500	0.0060480	8.40	25	TGN-1	TD - 01
6	7,455.58	0.023606	0.0001550	12.92	1500	0.0234514	91.20	70	TGN-1	TD - 03
7	7,692.55	0.022879	0.0022050	58.80	480	0.0206743	80.40	70	TD - 04	Toma 1
8	7,972.10	0.022077	0.0022050	58.80	480	0.0198720	55.20	50	TD - 04	Toma 2
9	7,134.46	0.024669	0.0022050	58.80	480	0.0224640	62.40	50	TD - 04	Toma 3
10	7,028.95	0.025039	0.0022050	58.80	480	0.0228343	88.80	70	TD - 04	Toma 4
11	7,323.46	0.024032	0.0022050	58.80	480	0.0218274	115.20	95	TD - 04	Toma 5
12	74,559.84	0.002361	0.0001555	12.96	1500	0.0022050	58.80	480	TGN-1	TD - 04
13	5,790.42	0.030395	0.0001550	12.92	1500	0.0302400	58.80	35	TGN-1	TD - 06
14	3,637.57	0.048384	0.0233280	64.80	50	0.0250560	34.80	25	TD - 05	Toma 4
15	3,155.01	0.116640	0.0302400	58.80	35	0.0864000	120.00	25	TD - 06	Pórtico
16	8,253.98	0.021323	0.0001550	12.92	1500	0.0211680	58.80	50	TGN-1	TD - 05

Tabla 5.12 Cuadro de Cálculos Corriente de CortoCircuito
Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la corriente de sobrecarga:

Con la corriente nominal (I_n), la corriente de la demanda por carga (I_b) la corriente del conductor (I_z) y la corriente convencional de disparo del interruptor (I_f) cumple lo siguiente

Regla 1: $I_b \leq I_n \leq I_z$ (Regla de la corriente nominal)

Regla 2: $I_f \leq 1,45 \times I_z$ (Regla de la corriente de disparo) donde:

I_b : Corriente de servicio del circuito.

I_n : Corriente asignada al dispositivo de protección seleccionado.

I_z : Corriente admisible del conductor bajo las condiciones de servicio.

I_f : Corriente de disparo del dispositivo de protección.

Se calcula los requerimiento para el tablero eléctrico:

Gabinete de Tablero General de Distribución: TGN-1		
Requerimientos Técnicos		
Descripción	Valor Requerido	Cantidad
Interrup. General	1800 A.	1
Capacidad de Corto Circuito(Mir	85kA	-
Interrupor Trifasico	3x750	1
Capacidad de Corto Circuito(Mir	35kA	-
Interrupor Trifasico	3x300	1
Capacidad de Corto Circuito(Mir	35kA	-
Interrupor Trifasico	3x200	1
Capacidad de Corto Circuito(Mir	35kA	-
Interrupor Trifasico	3x125	1
Capacidad de Corto Circuito(Mir	35kA	-
Interrupor Trifasico	3x100	2
Capacidad de Corto Circuito(Mir	35kA	-
Fabricación NEMA	4	-
Capacidad de Corto Circuito	85kA	-
Mandil	Si	
Tipo de Tapa	Abisagrada	
Plancha LAF	2mm	
Color RAL	7035	
Pintura	Electrostatica	
Numero de Polos de Reservas	12	

Tabla 5.13 Diseño de la Protección Eléctrica en Base al Diagrama Unifilar - TGN 1

Fuente: Elaboración propia

Se ha procesado para todos los tableros, sub tableros y tableros con tomas industriales.

Longitud de Alimentadores:

Una longitud de los alimentadores para los tableros, subtableros y los tableros de tomas industriales, se estimó una medida aproximada con en el software de diseño asistido por computadora (CAD), estos fueron la línea base para realizar cálculos en los diferentes escenarios como alternativas.

Con la alternativa seleccionada, se realiza la inspección respectiva en campo para medir las subidas, bajadas, las subterráneas y considerando las tolerancias por radio de curvatura como establece el código nacional de electricidad - utilización (070-1400, 070-1500 Radio de Curvatura en Tuberías)

En la Tabla 5.15 se muestra los datos recopilados y el cálculo de la longitud total del recorrido desde el lugar de la subestación eléctrica hasta los tableros principales:











METRADO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES															
DE TGN a:	SECCION CABLE											TOTAL LINEAL	TOTAL CIRCUITO	12% Tolerancia	
TGN a TD - 04	2(3-1x300 mm2)	-	3.00	3.00	3.50	35.00	5.00	-	-	3.00	-	4.00	56.50	339.00	379.68
	1x95 mm2	-	3.00	3.00	3.50	35.00	5.00	-	-	3.00	-	4.00	56.50	56.50	63.28
TGN a TD - 05	3-1x50 mm2	-	3.00	3.00	3.50	35.00	5.00	3.50	5.00	3.00	3.00	3.00	67.00	201.00	225.12
	1 x 16 mm2	-	3.00	3.00	3.50	35.00	5.00	3.50	5.00	3.00	3.00	3.00	67.00	67.00	75.04
Trafo 220/480 a TD - 06	3-1x35 mm2	8.00	-	1.00	0.00	35.00	5.00	-	-	3.00	0.00	4.00	56.00	168.00	188.16
	1 x 16 mm2	8.00	-	1.00	0.00	35.00	5.00	-	-	3.00	0.00	4.00	56.00	56.00	62.72

Tabla 5.15 Longitud de Recorrido de Alimentadores Principales

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.16 se indica el recorrido del conductor alimentador desde tablero al subtablero y luego hacia el tablero de tomas industriales, se considera adosado a pared con tubería conduit, también recorrido subterráneo con tubería de PVC se ha considerado longitud para las reservas en los buzones y también para los radios de curvatura de los conductores:

METRADO DE ALIMENTADORES DE LADO DERECHO														
DE TD - 04 a:	SECCION CABLE		↓	↑	→	→	→	→	↑	↓		TOTAL LINEAL	TOTAL CIRCUITO	12% Toleranci
TD -05 a TD - 05 - 1	3-1x35 mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	4.5	5.50	0.00	3.00	0.00	3.00	25.00	75	84.00
	1x 16mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	4.5	5.50	0.00	3.00	0.00	3.00	25.00	25.00	28.00
TD - 04 a TD - 04 - 1	3-1x70 mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8.00	0.00	51.50	0.00	3.00	3.00	74.50	223.50	250.32
	1x 25mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8	0.00	51.50	0.00	3.00	3.00	74.50	74.50	83.44
TD - 04 a TD - 04 - 2	3-1x50 mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8.00	0.00	32.30	0.00	3.00	3.00	55.30	165.90	185.81
	1x 16mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8	0.00	32.30	0.00	3.00	3.00	55.30	55.30	61.94
TD - 04 a TD - 04 - 3	3-1x50 mm2	3.00	3.00	0.00	5.00	4.50	5.50	32.30	3.00	0.00	3.00	59.30	177.90	199.25
	1x 16mm2	3.00	3.00	0.00	5.00	4.5	5.50	32.30	3.00	0.00	3.00	59.30	59.30	66.42
TD - 04 a TD - 04 - 4	3-1x70 mm2	3.00	0.00	0.00	3.00	4.50	5.50	51.50	3.00	3.00	3.00	76.50	229.50	257.04
	1x 25mm2	3.00	0.00	0.00	3.00	4.5	5.50	51.50	3.00	3.00	3.00	76.50	76.50	85.68
TD - 04 a TD - 04 - 5	3-1x95 mm2	3.00	3.00	0.00	5.00	4.50	5.50	70.50	3.00	0.00	3.00	97.50	292.50	327.60
	1x 35mm2	3.00	3.00	0.00	5.00	4.5	5.50	70.50	3.00	0.00	3.00	97.50	97.50	109.20
TD-06 a Caja Pase	3-1x25 mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8.00	0.00	46.00	50.00	0.00	0.00	113.00	339.00	379.68
	1x 10mm2	3.00	0.00	3.00	3.00	8	0.00	46.00	50.00	0.00	0.00	113.00	113.00	126.56

Tabla 5.16. Longitud de Recorrido de Alimentadores en el Área de Pintura.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5.17 se indica el recorrido del alimentador eléctrico desde subtablero hacia el tablero de tomas industriales, el área de trabajo del puente grúa:

DE TGN a:	TGN a TD - 03		TD - 02 a TD - 02-3		TD - 02 a TD - 02-2		TD - 02 a TD - 02-1		TGN a TD - 02	
DE TGN a:	TGN a TD - 03		TD - 02 a TD - 02-3		TD - 02 a TD - 02-2		TD - 02 a TD - 02-1		TGN a TD - 02	
SECCION CABLE	3-1x70 mm2	1x35 mm2	3-1x35 mm2	1x16 mm3	3-1x35 mm2	1x16 mm3	3-1x35 mm2	1x16 mm3	1x150 mm2	1x35 mm2
TGN	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00
Baja ↓	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00
Derecha →	36.10	36.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	36.00
Derecha →	19.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	19.00
Sube ↑	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00
Sube ↑	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00
Toma 1	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Arriba ↑	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00
Derecha →	15.50	15.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Derecha →	2.00	2.00	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	25.50	0.00	0.00
Sube ↑	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00
Sube ↑	3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00
Derecha →	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00
Derecha →	0.00	0.00	31.70	31.70	18.50	18.50	9.00	9.00	0.00	0.00
Baja ↓	3.00	3.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00
Toma 2, 3 y 4	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00

Tabla 5.17 Longitud de Recorrido de Alimentadores en el Área de Puente Grúa.

Fuente: Elaboración Propia

Este metrado es la línea base, se cambió conforme se desarrollaban los cálculos para las diferentes condiciones, con la evaluación final se eligió la alternativa más conveniente, considerando las cantidades con los márgenes y cambios de dirección máximo permitidos para este tipo de instalación.

Conductor de puesta a tierra:

El cálculo para determinar la sección del conductor de puesta a tierra, está relacionado con la sección de conductores alimentador de cada circuito, como se muestra en la tabla 5.18 y la selección es según la guía de diseño del sistema eléctrico de Schneider (página 261) obteniendo los siguientes resultados:

ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	Caida Voltaje (2.5% - CNE)	I (Amp)	Seccion del Conductor mm2	Conductor P.T mm2.
1	TGN a Trafo 220/480	Transformador 220/480V - 45kVA - Conexión con barras de cobre					
	Perimetro Lateral Izquierdo						
2	TGN a TD - 01	Compresora de Aire	22.38	5.50	73.42	25	16
3	TGN a TD - 03	Cabina de Pintura Pintura	27.00	5.50	88.57	70	25
4	TGN a TD - 02	Tablero de Tomas Electricas TD-02	73.60	5.50	241.44	150	25
	Perimetro Posterior						
5	TD - 02 a TD - 02-1	Subtablero de Tomas 02 -1	18.4	5.50	60.36	35	16
6	TD - 02 a TD - 02-2	Subtablero de Tomas 02 -2	18.4	5.50	60.36	35	16
7	TD - 02 a TD - 02-3	Subtablero de Tomas 02 -3	18.4	5.50	60.36	35	16
	Caseta de Vigilancia e Ingreso a Planta						
8	Trafo 220/480 a TD - 06	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10	11.50	69.19	35	16
9	TGN a TD - 04	Tablero de Tomas Electricas TD-04	184.00	5.50	603.59	500	95
10	TGN a TD - 05	Oficinas + 1 toma 20kVA	38.40	5.50	125.97	50	16
	Perimetro Lateral Derecho						
11	TD - 04 a TD - 04 - 1	Subtablero de Tomas 04 -1	36.8	5.50	120.72	70	16
12	TD - 04 a TD - 04 - 2	Subtablero de Tomas 04 -2	36.8	5.50	120.72	50	16
13	TD - 04 a TD - 04 - 3	Subtablero de Tomas 04 -3	36.8	5.50	120.72	50	16
14	TD - 04 a TD - 04 - 4	Subtablero de Tomas 04 -4	36.8	5.50	120.72	70	16
15	TD - 04 a TD - 04 - 5	Subtablero de Tomas 04 -5	36.8	5.50	120.72	95	16
16	TD -05 A TD - 05 - 1	Subtablero de Tomas 05 - 1	18.40	5.50	60.36	35	10
17	TD-06 a Caja Pase	Caja de Pase de la Grúa Pórtico	44.10	11.25	69.19	25	10

Tabla 5.18 Cuadro de la Sección del Conductor de Puesta a Tierra

Fuente: Elaboración propia

La sección del conductor de puesta a tierra en un sistema eléctrico depende de varios factores, como la corriente de cortocircuito, la resistividad del terreno y la duración del cortocircuito.

Cálculo del diámetro de tuberías para los conductores:

Dimensionamiento de tuberías: en base a la sección del conductor más la puesta a tierra se consideran 4 conductores de la sección mayor se busca en la tabla de fabricante de tuberías conducir y tuberías de PVC tal como se indica en el código nacional de electricidad, se muestra en la siguiente tabla 5.19.

ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW	Caída Voltaje (2.5% - CNE)	I (Amp)	Sección del Conductor mm2	Conductor P.T mm2.	Ducto / Tubería mm	Material Tipo Ducto Tubería
1	TGN a Trafo 220/480	Transformador 220/480V - 45kVA - Conexión con barras de cobre							
		Perímetro Lateral Izquierdo							
2	TGN a TD - 01	Compresora de Aire	22.38	5.50	73.42	25	16	38	Conduit EMT
3	TGN a TD - 03	Cabina de Pintura Pintura	27.00	5.50	88.57	70	25	51	PVC-SAP
4	TGN a TD - 02	Tablero de Tomas Electricas TD-02	73.60	5.50	241.44	150	25	73	PVC-SAP
		Perímetro Posterior							
5	TD - 02 a TD - 02-1	Subtablero de Tomas 02 -1	18.4	5.50	60.36	35	16	38	Conduit EMT
6	TD - 02 a TD - 02-2	Subtablero de Tomas 02 -2	18.4	5.50	60.36	35	16	38	Conduit EMT
7	TD - 02 a TD - 02-3	Subtablero de Tomas 02 -3	18.4	5.50	60.36	35	16	38	Conduit EMT
		Caseta de Vigilancia e Ingreso a Planta							
8	Trafo 220/480 a TD - 06	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10	11.50	69.19	35	16	60	PVC-SAP
9	TGN a TD - 04	Tablero de Tomas Electricas TD-04	184.00	5.50	603.59	500	95	100 2	(PVC-SAP)
10	TGN a TD - 05	Oficinas + 1 toma 20kVA	38.40	5.50	125.97	50	16	50	PVC-SAP
		Perímetro Lateral Derecho							
11	TD - 04 a TD - 04 - 1	Subtablero de Tomas 04 -1	36.8	5.50	120.72	70	16	60	Conduit EMT
12	TD - 04 a TD - 04 - 2	Subtablero de Tomas 04 -2	36.8	5.50	120.72	50	16	50	Conduit EMT
13	TD - 04 a TD - 04 - 3	Subtablero de Tomas 04 -3	36.8	5.50	120.72	50	16	50	PVC-SAP
14	TD - 04 a TD - 04 - 4	Subtablero de Tomas 04 -4	36.8	5.50	120.72	70	16	60	PVC-SAP
15	TD - 04 a TD - 04 - 5	Subtablero de Tomas 04 -5	36.8	5.50	120.72	95	16	73	PVC-SAP
16	TD -05 A TD - 05 - 1	Subtablero de Tomas 05 - 1	18.40	5.50	60.36	35	10	42	PVC-SAP
17	TD-06 a Caja Pase	Caja de Pase de la Grúa Pórtico	44.10	11.25	69.19	25	10	38	Conduit EMT

Tabla 5.19 Cuadro de Cálculos por Capacidad de Corriente y Caída de Tensión

Fuente: Elaboración propia

Característica Eléctrica de las Cargas:

Los valores de requerimientos de carga son valores aproximados para establecer un valor máximo estimado, a fin de conceptualizar la magnitud de la infraestructura y la robustez de los componentes eléctricos y tener una idea general de la investigación.

5.3 Análisis de la Información

5.3.1 Evaluación de la Carga Eléctrica

Con respecto al cuadro de Cargas se recopilaron datos importantes en las encuestas, entrevistas, documentación obtenida e inspección de las instalaciones existentes, se realizó ajuste en cuanto a los valores iniciales tal como se muestra en la **tabla 5.20**, la demanda de energía para el aire acondicionado, el área de impresión y el alumbrado de la planta.

La potencia necesaria para la cabina de pintura es mínima en contraste con lo determinado en el diseño de ingeniería, a este circuito se ha trasladado la carga de la iluminación de la planta.

ESCENARIO (Ingeniería Básica)			
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW
1	TGN- Oficinas	Oficinas Administrativas	35.00
2	TGN- Ilumina	Iluminación Planta	27.00
3	TGN- Pintura	Cabina de Pintura	27.00
4	TGN- Compresora	Compresora de Aire - 30CV	22.38
5	TGN- Grua	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	45.00
6	TGN- Soldar 1	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	90.00
7	TGN- Soldar 2	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	180.00
8	TGN- Print	Area de Impresiones	5.00
9	TGN- AireA.	Aire Acondicionado Oficinas	15.00

Tabla 5.20. Distribución Inicial de la Carga Eléctrica de la Unidad de Análisis.

Fuente: Elaboración Propia

También la potencia prevista para las oficinas administrativas, área de impresiones y del aire acondicionado se ha integrado en un solo circuito porque se ha reducido el requerimiento inicial por un tema de optimización del uso de estos recursos en el diseño de las oficinas internas y las cargas quedan tal como se indica en la **tabla 5.21**.

4to ESCENARIO			
ITEM	Alimentador	Descripción Alimentador	Potencia kW
1	TGN a Trafo 220/480	Transformador 220/480V - 45kVA - Conexión con barras de co	
	Perímetro Lateral Izquierdo		
2	TGN a TD - 01	Compresora de Aire	22.38
3	TGN a TD - 03	Cabina de Pintura Pintura	27.00
4	TGN a TD - 02	Tablero de Tomas Electricas TD-02	73.60
	Perímetro Posterior		
5	TD - 02 a TD - 02-1	Subtablero de Tomas 02 -1	18.4
6	TD - 02 a TD - 02-2	Subtablero de Tomas 02 -2	18.4
7	TD - 02 a TD - 02-3	Subtablero de Tomas 02 -3	18.4
	Caseta de Vigilancia e Ingreso a Planta		
8	Trafo 220/480 a TD - 06	Puente Grúa - (2 Grúa Porticos -460 V)	44.10
9	TGN a TD - 04	Tablero de Tomas Electricas TD-04	184.00
10	TGN a TD - 05	Oficinas + 1 toma 20kVA	38.40
	Perímetro Lateral Derecho		
11	TD - 04 a TD - 04 - 1	Subtablero de Tomas 04 -1	36.8
12	TD - 04 a TD - 04 - 2	Subtablero de Tomas 04 -2	36.8
13	TD - 04 a TD - 04 - 3	Subtablero de Tomas 04 -3	36.8
14	TD - 04 a TD - 04 - 4	Subtablero de Tomas 04 -4	36.8
15	TD - 04 a TD - 04 - 5	Subtablero de Tomas 04 -5	36.8
16	TD -05 A TD - 05 - 1	Subtablero de Tomas 05 - 1	18.40
17	TD-06 a Caja Pase	Caja de Pase de la Grúa Pórtico	44.10

Tabla 5.21 Distribución Final de la Carga Eléctrica de la Unidad de Análisis.
Fuente: Elaboración Propia

Una ayuda importante ha sido la encuesta y entrevista, porque se notaba que faltaba conocimiento detallado de la unidad de análisis, con la inspección de campo se realizó la optimización de la energía requerida en la máxima demanda.

5.3.2 Análisis del Sistema Eléctrico

Subestación eléctrica: como se mencionó en la problemática el incremento de carga, supera los límites permitidos en la regulación de OSINERGMIN para conexiones en baja tensión, entonces se requiere una conexión eléctrica de media tensión a solicitar a la distribuidora de energía eléctrica ver figura 5.14.

Para el diseño de una subestación eléctrica se consideró lo siguiente:

1. Carga total de planta: 500kVA

2. Tensión de entrada y salida: 10kV (20Kv) /0.23kV
3. Factor de Potencia: 0.9
4. Tipo de Transformador: basado en las normas de distribuidora eléctrica
5. Tipo de Conexión: Basado en las normas de distribuidora eléctrica
6. Protección Eléctrica: Basado en las normas de distribuidora eléctrica
 - a. Potencia de Cortocircuito: 150 MVA /10 kV (448 MVA / 20 kV)
 - b. Tiempo de apertura: 0.02 milisegundos
 - c. Interruptor de potencia
 - d. relé protección de sobrecorriente
 - e. Seccionadores unipolares
7. Tipo : compacta / uso exterior (basado en las normas de Distribuidora)
8. Cargas de Salida: en base al diagrama unifilar de utilización Figura 5.15

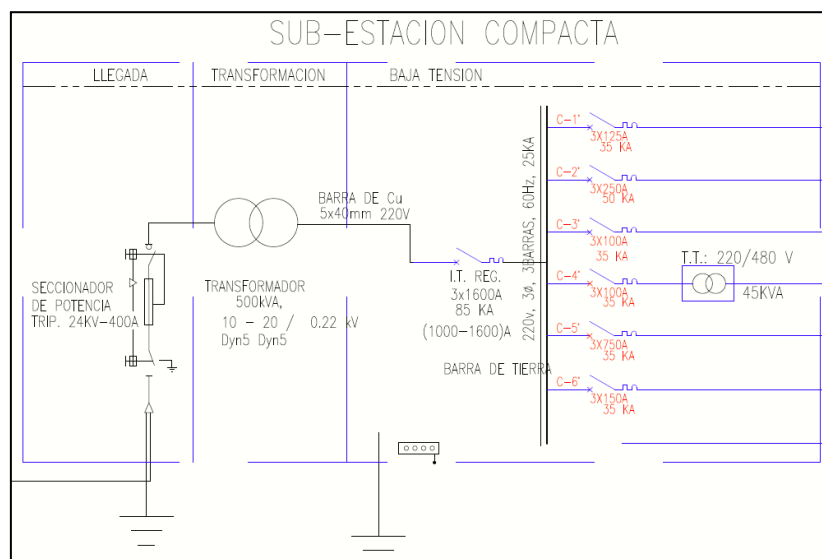


Figura 5.14 Diagrama Unifilar de Subestación Eléctrica Particular
Fuente: Elaboración Propia

Diseño eléctrico: En este sistema eléctrico se requiere dos niveles de tensión, 220 Voltios y 460 voltios exclusivamente para la grúa eléctrica.

La distribución de energía en esta planta se desarrolló en forma centralizada y según el siguiente diagrama unifilar de la **Figura 5.15**

La distribución de carga son localizadas y muestran una distribución medianamente uniforme se logra la flexibilidad del diseño, para la implantación y funcionamiento tal como se recomienda en la guía de diseño de SCHNEIDER

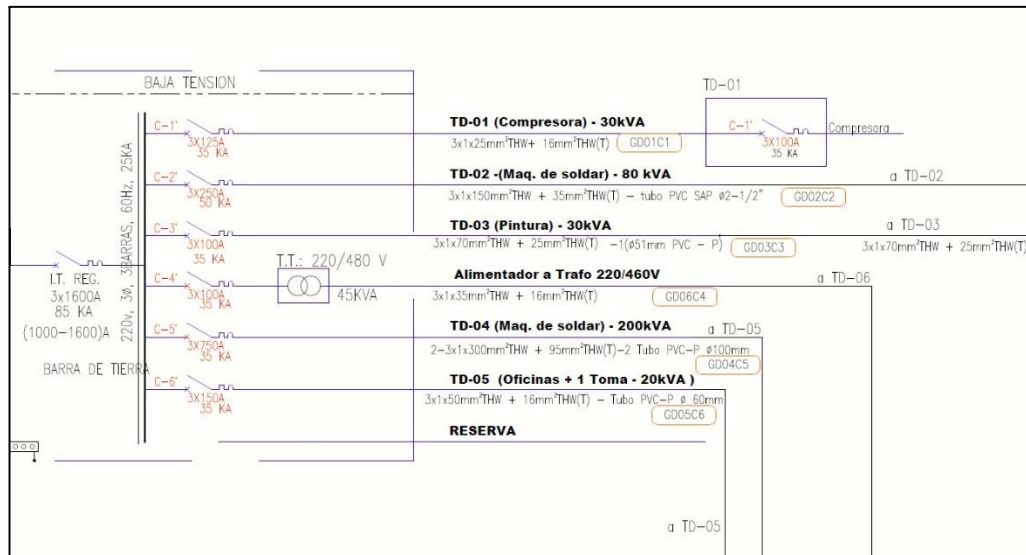


Figura 5.15. Diagrama Unifilar de distribución de la red de utilización.
Fuente: Elaboración Propia

5.3.3 Análisis de la Mejor Alternativa de Diseño

Se realiza el análisis de ponderación de criterios calificando cada escenario, utilizando los valores de los cálculos efectuados en la tabla 5.8, tabla 5.9, tabla 5.10, tabla 5.11 y la figura 5.15; Analizamos criterios de riesgos, mantenibilidad, económicos y técnicos para el diseño del sistema eléctrico de la planta según la tabla 5.22

CRITERIOS	SUBCRITERIOS	CALIFICACIÓN #1	CALIFICACIÓN #2	CALIFICACIÓN #3	CALIFICACIÓN #4	COMENTARIOS
Riesgos	Comunitario (a terceros)	3	3	4	4	Los Vecinos del Predio
	Bienes físicos / Operación	2	3	4	4	
	Personas	2	2	5	4	Contratistas & Operarios
	Medio Ambiente	2	1	4	4	
Mantenibilidad	Accesibilidad	4	3	3	4	Vias y areas asignadas
	Facilidad de inspección / Conexión / Desconexión / Cambio	4	4	3	4	Cercanos y Libres
	Repuestos	3	3	3	2	Estandarizados
Económicos	Costos de adquisición de equipos y montaje	4	3	2	3	Precio y Tiempo de Entrega
	Periodo de tiempo de implementación que inhabilitará la PLANTA	3	3	3	3	Sin afectar sus operaciones
Técnicos	Integridad de la instalación: Equipos (seguridad de las instalaciones frente a fenómenos naturales)	4	4	4	4	CNE
	Flexibilidad	3	3	3	3	Adaptable
	Confiability	3	3	4	4	Instructivos de Montaje y Operación
	Constructibilidad	3	3	3	3	Equipo, materiales eléctricos

Tabla 5.22 Cuadro de Ponderación de Criterios
Fuente: Elaboración propia

Se realizó la evaluación de ponderación de criterios (trade Off), para las cuatro alternativas con los diferentes tipos de diseño a fin de evaluar el más conveniente:

A continuación, mostramos los resultados de la ponderación con el objetivo de elegir la alternativa más conveniente para elaborar la ingeniería de detalle:

ALTERNATIVA #1			ALTERNATIVA #2			ALTERNATIVA #3			ALTERNATIVA #4		
PROMEDIO	PONDERACIÓN %	TOTAL	PROMEDIO	PONDERACIÓN %	TOTAL	PROMEDIO	PONDERACIÓN %	TOTAL	PROMEDIO	PONDERACIÓN %	TOTAL
2.25	23%	0.53	2.25	23%	0.53	4.25	23%	1.00	4.00	23%	0.94
3.67	14%	0.52	3.33	14%	0.47	3.00	14%	0.42	3.33	14%	0.47
3.50	23%	0.82	3.00	23%	0.70	2.50	23%	0.59	3.00	23%	0.70
3.25	39%	1.27	3.25	39%	1.27	3.50	39%	1.37	3.50	39%	1.37
PUNTOS	100%	3.13	PUNTOS	100%	2.97	PUNTOS	100%	3.37	PUNTOS	100%	3.48

Tabla 5.23 Cuadro de la Evaluación de Ponderación de Criterios
Fuente: Elaboración propia

Finalizado el cálculo para los alimentadores principales, el cableado y la protección cumplen simultáneamente condiciones para que sea segura y fiable:

El diseño para soportar la corriente a plena carga permanente y sobreintensidades de corta duración y que la caída de tensión no limite el rendimiento de alguna de las operaciones de la planta, además de la protección con los interruptores automáticos o fusibles cumple lo siguiente:

- Protege el cableado y las barras conductoras a cualquier sobreintensidad, inclusive las corrientes de cortocircuito.
- Protección contra las personas contra el riesgo de contacto indirecto, sobre todo en los sistemas con puesta a tierra TN e IT, la longitud de los circuitos limitan la magnitud del cortocircuito y, en consecuencia, retrasar la desconexión automática (las instalaciones con puesta a tierra TT son protegidas en el origen con un DDR, ajustado en una sensibilidad de 30 mA).

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo analizaremos y discutiremos los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación con el fin de analizar si el objeto fue cubierto de manera integral.

La entrevista y encuestas ayudan a conseguir información específica para el diseño, para esta herramienta ayuda a la unidad de análisis para magnificar su requerimiento de energía, sustentando con información técnica que ya se observa en la ingeniería conceptual y básica para hacer las correcciones adecuadas.

6.1 Evaluación del Aspecto Técnico Económico

Las instalaciones eléctricas industriales presentan inconvenientes cuando se incrementa una carga eléctrica importante, implica un costo efectuar el cambio de todo sistema eléctrico, en esta investigación se encontró una disposición para atender los requerimientos técnicos que exigen los cálculos eléctricos cuando por caída de tensión se requiere incrementar la sección del conductor.

Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en esta instalación cumplieron con lo estipulado en la normativa eléctrica, pero se ha trabajado considerando un margen amplio en algunos casos y otros limitados debido a que se hace complejo conforme se presentan limitaciones en la infraestructura y los costos de los equipos eléctricos.

6.2 Contratación de la Hipótesis Planteada

En esta investigación se solucionó el problema de disponibilidad de energía; se logró incrementar en base al análisis de los resultados de los cálculos efectuados para los diferentes escenarios de diseño eléctrico, el incremento equipamiento eléctrico al

diseño del sistema eléctrico, el resultado fue un diseño con distribución centralizada y elementos y componentes de mayor capacidad eléctrica, por ejemplo, el indicador de potencia activa es 400 kW como disponibilidad de potencia activa.

Estos indican que la hipótesis planteada resolvió el problema del proceso de producción de la unidad de análisis, el nuevo diseño permite disponer de más energía a la planta industrial y fue necesario hacerlo en varias etapas.

CONCLUSIONES

El diseño del sistema eléctrico industrial, influye directamente en la disponibilidad de energía eléctrica de una planta industrial, en esta investigación se requirió un incremento se obtienen las siguientes conclusiones:

1. El diseño inicial de la unidad de análisis sólo contaba con una disponibilidad de 175 kW, no estaban preparadas para este incremento, incluyendo la conexión eléctrica. Esta disponibilidad requerida supera los 300 kW, valor máximo de conexión en baja tensión, se cambia a una conexión eléctrica en media tensión, con esto logramos diseñar para una disponibilidad de 400kW de energía para el sistema eléctrico de la planta industrial.
2. El nuevo diseño establece conductores eléctricos de mayor capacidad de corriente, tableros autosoportados, los alimentadores eléctricos se instalan en forma subterránea y el restante adosado a la pared según las directivas del código Nacional de Electricidad.
3. El sistema eléctrico de la planta industrial operará en baja tensión en 220 Voltios y 460 voltios, para esta será necesario un transformador de tensión de 220V/460V, a ubicarla dentro de la celda de baja tensión de la subestación, esto fue definido por un aspecto técnico y económico.
4. En este diseño se realizaron varios cálculos y se sustenta en las normas y procedimientos establecidos por las entidades nacionales e internacionales. Los datos técnicos de los materiales y la manera como se abordó en resolver el problema, recurriendo a diferentes criterios que se requieren al diseñar un sistema eléctrico que parece simple,
5. La norma para la caída de tensión en circuitos eléctricos es de 2.5%, en esta instalación eléctrica de distribución centralizada, las secciones de los alimentadores se determinó principalmente por la potencia de la carga del usuario

final y otros casos particulares por la caída de tensión se determinó la sección del conductor eléctrico.

6. La disponibilidad de energía eléctrica en conexiones de baja tensión está limitada a 300 kW, por el ente regulador OSINERGMIN, en esta planta se requiere una subestación eléctrica particular de una capacidad igual o mayor a la nueva disponibilidad de energía en la planta industrial.
7. El diseño eléctrico es flexible y seguro para el ingreso de cargas por etapas en forma gradual tal como se requirió en cronograma de ingreso de cargas, el diseño contempla tableros con tomas industriales para máquinas de soldar monofasicas y trifasicas según el requerimiento solicitado con algunos ajustes para una operación segura de la red eléctrica en la planta industrial.
8. Todo el diseño está preparado para disponer energía en los diferentes puntos sin inconvenientes, se ha instalado interruptores de protección regulables en los tableros de distribución principal, las tomas eléctricas trifasicas y monofasicas en el área de soldadura están provistas de tapas, para generar una instalación confiable y segura.
9. Todo el desarrollo del diseño se llevó a cabo para incrementar su capacidad de transportar más energía a los diferentes lugares de la planta. por tanto se cuenta con disponibilidad no se dispone de recargar ningún circuito porque el sistema de protección está limitando la carga, pero sumando todos los puntos de entrega se logra hasta una potencia de 400kW, lo requerido en el objetivo.

RECOMENDACIONES

Recomendamos que la entrevista y encuesta se implementen como inicio para recopilar información del sistema eléctrico y los requerimientos de la unidad de análisis en toda investigación de esta índole.

Emplear aplicativos desarrollados en los diferentes sistemas operativos para computadoras, celulares, tabletas, laptops, utilizando las nuevas tecnologías.

También se recomienda efectuar el cálculo de la resistividad térmica y eléctrica con un plano estandarizado o lo recomendado por el código nacional de electricidad, para las instalaciones eléctricas subterráneas, previamente de las obras civiles que necesariamente se requieren en todo diseño.

El empleo del software, Building Information Modeling (BIM) metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción en este tipo de instalaciones eléctricas, se realizó como prueba; se requiere de personal que entrenado que domine la especialidad de electricidad, porque es escasa en este momento.

Estandarizar los aplicativos para almacenar la información del levantamiento en campo, de las características técnicas de los cables conductores, tableros, buzones, y todo elemento que conforma el sistema eléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Blas P. et al (2020) “complejo educativo para estudiantes de alto rendimiento académico en la provincia de Moyobamba departamento de San Martín”.
- Alegre Canaza, R. () “proyecto de instalaciones eléctricas aplicando el nuevo código técnico de construcción sostenible decreto supremo nº 014-2021-vivienda” Universidad Católica de Santa María. Arequipa – Perú.
- Almonacid Mamani J. (2023) “Diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión para certificación EDGE del edificio multifamiliar Unión” Universidad Nacional Mayor de San Marcos Arequipa – Perú.
- Barrutia Feijoo, W. (2023) “lineamientos metodológicos del trabajo de suficiencia profesional para la obtención del título profesional en ingeniería mecánica”
- Básconez Villegas K. (2015) “Estudio Y Rediseño Para La Modernización De Las Instalaciones Eléctricas, Con Su Análisis Económico Aplicado A La Universidad De Guayaquil En La Facultad De Medicina-Edificio Rizzo.”
- Bietresato M. et al (2023). “Proposal For Methodology To Analyze Operability Of Wine Production Plant In Terms Of Power Demand”
- Briones Velazquez P. (2017) “Rediseño del sistema eléctrico del Teatro Municipal de Trujillo para mejorar su eficiencia y seguridad”
- Dumes F. et al (2000) “Cuaderno Técnico N 158: Cálculo de corrientes de cortocircuito” Informes Técnicos de schneider
- Enríquez Harper, G. (2012) “Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales” 2 edición.
- Giordano F. et al (2009) “Design of Critical Infrastructures: application to Electrical Systems” Departamento de Ingeniería Empresarial, Università di Roma “Tor Vergata”, Roma, Italia.

- Metz-Noblat B. et al (2000) "Cuaderno Técnico N 158: Cálculo de corrientes de cortocircuito"
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). "Código Nacional de Electricidad - Suministro"
- Ministerio de Energía y Minas. (2006). "Código Nacional de Electricidad - Utilización"
- Rojas Aravena M. (2019) "Elaboración de perfiles de demanda a nivel distribución para efectos de consideración en planificación energética de largo plazo.
- Ruiz L. (2015) "¿Caída de tensión?: concepto, causas y efectos en un sistema eléctrico industrial"
- Schilardi M. et al (2009) "Design of Critical Infrastructures: application to Electrical Systems"
- Valverde Padilla G. (2009) "Diseño de una planta de vertimiento de Aguas Residuales al Mar, de una refinería del litoral Peruano".
- Valencia Núñez, J. (2006) "Estudio del Sistema de Puesta a Tierra en Laboratorios BAXTER S.A."
- Vesely W. E (1969) "Fault Tree Analysis" y "Failure Mode and Effect Analysis" (U.S. Department of Defense, 1949).
- Villa Figueroa J. (2023). "Implementación De Una Ampliación De Potencia En 800 Kw Para El Sistema De Utilización En Media Tensión 22,9 Kv De La Empresa Procesadora Agroindustrial La Joya S.A.C" Arequipa – Perú

ANEXOS

Anexo 1:	Formato para la entrevista con el personal de gerencia y/o confianza	1
Anexo 3:	Cronograma de entrada de cargas eléctricas.....	5
Anexo 4:	Formato de datos del suministro eléctrico en estudio	6
Anexo 5:	Formato para el listado de máquinas y/o equipos a operar en la planta industrial.....	7
Anexo 6:	Formato para recopilar datos constructivos de los conductores eléctricos...	8
Anexo 7:	Formato del cuadro de cargas del sistema eléctrico	9
Anexo 8:	Tabla de capacidad de corriente para grúas polipastos.....	10
Anexo 9:	Información técnica de grúa polipasto	11
Anexo 10:	Información técnica de Máquina de Soldar	13
Anexo 11:	Compresora de Aire.....	14
Anexo 12:	Recibo de Suministro Eléctrico	15
Anexo 13:	Características de Tuberías Metálicas - Fabricante.....	16
Anexo 14:	Características de Tuberías PVC - Fabricante	17
Anexo 15:	Datos de Parámetros de Conductores Eléctricos THW 90	18
Anexo 16:	Plano de Planta Distribución Eléctrica.....	19
Anexo 17:	Diagrama Unifilar del Diseño del Sistema Eléctrico	20
Anexo 18:	Distribución de Montantes del Sistema Eléctrico.....	21
Anexo 19:	Código Nacional de Electricidad - Regla 070-1014 - Tabla 6.....	22
Anexo 20:	Ponderación de Criterios	28

Anexo 1: Formato para la entrevista con el personal de gerencia y/o confianza

Entrevista Principal			
Sujeto de Estudio:	Sistema Eléctrico Planta Industrial	Actividad Comercial:	Fabricación y comercialización de Semirremolques, Piezas y Repuestos
Entrevistado:	Matheus Segat	Cargo que Ocupa:	Gerente
Entrevistador:	Jose C. Chero Ch.	Fecha y Hora:	Procesado
¿Cuánto tiempo conoce de las instalaciones eléctricas de la empresa?			Un mes
¿Tiene registro de la documentación técnica de la planta industrial (Planos As - Built, memorias descriptivas entre otros)?			Si
¿Ha ubicado en un plano o esquema de la planta, los puntos de alimentación eléctrica y de qué tipo de conexión requiere su maquinaria?			Si, tenemos un plano esquemático
¿Sabe usted de la capacidad eléctrica del alimentador principal, que proviene de la distribuidora, es suficiente para toda la carga eléctrica que requiere?			Desconoce
¿Tiene conocimiento, si requiere instalar una subestación de transformación eléctrica particular, debe designar un área en el interior de su predio y solicitar una conexión en media tensión, a la empresa distribuidora de energía?			Si
¿Ha determinado el área a iluminar y el tipo de iluminación que requiere su industria?			Si, se indica en los requerimientos técnicos.

Tabla 01. Formato para obtener información acerca de los requerimientos de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Formato de un cuestionario para el personal técnico especialista

Cuestionario			
Sujeto de Estudio:	Sistema Eléctrico Planta Industrial	Cargo que Ocupa:	Gerente
EDAD	38	Fecha	Procesado
Instrucciones: Lea y analice con atención cada pregunta			
¿Cuál es la capacidad de carga eléctrica requerida para su industria?		440 kVA	
¿En qué porcentaje están actualizados los planos de la edificación?		Desconozco	
¿Todos los equipos y maquinarias de la planta trabajarán a un mismo nivel de tensión?		Dos Niveles de baja tensión	
¿Qué tipo de equipos y maquinaria eléctrica se utilizan en su industria?		Máquinas de Soldar, puente Grúa, oficinas, Compresora de aire, cabina de pintura	
¿Cuáles son los valores de carga reactiva y carga activa de su industria?		Se entrega un esquema detallado	
¿Se han realizado pruebas de resistencia y continuidad en los circuitos eléctricos?		Ninguno	
¿Se cuenta con sistemas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra?		Si	
¿Se han seguido medidas de seguridad para prevenir descargas eléctricas?		NO	
¿Se cuenta con sistemas de respaldo de energía en caso de interrupciones?		Ninguno	
¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento preventivo realizado en la instalación eléctrica?		Ninguno	
¿Se han documentado los procedimientos de seguridad y operación para la instalación eléctrica?		Ninguno	

Tabla 02. Formato para obtener información técnica general de las instalaciones eléctricas.

Fuente: Elaboración Propia

Formato de un cuestionario para el personal técnico especialista

Cuestionario			
Sujeto de Estudio:	Sistema Eléctrico Planta Industrial	Cargo que Ocupa:	Gerente Produccion
EDAD	38	Fecha	Procesado
Instrucciones: Lea y analice con atención cada pregunta			
¿Cuál es la capacidad de carga eléctrica requerida para su industria?			440 kVA
¿En qué porcentaje están actualizados los planos de la edificación?			Desconozco
¿Todos los equipos y maquinarias de la planta trabajarán a un mismo nivel de tensión?			Dos Niveles de baja tensión
¿Qué tipo de equipos y maquinaria eléctrica se utilizan en su industria?			Máquina de Soldar, Puente Grúa, Compresor, Luminarias, equipos de oficina y herramientas eléctricas,
¿Cuáles son los valores de carga reactiva y carga activa de su industria?			Desconozco
¿Se han realizado pruebas de resistencia y continuidad en los circuitos eléctricos?			Desconozco
¿Se cuenta con sistemas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra?			Si
¿Se han seguido medidas de seguridad para prevenir descargas eléctricas?			Desconozco
¿Se cuenta con sistemas de respaldo de energía en caso de interrupciones?			Ninguno
¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento preventivo realizado en la instalación eléctrica?			Desconozco
¿Se han documentado los procedimientos de seguridad y operación para la instalación eléctrica?			Desconozco

Tabla 02. Formato para obtener información técnica general de las instalaciones eléctricas.

Fuente: Elaboración Propia

Cuestionario para el personal técnico especialista

Cuestionario			
Sujeto de Estudio:	Sistema Eléctrico Planta Industrial	Cargo que Ocupa:	Supervisor Planta
EDAD	35	Fecha	Procesado
Instrucciones: Lea y analice con atención cada pregunta			
¿Cuál es la capacidad de carga eléctrica requerida para su industria?		440 kVA	
¿En qué porcentaje están actualizados los planos de la edificación?		Más del 80%	
¿Todos los equipos y maquinarias de la planta trabajarán a un mismo nivel de tensión?		Solo Dos Niveles	
¿Qué tipo de equipos y maquinaria eléctrica se utilizan en su industria?		Maquinas de soldar monofásicas y trifásicas, dos Puente Grúa, una Compresora de aire, Lámpara Convencional, herramientas eléctricas	
¿Cuáles son los valores de carga reactiva y carga activa de su industria?		Desconozco	
¿Se han realizado pruebas de resistencia y continuidad en los circuitos eléctricos?		No	
¿Se cuenta con sistemas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra?		Si	
¿Se han seguido medidas de seguridad para prevenir descargas eléctricas?		No	
¿Se cuenta con sistemas de respaldo de energía en caso de interrupciones?		Ninguno	
¿Cuál es la frecuencia de mantenimiento preventivo realizado en la instalación eléctrica?		Desconozco	
¿Se han documentado los procedimientos de seguridad y operación para la instalación eléctrica?		Desconozco	

Tabla 02. Formato para obtener información técnica general de las instalaciones eléctricas.
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Cronograma de entrada de cargas eléctricas

Entrada o Ingreso de Cargas al Sistema Eléctrico				
Ítem	Ingreso de Cargas	Potencia (k VA)	Fecha Estimada	Observación
1	Primera Etapa	150	90 días	Instalaciones Interiores de Planta
2	Segunda Etapa	200	60 días	Terminar Instalaciones de Planta y Subestación
3	Tercera etapa	90	60 días	Cobertura al 100%

Formato acerca del tiempo de ingreso de cargas al sistema eléctrico de la planta.

Anexo 4: Formato de datos del suministro eléctrico en estudio

Descripción	Unidad	Valor
Nro. de Cliente	-	2793427
Tarifa del Suministro	-	BT4
Potencia Máxima Contratada	kW	176.2
Modalidad de facturación	-	POTENCIA VARIABLE
Medidor	-	TRIFÁSICO 3 HILOS
Tipo de medidor	-	ELECTRÓNICO
Conexión	-	SUBTERRÁNEA
Tipo de Conexión	-	C 4.3
Tensión	Voltios	220 V - BT
Factor de Calificación	-	0.080
Resultado de calificación	-	FUERA DE PUNTA

Tabla 04. Datos del suministro existente, fuente: recibo de energía eléctrica del anexo 12
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Formato para el listado de máquinas y/o equipos a operar en la planta industrial

Listado de Máquinas y/o Equipos de Planta				
Ítem	Descripción de Máquina y/o Equipo	Cantidad	Potencia Requerida	Voltaje (voltios)
1	Oficinas Administrativas	1	35 kW	220
2	Iluminación Planta	1	30 kVA	220
3	Cabina de Pintura	1	30 kVA	220
4	Compresor de Aire	1	30 kVA	220
5	Pórtico	2	50 kVA	460
6	Tomas Industriales T-1 (5 x 20kVA)	10	100 kVA	220
7	Tomas Industriales T-2 (5 x 40 kVA)	20	200 kVA	220
8	Área de Impresiones	1	15 kW	220
9	Aire Acondicionado Oficinas	1	30 kW	220

Formato para obtener el listado y cuantificar máquinas y equipos de la planta industrial

Anexo 6: Formato para recopilar datos constructivos de los conductores eléctricos

SECCIONES EN MM²

DATOS CONSTRUCTIVOS Y ELÉCTRICOS						
Sección Nominal mm ²	Número de Hilos Nº	Espesor de Aislación mm	Diámetro Exterior mm	Peso Aproximado Kg / Km	Capacidad de Corriente (*) Amperios	
					Aire	Ducto
CONDUCTOR SÓLIDO						
2,5	1	0,80	3,5	30	35	25
4	1	0,80	4,0	45	50	35
6	1	0,80	4,5	65	60	45
10	1	1,10	6,0	110	90	65
CONDUCTOR CABLEADO						
2,5	7	0,80	4,0	32	35	25
4	7	0,80	4,5	47	50	35
6	7	0,80	5,0	66	60	45
10	7	1,10	6,5	112	90	65
16	7	1,50	8,5	182	120	80
25	7	1,50	9,5	272	160	105
35	7	1,50	11,0	365	190	130
50	19	2,00	14,0	590	245	165
70	19	2,00	15,0	718	305	200
95	19	2,00	17,0	970	370	240
120	37	2,40	20,0	1233	430	275
150	37	2,40	21,0	1496	500	315
185	37	2,40	23,0	1844	570	355
240	61	2,40	26,0	2371	675	415
300	61	2,80	29,0	3038	780	470
400	61	2,80	32,0	3915	935	555
500	61	2,80	36,0	4865	1055	615

Anexo 7: Formato del cuadro de cargas del sistema eléctrico

Item	Descripción	POTENCIA		
		k W	Factor de Demanda	Máxima Demanda
1	Oficinas Administrativas	35.00	90%	31.50
2	Iluminación Planta	27.00	80%	21.60
3	Cabina de Pintura	27.00	90%	24.30
4	Compresor de Aire	22.37	80%	17.89
5	Puente Grúa - Pórtico	45.00	90%	40.50
6	Máquinas de Soldar (T-1: 5x20kVA)	90.00	90%	81.00
7	Máquinas de Soldar (T-2: 5x40 kVA)	180.00	90%	162.00
8	Área de Impresiones	5.00	90%	4.50
9	Aire Acondicionado Oficinas	15.00	80%	12.00
Σ Máxima Demanda (kW)				395.297
Factor de Simultaneidad				0.9
Máxima Demanda de Potencia (kW)				355.77

Anexo 8: Tabla de capacidad de corriente para grúas polipastos

Tabla 58

(Ver Regla 210 002)

Capacidad de corriente de hasta 4 conductores de cobre aislados en una canalización o cable para alimentar motores para grúas o plumas eléctricas con clasificación de servicio de corta duración

(Basada en temperatura ambiente de 30 °C)

Sección nominal del conductor	Máxima temperatura de operación					
	75 °C		90 °C		110 °C	
	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min
[mm ²]						
1,5	14	15	8	8	9	10
2,5	27	28	33	35	40	43
4	34	37	41	44	50	55
6	44	47	52	56	63	69
10	62	69	70	77	80	88
16	83	93	92	103	105	117
25	114	134	125	146	139	162
35	138	162	150	176	165	194
50	175	215	194	238	220	269
70	230	278	254	305	284	343
95	289	354	311	384	345	425
120	342	402	372	440	414	490
150	448	569	489	622	546	692
185	502	659	557	729	631	823
240	628	804	691	873	775	965
300	892	1 171	1 084	1 213	1 153	1 242
[AWG] , [MCM]	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min
16	10	12	—	—	—	—
14	25	26	31	32	38	40
12	30	33	36	40	45	50
10	40	43	49	52	60	65
8	55	60	63	69	73	80
6	76	86	83	94	93	105
4	100	117	111	130	126	147
2	137	160	148	173	163	190
1	143	175	158	192	177	215
0	190	233	211	259	239	294
00	222	267	245	294	275	331
000	280	341	305	372	339	413
0000	300	369	319	399	352	440
250	364	420	400	461	447	516
300	455	582	497	636	554	707
350	486	646	542	716	616	809
400	538	688	593	760	666	856
450	600	765	660	836	740	930
500	660	847	726	914	815	1 004

Nota 1: Las capacidades de corriente admisibles de los conductores de cobre utilizados con motores de 15 minutos, deben ser las capacidades correspondientes a 30 minutos incrementadas en 12%.

Nota 2: Para 5 o más conductores energizados simultáneamente en una canalización o cable, la capacidad de corriente de cada uno debe ser el 80% de los valores mostrados en esta tabla.

Nota 3: Para conductores expuestos a temperatura ambiente superior a 30 °C, a las capacidades mostradas en esta Tabla, deben aplicarse los factores de corrección de la Tabla 5A.

Anexo 9: Información técnica de grúa polipasto

SISTEMAS GRÚA PÓRTICO DE 14T x 8.5m

• Tipo	: Grúa Pórtico Birriel
• Capacidad	: 14 Tns
• Luz	: 8.5 m~
• Recorrido de Gancho	: 5.6 m~
• Longitud de vía	: 100m
• USO	: <i>Manipuleo de Carga Bajo Techo</i>

I. VOLUMEN DE COMPONENTES R&M Materials Handling Inc.

Paquete de Componentes QM0710517: QXD 14T x 8.5m x Hol: 6m Aplic. PORTICO

SX50610150P65HDD0S	1 C/U
POLIPASTO ELECTRICO	
Tamaño de armazón	C
Ramales	06
Código longitud del tambor	D
Grupo de trabajo del polipasto	ISO M5
Carga (SWL).....	14 000 kg
Alimentación principal	460 V
Tensión de control.....	115 V
Frecuencia	60 Hz
Recorrido de gancho (Max. Polip. / neces.).....	6.0 m / 5.68 m
Tipo de control del polipasto	2sp
Tipo motor de elevación y potencia	P6 (MF13Z-106) / 18/3 kW
Dispositivo de sobrecarga	SG
Monitoreo del sistema	CID
Ensamble eléctrico	CSA
Provisión eléctrico	CRANE
Velocidad de levante, rápida	6.00 m/min
Velocidad de levante, lenta	1.00 m/min
Velocidad del carro, rápida	20.0 m/min
Potencia motor del carro	0.40 kW c/u
Idioma de la placa de datos / Código	SP / CSA



Tipo de carro	M
Luz del carro	1 400 mm
Ranura de la rueda del carro.....	69 mm
Tipo de riel del carro.....	2"x1" – no incluido
Ala de la viga	406 mm
Tipo de viga	Cajon – no incluido
Grupo de trabajo del carro	ISO M5
Tipo motorreductor del carro.....	GES342PS3BOF06LA20P-6460N
Cantidad de motorreductores de traslacion	2 ps
Peso del polipasto.....	810 kg
Características adicionales	
-Protección térmica eléctrica de motor de carro	
-Limitador de carga	
-HoistMonitorSelect	
-Final de carrera de direccion 2 etapas	
-Electronics for hoist control allowed	
-Frenado de traslación de carro con variador por resistencias	
-Tipo de caja negra de supervision	

2. **RTN20-3279-L41194B0000-N** **2 C/U**

TESTEROS

Grupo de trabajo del testero	M5
Topes de goma	D2240
Diámetro de ruedas.....	200 mm
Ranura de la rueda	79 mm
Luz del testero.....	3 150 mm
Ancho carril de rodadura.....	ASCE80 – no incluido
Tipo de placa de unión	B-TOP-L_ -STD-S
Trocha	1 400 mm
Distancia del centro de la placa de unión.....	1 714 mm
Ancho adecuado para la placa de unión	300 mm.....410 mm
Peso del testero.....	310 kg c/u
Características adicionales	
-Testeros sólo con pintura de imprimacion	



3. **GES490PS3BOF06LA100-6400E** **2 C/U**

MOTORREDUCTORES DE TRASLACIÓN LA GRÚA

Grupo de trabajo de los motorreductores ...	M5
Velocidad del puente, rápida.....	32.0 m/min
Alimentación / Frecuencia.....	460 V / 60 Hz
Potencia motor de la grúa	0.65 kW / c/u
Peso motorreductores de traslación.....	20 kg / c/u
Características adicionales	
-Proteccion termica para motores de traslacion	



Anexo 10: Información técnica de Máquina de Soldar

INDURA AMIGO 323

Ficha Técnica

Fecha de Descarga : 26 de Septiembre del 2011



Marca : INDURA
Modelo : 323
SAP : 1031761
Proceso :



Presentación

Procesos

MIG

Características

- Salida nominal: 310 A
- Rango de alambre: 0,8 - 1,0 mm

Información Técnica

Conexión de Red

220v / 380v / 440v 3ph - 60Hz

Consumo

8,5 KVA (60%)

Voltaje en Vacío

18 - 45 V

Ciclo de Trabajo

35%-310A / 60%-230A / 100%-178A

Rango Amperaje

30A / 15,5V - 310A / 29V

Anexo 11: Compressora de Aire




Data 20/04/2017 2/32
Proposta Nº 54411236/0

Condições Comerciais

Descrição do Produto	Qtd	Preço Unitário (ICMS Incluso)	Preço Total (ICMS Incluso)	ICMS %
GA22 100 AFF 220V/60HZ/3F FM - RIF - Compressor de ar tipo parafuso lubrificado, nacional - Com secador de ar por refrigeração incorporado (gás ecológico) - Refrigerado a ar - Lubrificante: Óleo Mineral - FAD: 3,64 m ³ /min - Pressão: 7,4 barg - Potência do motor: 30 cv - Tensão do motor: 220 V - Tensão de comando: 220 V - Nível de ruído: 74 Db(A) - Conexão de saída: G 3/4" - Código FINAME: 2400130 - Classificação fiscal: 84148012 Part Number: 8970008520	1	R\$ 56.619,60	R\$ 56.619,60	8,8 %

Anexo 12: Recibo de Suministro Eléctrico



SUMINISTRO
BT4
LIMA
Código: 176.200
Tipo: Potencia Variable
Período: Feb/2017 - Feb/2018
K-01
SUBTERRANEA
TRIFÁSICO - N° 51767192 - 3 Hilos
Electrónico
220 V - BT
C4.3

Usuario: RANDON PERU S.A.C.
Dirección: AV REPUBLICA ARGENTINA 4140 CALLAO
Dir. Cobranza: AV REPUBLICA ARGENTINA 4140 20602106013
R.U.C.: 20602106013
Fecha de emisión: 19/SET/2017
Ruta: 50-551-5550

RANDON PERU S.A.C.
RECIBIDO
26 SEP. 2017
La recepción de estos documentos no implica CONFORMIDAD

DETALLE DE CONSUMO

Fecha Lect. Ant.: 15/08/2017 Fecha Próxima Lectura: 17/10/2017
Fecha Lect. Act.: 14/09/2017 Fecha del Próximo Vencimiento: 02/11/2017

UNIDADES FÍSICAS	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	CONSUMOS
Demanda (kW)	18.310	7.360	8.950	100.00	895.00
Carga (kWh)	3.960	2.220	1.740	100.00	164.00
Potencia (kW)	0.159	0.110	0.049	100.00	4.90
Potencia (kW)	0.118	0.090	0.029	100.00	2.90

CALIFICACIÓN
Forma: AUTOMÁTICA Número HP: 120
Resultado: FUERA DE PUNTA Factor: 0.150
Demanda Media HP: 1.366667

DETALLE DE IMPORTES

Cargo Facturado	Consumo	Unidades	Precio Unitario	Importe
Reposic. y Mant. de Conex				5.07
Cargo Fijo				2.47
Cargo por Energía	1056.00	(kWh)	0.2041	215.53
Potencia de Generación FP	8.90	(kW)	34.2100	304.47
Pot. Uso Redes Distrib. F.	6.55	(kW)	44.9000	294.10
Alumbrado Público				57.60
SUBTOTAL Mes Actual				879.94
I.G.V.				158.39
TOTAL Mes Actual				1.038.33
Aporte Ley N° 28749				8.55
Redondeo Mes Anterior				0.49
Redondeo Mes Actual				-0.37

HISTÓRICO

Mo	Ab	My	Jn	Jl	Ag	St
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Energía - kWh / E. Reactiva - kVar / Demanda - KW

Anexo 13: Características de Tuberías Metálicas - Fabricante

Cantidad de Conductores Admisible en Tubería Conduit Metálica Cables TW y THW

CALIBRE AWG o kcmil	DÍAMETRO NOMINAL DEL TUBO (Pulgadas, mm)									
	1/2 13	3/4 19	1 25	1 1/4 32	1 1/2 38	2 51	2 1/2 64	3 76	3 1/2 89	4 102
14	8	15	25	43	58	96	168	254	332	424
12	6	11	19	33	45	74	129	195	255	326
10	5	8	14	24	33	55	96	145	190	243
8	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
1/0	-	1	1	2	3	6	10	16	20	26
2/0	-	1	1	1	3	5	9	13	17	22
3/0	-	1	1	1	2	4	7	11	15	19
4/0	-	-	1	1	1	3	6	9	12	16
250	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13
300	-	-	1	1	1	2	4	6	8	11
350	-	-	-	1	1	1	4	6	7	10
400	-	-	-	1	1	1	3	5	7	9
500	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7
600	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6
750	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5
800	-	-	-	-	1	1	1	3	3	5
900	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4
1000	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4

Anexo 14: Características de Tuberías PVC - Fabricante

Cantidad de Conductores Admisible en Tubería Conduit PVC Tipo A Cables TW y THW

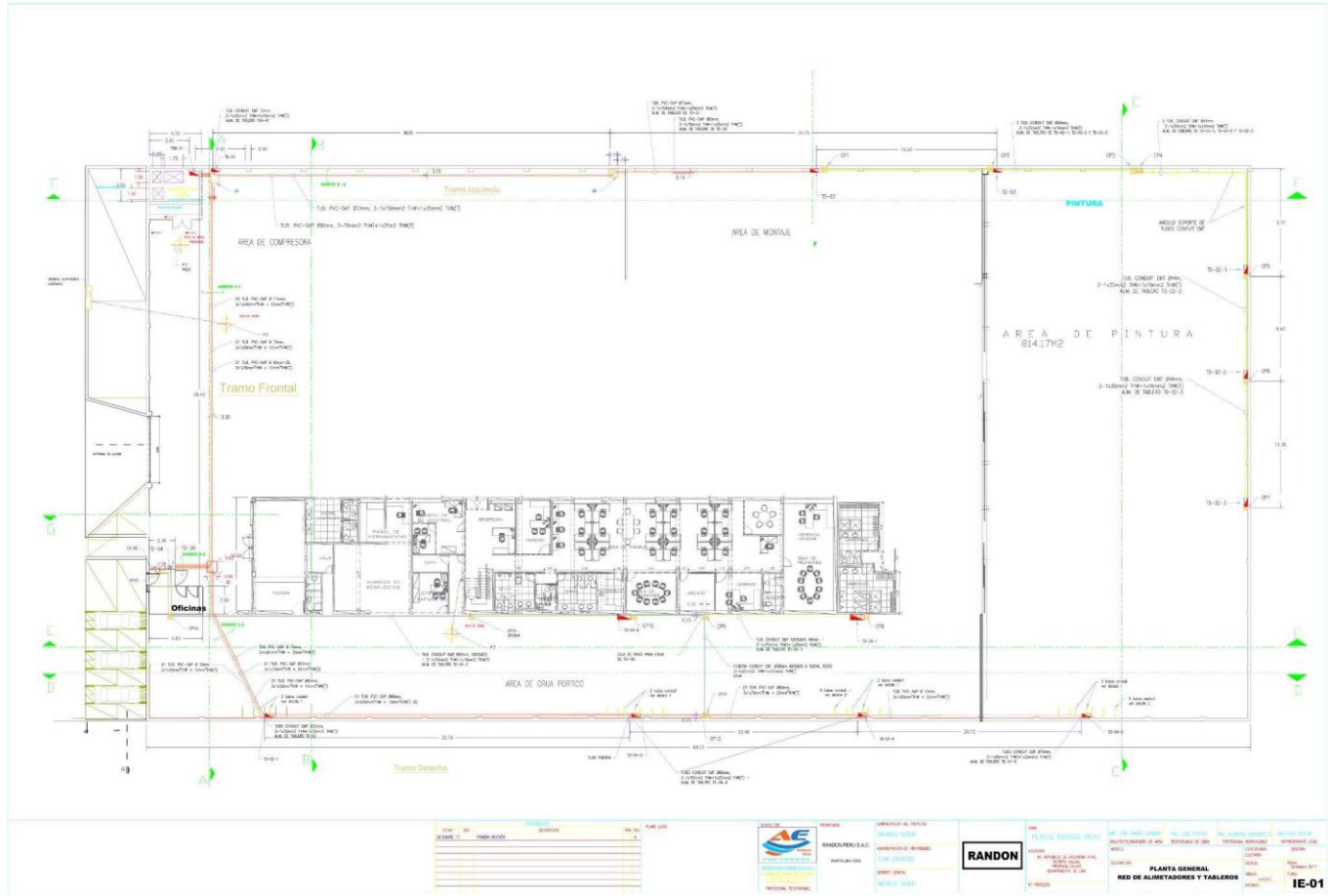
CAJIBRE AWG-6 kcmil	DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO (Pulgadas, mm)									
	1/2 13	3/4 19	1 25	1 1/4 32	1 1/2 38	2 51	2 1/2 64	3 76	3 1/2 89	4 102
14	11	18	31	51	67	105	157	235	307	395
12	8	14	24	39	51	80	120	181	236	303
10	6	10	18	29	38	60	89	135	176	226
8	3	6	10	16	21	33	50	75	98	125
6	1	3	6	9	13	20	30	45	59	75
4	1	2	4	7	9	15	22	33	44	56
2	1	1	3	5	7	11	16	24	32	41
1	1	1	1	3	5	7	11	17	22	29
1/0	1	1	1	3	4	6	10	14	19	24
2/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21
3/0	-	1	1	1	3	4	7	10	13	17
4/0	-	1	1	1	2	4	6	9	11	14
250	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12
300	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
350	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9
400	-	-	1	1	1	1	3	5	6	8
500	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7
600	-	-	-	1	1	1	1	3	4	5
750	-	-	-	1	1	1	1	3	3	4
800	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4
900	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4
1000	-	-	-	-	1	1	1	1	3	3

Anexo 15: Datos de Parámetros de Conductores Eléctricos THW 90

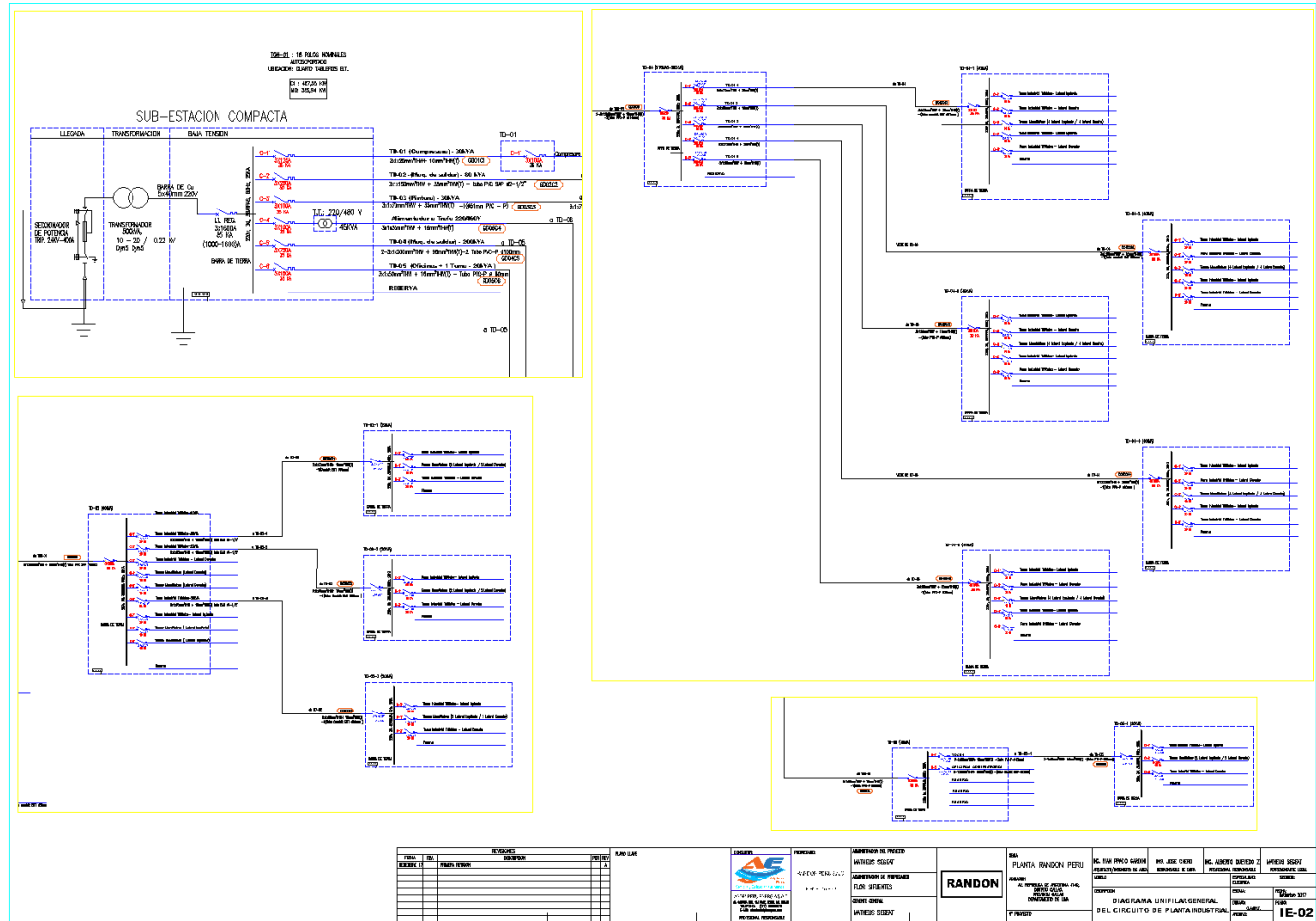
Formación	Resistencia Conductor (Ohm/Km)		Reactancia Inductiva (Ohm/Km a 60 Hz)	Capacidad de Corriente Temp. Ambiente 30°C (Amp) (**)
	c.c. a 20°C	c.a. a 90°C		
1 X 2,5 mm ²	7,41	9,45	0,118	27
1 X 4 mm ²	4,61	5,88	0,110	35
1 X 6 mm ²	3,08	3,93	0,105	45
1 X 10 mm ²	1,83	2,33	0,106	65
1 X 16 mm ²	1,15	1,46	0,100	80
1 X 25 mm ²	0,727	0,927	0,095	105
1 X 35 mm ²	0,524	0,669	0,092	130
1 X 50 mm ²	0,387	0,494	0,093	165
1 X 70 mm ²	0,268	0,343	0,090	200
1 X 95 mm ²	0,193	0,248	0,087	240
1 X 120 mm ²	0,153	0,197	0,088	275
1 X 150 mm ²	0,124	0,161	0,087	315
1 X 185 mm ²	0,0991	0,130	0,085	355
1 X 240 mm ²	0,0754	0,101	0,084	415
1 X 300 mm ²	0,0601	0,0828	0,084	470
1 X 400 mm ²	0,0470	0,0677	0,083	560
1 X 500 mm ²	0,0366	0,0563	0,081	640

(**) Capacidad de corriente para máximo tres conductores instalados dentro de tubos.

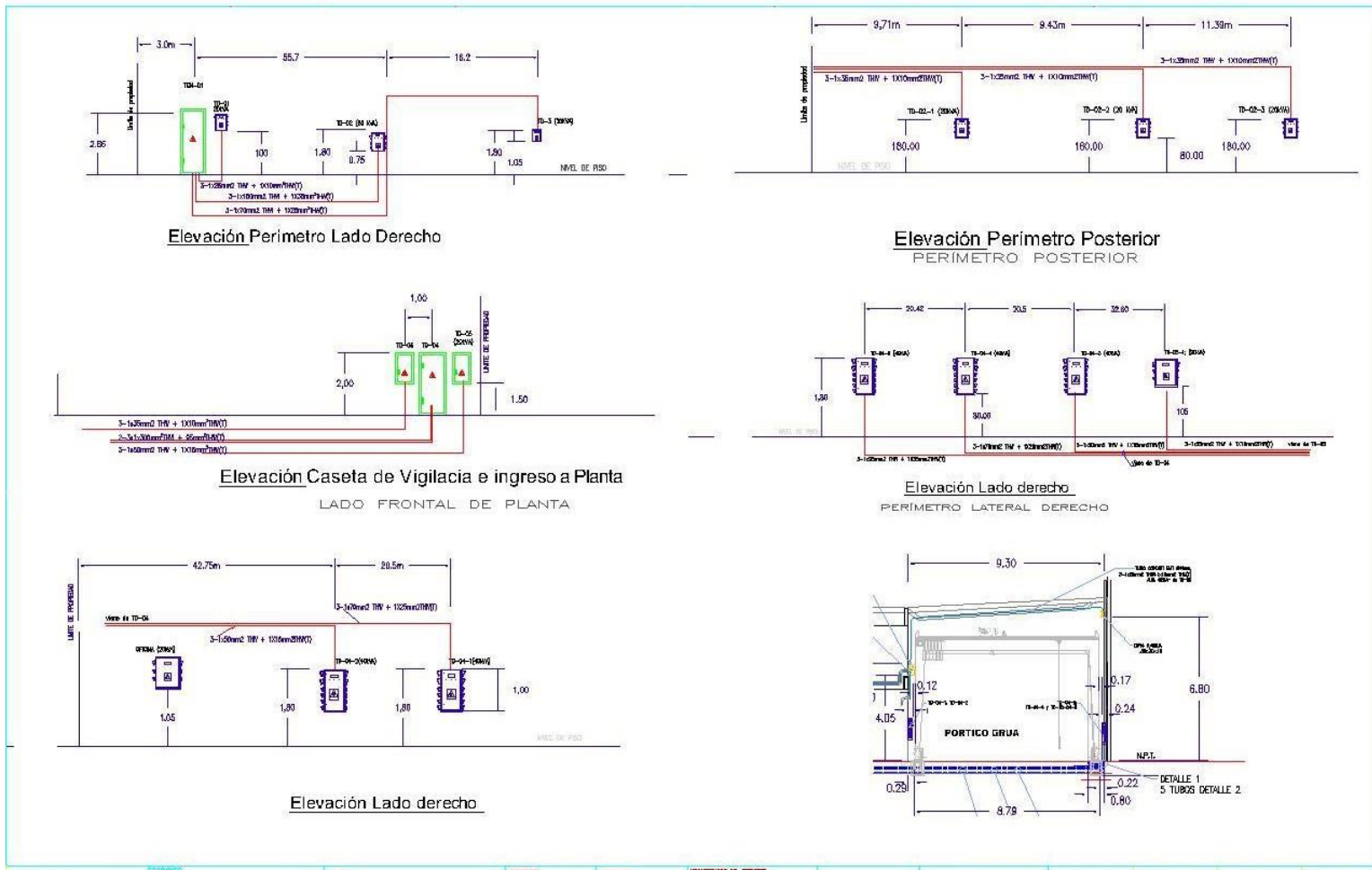
Anexo 16: Plano de Planta Distribución Eléctrica



Anexo 17: Diagrama Unifilar del Diseño del Sistema Eléctrico



Anexo 18: Distribución de Montantes del Sistema Eléctrico



Anexo 19: Código Nacional de Electricidad - Regla 070-1014 - Tabla 6

Tabla 6 (Continuación)
(Ver Regla 070-1014 (5))
Máximo número de conductores de una dimensión en tuberías pesadas o livianas
600 V - Sin cubierta

Tipo de aislamiento	Sección nominal [mm ²]	Diámetro exterior [mm]	Dimensión de la tubería pesada o liviana												
			15 [mm]	20 [mm]	25 [mm]	35 [mm]	40 [mm]	55 [mm]	65 [mm]	80 [mm]	90 [mm]	105 [mm]	115 [mm]	130 [mm]	155 [mm]
			(1/2)*	(3/4)*	(1)*	(1 1/4)*	(1 1/2)*	(2)*	(2 1/2)*	(3)*	(3 1/2)	(4)*	(4 1/2)*	(5)*	(6)*
THW, RHW-2	2,5	4,4	5	9	14	25	34	56	81	125	167	200	200	200	200
	4	4,9	4	7	11	20	27	45	65	101	135	174	200	200	200
	6	5,6	3	5	9	15	21	35	50	77	103	133	167	200	200
	10	7,1	1	3	5	9	13	21	31	48	64	82	103	130	188
	16	8,5	1	1	3	6	9	15	21	33	44	57	72	90	131
	25	9,5	1	1	3	5	7	12	17	26	36	46	58	72	105
	35	11	1	1	1	4	5	9	13	20	26	34	43	54	78
	50	13		1	1	2	3	6	9	14	19	24	31	38	56
	70	15		1	1	1	2	4	7	11	12	18	23	29	42
	95	17			1	1	1	3	5	8	11	14	18	23	32
	120	20			1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	23
	150	21				1	1	1	3	5	7	9	11	14	21
	185	23				1	1	1	2	4	6	8	10	12	18
	240	26					1	1	1	3	4	6	7	10	14
	300	29					1	1	1	2	3	5	6	7	11
	400	32						1	1	1	3	4	5	6	9
500	35						1	1	1	2	3	4	5	7	

* Las unidades indicadas en pulgadas son temporales, en esta transición hacia el empleo de unidades en mm, están sujetas a cambio cuando se disponga de las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

Nota 1: Las dimensiones están sujetas a tolerancias de fabricación.

Nota 2: Se recomienda verificar con información actualizada de los fabricantes de estos productos y de preferencia que posean certificación ISO.

Nota 3: Tener presente que los diámetros de los conductores varían si son sólidos o cableados y -en el caso del cableado- dependerá del grado de compactación.

Utilización y temperatura nominal de operación de conductores para uso general

Nombre comercial	Designación	Temperatura Máxima de Funcionamiento	Aplicaciones previstas	Aislamiento	Cubierta Protectora Exterior ¹⁾
Termoplástico resistente al calor	THHN	90 °C	Lugares secos y húmedos	Termoplástico resistente al calor y retardante de la llama	Cubierta de nailon o equivalente
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THHW	75 °C 90 °C	Lugares mojados Lugares secos	Termoplástico retardante de la llama y resistente a la humedad y al calor	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW ³⁾	75 °C 90 °C	Lugares secos y mojados Aplicaciones especiales en equipos de iluminación por descarga. Limitado a 1 000 V en circuito abierto o menos (sólo cables de secciones 2,5 a 6 mm ²)	Termoplástico retardante de la llama y resistente a la humedad y al calor	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THWN ³⁾	75 °C 90 °C	mojados húmedos	Termoplástico retardante de la llama y resistente a la y al calor	Cubierta de nailon o equivalente
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60 °C 70 °C	Lugares secos y mojados	Termoplástico retardante de la llama y resistente a la humedad y al calor	Ninguna

Dimensiones (no limitativas), para determinar el área a ser ocupada por los conductores unipolares, en conductos y tuberías

Parte B - Conductores aislados con compuesto termoplástico y termoestable hasta e inclusive 450/750 V

(NTP 370.253 Conductores eléctricos. Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V)

Sección nominal del conductor [mm ²]	Clase de conductor NTP 370.250	Espesor de aislamiento						
		THWN - 2 (90)			THW (75)		XHHW - 2 (90)	
		Aislamiento de PVC		Cubierta de Nailon	Promedio mínimo [mm]	Mínimo en un punto [mm]	Promedio mínimo [mm]	Mínimo en un punto [mm]
		Promedio mínimo [mm]	Mínimo en un punto [mm]	Mínimo en un punto [mm]				
2,5	1	0,38	0,33	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
2,5	2	0,38	0,33	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
4	1	0,38	0,33	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
4	2	0,38	0,33	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
6	1	0,51	0,46	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
6	2	0,51	0,46	0,10	0,76	0,69	0,76	0,69
10	1	0,76	0,69	0,13	1,14	1,02	1,14	1,02
10	2	0,76	0,69	0,13	1,14	1,02	1,14	1,02
16	2	0,76	0,69	0,13	1,52	1,37	1,14	1,02
25	2	1,02	0,91	0,15	1,52	1,37	1,14	1,02
35	2	1,02	0,91	0,15	1,52	1,37	1,14	1,02
50	2	1,27	1,14	0,18	2,03	1,83	1,40	1,27
70	2	1,27	1,14	0,18	2,03	1,83	1,40	1,27
95	2	1,27	1,14	0,18	2,03	1,83	1,40	1,27
120	2	1,52	1,37	0,20	2,41	2,18	1,65	1,47
150	2	1,52	1,37	0,20	2,41	2,18	1,65	1,47
185	2	1,52	1,37	0,20	2,41	2,18	1,65	1,47
240	2	1,52	1,37	0,20	2,41	2,18	1,65	1,47
300	2	1,78	1,60	0,23	2,79	2,51	2,03	1,83
400	2	1,78	1,60	0,23	2,79	2,51	2,03	1,83
500	2	1,78	1,60	0,23	2,79	2,51	2,03	1,83

Nota 1: Dimensiones sujetas a tolerancias de fabricación.

Nota 2: Se recomienda verificar información actualizada con los fabricantes de estos productos y de preferencia que posean certificación ISO.

Watts por metro cuadrado y factores de demanda para acometidas y alimentadores para predios según tipo de actividad

Tipo de actividad	Watts por metro cuadrado	Factor de demanda %	
		Conductores de acometida	Alimentadores
Bodegas, Restaurantes,	30	100	100
Oficina :			
· Primeros 930 m ²	50	90	100
· Sobre 930 m ²	50	70	90
Industrial, Comercial	25	100	100
Iglesias	10	100	100
Garajes	10	100	100
Edificios de Almacenaje	5	70	90
Teatros	30	75	95
Auditorios	10	80	100
Bancos	25	100	100
Barberías y Salones de Belleza,	30	90	100
Clubes	20	80	100
Cortes de Justicia	20	100	100
Hospedajes	15	80	100
Viviendas	--	100	100

070-110 Radio de Curvatura de los Conductores

El radio de curvatura de los conductores debe ser lo suficientemente grande como para asegurar que no se produzcan daños a los conductores, su aislamiento, cubiertas o forros.

**Sección nominal mínima de conductores de
cobre desnudos de tierra en mm²**
(Ver Anexo B)

Máxima corriente de cortocircuito [A]	Máxima duración de falla			
	0,5 segundos		1,0 segundos	
	Con soldadura exotérmica, uniones a presión o empernadas	Con uniones de bronce o latón	Con soldadura exotérmica, uniones a presión o empernadas	Con uniones de bronce o latón
5 000	16	16	25	25
10 000	25	35	50	50
15 000	50	50	50	95
20 000	50	70	95	120
25 000	70	95	120	120
30 000	95	120	120	150
35 000	120	120	120	150
40 000	120	150	150	185
50 000	120	150	150	240
60 000	150	185	240	300
70 000	185	240	240	400
80 000	240	300	300	400
90 000	240	300	400	500
100 000	240	400	400	500

Nota: Secciones calculadas de acuerdo con el Código de Normas para el Cableado N° 80.

**Sección mínima de conductores de tierra para
sistemas de corriente alterna o conductores de tierra comunes**

Capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección o el equivalente para conductores múltiples [A]	Sección del conductor de cobre de puesta a tierra [mm ²]
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

Nota: La capacidad de conducción del conductor más grande de la acometida, o el equivalente si se usan conductores múltiples, se determina con la Tabla apropiada del Código tomando en consideración la cantidad de conductores en la tubería y el tipo de aislamiento.

**Sección mínima del conductor de puesta a tierra
para canalizaciones y equipos de conexión**

Capacidad de conducción del conductor de mayor sección de la acometida o el equivalente para conductores múltiples que no excedan: [A]	Dimensión del conductor de puesta a tierra		
	Sección cobre [mm ²]	Diámetro de la tubería metálica pesada [mm]	Diámetro de la tubería metálica liviana [mm]
60	10	20	25
100	10	25	35
200	16	35	40
400	25	65	65
600	50	80	105
800	50	105	105
Sobre 800	70	155	—

**Utilización de fusibles
(Ver Regla 080-212)**

Utilización		Capacidad de interrupción [kA]	Serie Americana	Serie Europea
Uso General (Alumbrado, Fuerza, Calefacción)	Tensión	50	Clase K	Neozed
		100	Clase K	NH - gG
		120	Clases J, RK5, RK1, K	
		200		
Protección de Acometidas, Alimentadores y Circuitos Derivados	Menos de 690 V	100-120		NH - gG
	Más de 600 A	200	Clase L	
	Menos de 600 A	200	Clases J, RK1	
Protección de Motores		120		NH - aM
		200	Clases L, J, RK5, RK1,	
Protección de Transformadores	Baja Tensión	100		NH - gTr
		200	Clase L Clase J	
	Media Tensión	50-63	Serie E	
	Control	200	Clase CC	
Protección de Semiconductores, Circuitos Electrónicos	440 - 500 V	100		(D, DO) - gR
	500 - 690 V		NH - aR	
Protección de Circuitos de Control		200	Clase CC	
		10, 50, 100	Midget	

Anexo 20: Ponderación de Criterios

INSTRUCTIVO PARA PRIORIZACIÓN DE VARIABLES

Esta plantilla se base en el método de priorización, con ella se busca obtener la valoración porcentual de los factores que van a ser calificados cuando se esté seleccionando una alternativa

Cada evaluador, de manera independiente, realiza una comparación por pares de los factores, preguntándose cuál de ellos es más importante para obtener una solución que satisfaga las necesidades planteadas. Para este efecto, el evaluador deberá analizar entre el par de variables que se estén comparando, dándole más puntaje a la variable que considere más importante, utilizando los criterios de la tabla # 1:

Para comparar las variables A y B :

	A	B
A		
B		

Para calificar la variable A y la B se elige la opción que el calificador considere mas acertada según lo especificado en la tabla # 1

Tabla # 1

Valor	Criterio
5 a 1	La Importancia de A excede en gran cantidad la Importancia de B
3 a 1	La Importancia de A es mayor la Importancia de B
1 a 1	La Importancia de A es igual a la Importancia de B
1 a 3	La Importancia de B es mayor la Importancia de A
1 a 5	La Importancia de B excede en gran cantidad la Importancia de A
2, 4	Valores intermedios que se pueden utilizar entre dos juicios adyacentes

Ejemplo:

Para definir un peso entre tres variables

Criterio A -Requerimientos funcionales

Criterio B -Requerimientos técnicos

Criterio C -Habilidades y experiencia

La primera comparación sería entre el criterio A -Requerimientos funcionales con el criterio B -Requerimientos técnicos

		CRITERIOS		
		A	B	C
CRITERIOS	A	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
	B	REQUERIMIENTOS TECNICOS	5 a 1	1 a 1
	C	HABILIDADES Y EXPERIENCIA		1 a 3

El calificador opina que los requerimientos funcionales son mucho mas importantes que los requerimientos técnicos

El calificador opina que los requerimientos funcionales son igual de importantes que las habilidades y experiencia

El calificador opina que las habilidades y experiencia son mas importantes que los requerimientos tecnicos