



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DE POTENCIA EN LA PROCESADORA DE
HELADOS “ZERO” 2026**

NOMBRE DE ESTUDIANTE: DAVID SOLÓRZANO CERDAS

TUTOR: ING. ADOLFO JOSÉ ARIAS ECHANDI

SEDE CENTRAL, SAN JOSÉ

Mayo, 2026

Contenido general

Dedicatoria	1
Dedico este trabajo de graduación al único Dios, el Dios trino, por Su misericordia, gracia y amor. Nada de lo que he logrado a lo largo de esta carrera tendría sentido si no fuera para Su gloria.....	1
Agradecimientos	2
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación	5
1.4 Antecedentes.....	6
1.4.1 Internacionales.....	6
1.4.2 Nacionales	14
1.5 Resumen	22
1.6 Limitaciones	23
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1 Requisitos para instalaciones eléctricas.....	24
2.1.1 ¿Qué es una instalación eléctrica?.....	24
2.1.2 Componentes Clave y su Función en la Industria	24
2.1.3 Distribución de Potencia y Cargas	25
2.2 Sistemas trifásicos	27
2.2.1 Concepto del Sistema Trifásico.....	27
2.2.2 Aplicaciones y Ventajas en el Entorno Industrial	27
2.2.3 Configuraciones de los Sistemas Trifásicos	28

2.3	Transformadores de Potencia	30
2.4	Códigos y Normativas Nacionales.	32
2.4.1	Código eléctrico nacional, NEC (2020)	32
2.4.2	ARESEP y la Calidad de la Energía.....	33
2.4.3	Normativas de Diseño y Conexión (CFIA y CNFL).....	34
2.5	Cableado eléctrico.	35
2.5.1	Cableado.....	35
2.5.2	Elementos del Cableado.....	36
2.6	Cargas Eléctricas	38
2.6.1	Tipos de Cargas.....	38
2.7	Protecciones Eléctricas	39
2.8	Variadores de Frecuencia (VFD).....	40
2.8.1	Uso del VFD para Adaptación de Voltaje.....	41
2.8.2	Efectos de los VFDs en la Red Eléctrica (Armónicos)	41
2.9	Presupuesto	41
2.9.1	¿Qué es un presupuesto?	41
2.9.2	Pasos para formar un presupuesto.....	42
3	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	44
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN	47
4.1	Evaluación estado actual del sistema de potencia.	47
4.1.1	Análisis de datos proporcionados por la empresa.	47
	Tableros de Cargas Pequeñas.	49
	Tableros Secundarios.....	56
	Tableros Principal (TA).....	63
4.2	Análisis de Entrevista	66

4.3	Análisis inspección Física y Levantamiento.....	66
4.3.1	Actualización Diagrama Unifilar	67
4.3.2	Mediciones de Tableros.....	68
4.3.3	Justificación para el Diseño de Corrección.	72
4.4	Diseño y Propuesta de Solución.	75
4.4.1	Selección del Transformador.....	75
4.4.2	Acometida Media tensión:	75
4.4.3	Artículos y Consideraciones para el Diseño:	76
4.4.4	Diseño de Tableros.....	77
4.4.5	Puesta a Tierra.	83
4.4.6	Fusibles de Media Tensión.....	84
4.4.7	Especificaciones de Poste de Media Tensión.....	85
4.4.8	Requisitos de Obra Civil: Bóveda de Transformadores (Tipo A).....	85
4.4.9	Diagrama Unifilar General Proyecto.....	86
4.4.10	Capacidad de Crecimiento.....	87
4.4.11	Consideraciones sobre la Calidad de Energía	88
4.4.12	Consolidación de Diseño.....	89
4.5	Análisis de Costos y Presupuesto.	90
4.5.1	Etapa 1: Infraestructura de Potencia y Obra Civil.....	90
4.5.2	Etapa 2: Distribución y Ramales.....	93
4.6	Síntesis de Resultados.	95
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1	Conclusiones.....	96
5.2	Recomendaciones	98
6	APÉNDICE.....	104

6.1	APENDICE A Entrevista.	104
6.2	APENDICE B. Tablas de Mediciones de Campo	106
6.3	APENDICE C. Memorias de Calculo	108
6.4	APENDICE D. Planos de Actualización.....	117
7	Anexos	121
7.1	Anexo 1. Especificaciones Bóveda Tipo A y Poste.	121
7.2	Anexo 2. Cotizaciones (Referencias de Costos).....	124
7.3	Anexo 3. Registro Tableros Actuales.	138

Índice de Figuras.

Figura 1.	29
Configuración Trifásica Estrella y Delta.	29
Figura 2.	48
Diagrama Unifilar Suministrado.....	48
Figura 3.	57
Sección Diagrama unifilar TC2 y TC AUX2.	57
Figura 4.	67
Diagrama Unifilar Actualizado.....	67
Figura 6.	84
Capacidad en Amperios de los Fusibles Primarios para Transformadores Monofásicos.....	84
Figura 7.	87
Diagrama Unifilar Proyecto.....	87
.....	87
Figura 7.	117
Diagrama Unifilar Proyecto.....	117
Figura D.1.....	118
Plano Ubicación Tableros Nuevos / Poste / Bóveda / Transformadores	118
Figura 1.1.	121
Dimensiones Bóveda Tipo A.....	121

Índice de Tablas.

Tabla 1.....	49
Tablero TO: Calibre, OCPD y Canalización.....	49
Tabla 2.....	51
Tablero TG: Calibre, OCPD y Canalización.....	51
Tabla 3.....	52
Tablero T AUX 1: Calibre, OCPD y Canalización.....	52
Tabla 4.....	53
Tablero TD: Calibre, OCPD y Canalización.....	53
Tabla 5.....	54
Tablero TC: Calibre, OCPD y Canalización.....	54
Tabla 6.....	58
Tablero TC AUX 2: Calibre, OCPD y Canalización.....	58
Tabla 7.....	60
Tablero TC2 Trifásico: Cálculo de Cargas.....	60
Tabla 8.....	60
Tablero TC2 Trifásico: Calibre, OCPD y Canalización.....	60
Tabla 9.....	62
Tablero TC1: Calibre, OCPD y Canalización.....	62
Tabla 10.....	64
Tablero TA Trifásico: Calibre, OCPD y Canalización.....	64
Tabla 11.....	68
Mediciones Tablero TCAUX2.....	68
Tabla 14.....	71
Mediciones de Tablero TA.....	71

Tabla 15.....	74
Tabla de Resumen de Hallazgos.....	74
Tabla 16.....	77
Panel Board TA.....	77
Tabla 17.....	79
Panel Board TC2.....	79
Tabla 18.....	80
Panel Board TN.....	80
Tabla 19.....	81
Panel Board TC1.....	81
Tabla 20.....	82
TC AUX 2.....	82
Tabla 21.....	83
Selección Conductor y Electrodo de Malla a Tierra.....	83
Tabla 22.....	91
Resumen de Costos Etapa 1 (Página 1 de 2).....	91
Tabla 23.....	92
Resumen de Costos Etapa 1 (Página 2 de 2).....	92
Tabla 24.....	94
Resumen de Costos Etapa 2.....	94
Tabla 12.....	106
Mediciones tablero TC2.....	106

Abreviaturas

<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
A	Amperio (Unidad de medida de intensidad de corriente eléctrica).
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.
AWG	American Wire Gauge (Escala estadounidense de calibres de conductores).
CA	Corriente Alterna.
CC	Corriente Continua.
CCM	Centro de Control de Motores.
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica.
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
DATC	Distorsión Armónica Total en Corriente.
EDT	Estructura de Desglose del Trabajo.
EPR	Ethylene Propylene Rubber (Goma Etilpropilénica; aislamiento de alto rendimiento).
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor (Transistor bipolar de puerta aislada).
kA	Kiloamperio (Unidad de capacidad interruptiva de cortocircuito).
kVA	Kilovoltio-amperio (Unidad de potencia aparente).
kW	Kilovatio (Unidad de potencia activa).
MCCB	Molded Case Circuit Breaker (Interruptor automático de caja moldeada).
MCM / kcmil	Mil "circular mils" (Unidad de sección transversal para conductores grandes).
NEC	National Electrical Code (Código Eléctrico Nacional).
NFPA	National Fire Protection Association (Asociación de Protección Contra Incendios).
OCPD	Overcurrent Protective Device (Dispositivo de protección contra sobrecorriente).
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
TDA / TDD	Tasa de Distorsión Armónica Total (de tensión o corriente).
THHN / THWN	Aislamiento termoplástico resistente al calor y la humedad con chaqueta de nailon.
UL	Underwriters Laboratories (Sello de certificación de seguridad y calidad).
V	Voltio (Unidad de medida de potencial eléctrico o tensión).
VA / VAR	Voltio-amperio / Voltio-amperio reactivo (Unidades de potencia aparente y reactiva).
VFD	Variable Frequency Drive (Variador de Frecuencia).
XHHW-2	Aislamiento de polietileno reticulado resistente al calor y humedad (90°C).

Dedicatoria

Dedico este trabajo de graduación al único Dios, el Dios trino, por Su misericordia, gracia y amor. Nada de lo que he logrado a lo largo de esta carrera tendría sentido si no fuera para Su gloria.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios, por su gran amor al permitirme estudiar esta carrera y ayudarme a perseverar durante cada desafío que se presentó; además, me permitió conocer al amor de mi vida en esta carrera.

En segundo lugar, me siento honrado de poder agradecer a mis padres, que me guiaron e hicieron posible con su esfuerzo y dedicación a través de su trabajo y consejos el poder estudiar esta carrera. Gracias por todos los momentos que me sostuvieron y guiaron por el camino correcto, mostrándome lo que Cristo ha hecho en sus vidas, y ayudándome a ser más como Él.

También, le agradezco a mi novia Fernanda, por llevar junto a mí esta carrera. Has sido una bendición enorme que solo Dios pudo poner en mi camino y me emociona graduarnos juntos y vivir el resto de nuestras vidas juntos.

Gracias al Ing. Adolfo, el mejor profesor que he tenido en mi carrera universitaria, gracias por ser un gran profesional que transmite los conocimientos de forma que mejoremos como profesionales y no para agradar a nadie sino con esa devoción y amor a lo que haces, gracias.

Muchas gracias a Pablo por brindarnos su ayuda en la elección de tema de la tesis y explicarnos como poder entender este mundo de ingeniería, aún estando muy ocupado, encontraste tiempo para nosotros.

Gracias a Charlie e Isa, por mostrarnos amor y cariño cada vez que oraron por nosotros durante este proceso.

Gracias a mis suegros por cuidarme tanto, por todas esas comidas con tanto amor y ratos bonitos de salidas.

Gracias a Iglesia la Gracia, por hacernos parte y apoyarnos.

Gracias a Alejandro por acompañarme tanto durante el proceso de la Tesis.

Por último, gracias, Leo por acompañarnos en el desarrollo de la tesis, aunque no entendieras nada de lo que estábamos haciendo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La Procesadora de Helados “ZERO”, en respuesta a una exitosa adaptación a las demandas del mercado, ha experimentado un notable crecimiento en su capacidad productiva. Este desarrollo ha implicado la integración de nueva maquinaria a su sistema eléctrico de potencia. La infraestructura actual opera con un banco de transformadores de 150 kVA y una tensión base de 240V trifásico. Sin embargo, para dar cabida a equipos especializados que requieren 480V. Si bien esta estrategia ha permitido sostener el ritmo de producción, durante los períodos de máxima demanda estacional se presenta la actuación recurrente de las protecciones del sistema, un indicativo de que la carga operativa podría estar superando la capacidad de diseño de la instalación.

Para abordar esta situación, se propone realizar un diagnóstico técnico sistemático. Este análisis busca identificar con precisión las causas raíz de las interrupciones, las cuales podrían ir desde una sobrecarga en los transformadores hasta fenómenos más complejos de calidad de energía, como la distorsión armónica, potencialmente introducida por los variadores de frecuencia. El estudio se llevará a cabo mediante el levantamiento de la topología del sistema, la medición de parámetros eléctricos y el análisis del historial operativo, lo que permitirá comprender a fondo el comportamiento dinámico del sistema. Ya que no se cuenta con un estudio de ingeniería formal que caracterice el estado actual del sistema eléctrico bajo las nuevas condiciones de carga y operación.

¿Cuál es la propuesta de mejora óptima para el sistema eléctrico de potencia de la Procesadora de Helados ZERO que, fundamentada en un diagnóstico técnico-normativo, garantice la confiabilidad operativa y asegure la capacidad de expansión futura?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer una solución óptima para el sistema eléctrico de potencia en la Procesadora de Helados ZERO, fundamentada en un diagnóstico técnico-normativo, para mejorar su confiabilidad operativa y asegurar su capacidad de expansión.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el estado operativo actual del sistema eléctrico de potencia mediante la recopilación de datos, el levantamiento del diagrama unifilar y la inspección de la infraestructura física.
2. Evaluar el cumplimiento de la instalación eléctrica actual con la normativa vigente del Código Eléctrico Nacional (NEC por sus siglas en inglés).
3. Validar la existencia de eventos que afecten la producción, mediante el análisis de los datos recopilados y su relación con las capacidades técnicas de la infraestructura actual.
4. Diseñar una propuesta técnica de mejora para el sistema eléctrico de potencia que corrija deficiencias identificadas, optimice la confiabilidad operativa y contemple la viabilidad para futuras expansiones de la planta.
5. Detallar un presupuesto de implementación para la propuesta de mejora, detallando los costos de equipos, materiales y mano de obra requeridos.

1.3 Justificación

El éxito comercial a menudo presenta un desafío inherente: la necesidad de una expansión productiva para satisfacer la creciente demanda; con frecuencia, las empresas procesadoras abordan este crecimiento de manera orgánica, adaptando sus operaciones e integrando nueva maquinaria para aumentar su capacidad. Sin embargo, este desarrollo puede llevar la infraestructura de soporte, como los sistemas eléctricos de potencia, más allá de sus límites de diseño.

La necesidad de diagnosticar la problemática de la situación de la procesadora de helados ZERO, aborda un desafío operativo real que limita la capacidad productiva de la empresa al presentar interrupciones no programadas en su sistema eléctrico, como se indicó en la entrevista (ver Anexo 1). Al proponer una solución de ingeniería para estabilizar el suministro de energía, la investigación sirve como una herramienta clave para eliminar las pérdidas de producción y optimizar los procesos, fortaleciendo así la competitividad de la empresa en un mercado cada vez más exigente.

El impacto del proyecto trasciende los límites de la planta, ya que, al reforzar la estabilidad de una empresa local, se apoya indirectamente el desarrollo socioeconómico de la comunidad de los alrededores, sentando las bases para una empresa con constante crecimiento, que podría traducirse en la generación de nuevos empleos. Asimismo, al diseñar una solución que asegure el cumplimiento del Código Eléctrico de Costa Rica, se promueve un entorno de trabajo más seguro para los colaboradores y se fomenta un uso más responsable de la energía.

La propuesta de solución es una acción justificada ante la necesidad de mejora en la producción de la procesadora de helados ZERO, que se podrá implementar para resolver un problema de ingeniería complejo y, a su vez, dotará a la empresa de una infraestructura robusta y confiable.

1.4 Antecedentes

1.4.1 Internacionales

Antecedente N° 1.

Título: Coordinación del sistema de protección para la ampliación realizada en la subestación de transformación "Trapecio" ubicado en la ciudad de Chimbote.

Autor: Julio Enrique Junior Sánchez Alcalde

Año: 2021

Institución: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú.

Este trabajo de tesis se considera un antecedente relevante, ya que aborda la necesidad de realizar un nuevo estudio de coordinación de protecciones como consecuencia de una modificación significativa en un sistema eléctrico: el reemplazo de un transformador de potencia por uno de mayor capacidad para satisfacer el crecimiento de la demanda. Dicha situación es análoga a la de la Procesadora de Helados ZERO, donde la integración de nueva maquinaria ha alterado las condiciones de carga y exige una reevaluación del sistema de protecciones para garantizar su confiabilidad. El objetivo principal de Sanchez Alcalde (2021) fue "Realizar un estudio de coordinación y protección acorde con la operación de un nuevo transformador", para lo cual definió una metodología de gran utilidad para el presente proyecto.

La investigación partió de un análisis del mercado eléctrico para proyectar la máxima demanda de potencia en un horizonte de 20 años, asegurando que la solución propuesta tuviera una vida útil aceptable. Posteriormente, el autor realizó un estudio de cortocircuito para determinar los nuevos niveles de falla del sistema y, con base en estos resultados, ejecutó la coordinación entre los equipos de protección utilizando el software DIGSILENT para asegurar la selectividad y precisión del esquema. Este procedimiento es directamente aplicable a nuestro estudio, que busca diseñar una propuesta de mejora fundamentada en un diagnóstico técnico riguroso.

Finalmente, el autor complementó el análisis técnico con una evaluación económica para justificar la remodelación, un enfoque que coincide con nuestro quinto objetivo específico de detallar un presupuesto de implementación. Este documento sirve como una excelente referencia para estructurar el análisis de crecimiento de la carga, recalcular las condiciones de falla tras una modificación del sistema y diseñar un esquema de protecciones coordinado

Antecedente N° 2.

Título: Rediseño de la red eléctrica de fuerza y alumbrado en la microempresa Heladería Piwy's ubicada en la ciudad de Quito.

Autor: Zurita Simons, Kevin Javier.

Año: 2023.

Institución: Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador.

Esta investigación aborda el problema de una infraestructura eléctrica anticuada en una microempresa del mismo rubro que el caso de estudio, la "Heladería Piwy's". La red eléctrica de la instalación no había sido revisada desde el año 2005, a pesar de que se fue incrementando el equipamiento para la producción con el paso del tiempo. Esta situación provocó un deterioro en el aislamiento de los conductores, sobrecarga en los circuitos existentes y un incumplimiento generalizado de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), presentando riesgos para la continuidad del servicio y la seguridad del local.

El objetivo general del proyecto fue rediseñar integralmente la red de fuerza y alumbrado para garantizar la continuidad del servicio y cumplir con las normativas técnicas vigentes. La metodología empleada fue eminentemente práctica y secuencial. Primero, se realizó una inspección física y un levantamiento de la carga eléctrica instalada, identificando los parámetros nominales de

cada equipo para cuantificar una potencia total de 8060 W. Posteriormente, se desarrolló una propuesta de rediseño fundamentada en el NEC.

Este trabajo representa un antecedente de gran valor, ya que no solo coincide con el sector comercial del presente estudio, sino que, también detalla una metodología que se alinea directamente con los objetivos planteados para la Procesadora de Helados ZERO. El proceso de diagnóstico a través del levantamiento de carga, el análisis normativo, el diseño técnico con el cálculo de conductores y protecciones, y la elaboración de un presupuesto, sirve como un modelo práctico para estructurar la solución de ingeniería requerida. Este caso de estudio demuestra la viabilidad de aplicar un rediseño técnico-normativo para resolver problemas de obsolescencia y sobrecarga en sistemas eléctricos de empresas en crecimiento, validando el enfoque propuesto para la procesadora ZERO.

Antecedente N° 3.

Título: Diseño de un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 220/22.9/10kv para suministro de energía a minera Sahuindo.

Autor: Chocce Cuba, Silverio.

Año: 2020.

Institución: Universidad César Vallejo, Perú.

La investigación se centra en el diseño de un sistema de protecciones eléctricas para un nuevo transformador de potencia de 40 MVA, destinado a satisfacer la creciente demanda de energía de un proyecto minero en expansión. El problema surge de la necesidad de la empresa minera de migrar de una generación térmica aislada a una conexión formal al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para soportar un aumento de la demanda de 6 MW a 25 MW, lo cual

requiere la instalación de una nueva subestación de potencia sin un estudio de protecciones específico previo.

El objetivo principal fue diseñar un sistema de protección adecuado para la puesta en servicio del transformador. Para lograrlo, el autor siguió una metodología técnica sistemática que incluyó: la determinación de los parámetros eléctricos del transformador, la realización de un análisis de flujo de potencia en operación normal y un análisis de cortocircuito para evaluar el impacto de la nueva subestación en la red. Estos estudios se realizaron utilizando el software de análisis de sistemas de potencia DigSilent Power Factory, considerando diversos escenarios de demanda y contingencias para asegurar la estabilidad del sistema. Como conclusión, el estudio validó que la nueva carga no afectaría negativamente la operación del sistema interconectado, manteniendo los niveles de tensión dentro de los rangos permitidos. Además, se determinaron los ajustes específicos para los relés de protección SEL487E y PCS-9611, considerándolos adecuados para la correcta operación y puesta en servicio del equipo.

Este antecedente es de especial relevancia para el proyecto de la Procesadora de Helados ZERO, ya que presenta un marco metodológico integral para abordar una problemática similar: la necesidad de adecuar un sistema eléctrico ante un crecimiento productivo. La metodología empleada por Chocce, basada en análisis de flujo de carga y estudios de cortocircuito, es directamente aplicable para cumplir con los objetivos de realizar un diagnóstico técnico-normativo y validar los eventos que afectan la producción en la procesadora.

Antecedente N° 4.

Título: Diagnóstico Eléctrico, caso de estudio: Edificio P de La Facultad de Ingeniería.

Autor: Garcia Alonso Ramiro Manuel

Año: 2022

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Se analiza esta tesina por su enfoque metodológico en la realización de un diagnóstico eléctrico integral a una instalación existente, con el objetivo de evaluar sus condiciones operativas y su conformidad con la normativa local (en este caso, la NOM-001-SEDE-2012 de México). Este enfoque es directamente aplicable al proyecto de la Procesadora de Helados ZERO, que también requiere un diagnóstico técnico-normativo como punto de partida para una propuesta de mejora. El autor plantea como objetivo principal "identificar las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas y oportunidades de mejora", para lo cual implementó una metodología dual de gran utilidad.

El procedimiento consistió, por una parte, en el monitoreo de parámetros eléctricos en los tableros generales durante una semana, utilizando analizadores de redes para registrar la demanda, el consumo, la calidad de la energía y el factor de potencia. Por otra parte, se realizó un levantamiento físico de la instalación para inspeccionar el estado de los tableros, identificar circuitos y actualizar los cuadros de carga y diagramas unifilares. Este enfoque de diagnóstico en dos frentes es un modelo de referencia para abordar el primer objetivo específico de nuestro proyecto, que busca determinar el estado operativo del sistema eléctrico. Además, el análisis de los datos recabados en la tesina se centra en problemas de calidad de energía como el desbalance de corriente, la distorsión armónica total en corriente (DATC) y un bajo factor de potencia, que son fenómenos directamente relacionados con la problemática de los variadores de frecuencia (VFDs) en la Procesadora de Helados ZERO. El trabajo concluye con un listado detallado de anomalías y recomendaciones puntuales para alinear la instalación con la normativa vigente, sirviendo como un ejemplo práctico de cómo estructurar los hallazgos de un diagnóstico para formular una propuesta de mejora. Aunque el caso de estudio es un edificio educativo y se rige por la normativa mexicana, la metodología para la recolección de datos, el análisis de parámetros de calidad de energía y la inspección física de la infraestructura es completamente transferible y pertinente para el diagnóstico a realizar.

Antecedente N° 5.

Título: Propuesta de rediseño para modernización del sistema eléctrico de fuerza e iluminación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte.

Autor: Willan Alcivar Pujota Pachito

Año: 2023

Institución: Universidad Técnica del Norte, Ecuador

Esta tesis se establece como un antecedente de gran valor, ya que aborda una problemática análoga a la de la Procesadora de Helados ZERO: la necesidad de modernizar un sistema eléctrico que, con más de 20 años de funcionamiento, ha sido modificado y ampliado sin una planificación formal, resultando en desbalances de carga, incumplimiento normativo y una calidad de servicio deficiente. El objetivo del autor fue "proponer un rediseño para la modernización del sistema eléctrico de fuerza e iluminación [...] mediante la aplicación de normas eléctricas con el fin de mejorar la calidad del servicio eléctrico", un propósito que se alinea directamente con el objetivo general de nuestro proyecto.

La metodología implementada por Pujota Pachito (2023) es especialmente relevante para nuestro plan de trabajo. Se inició con un diagnóstico completo del sistema eléctrico, que incluyó una visita técnica para la inspección física de los tableros y la distribución de circuitos, y el uso de un analizador de redes para determinar la demanda máxima, identificar sobrecargas y desbalances de fase. Este procedimiento es el equivalente directo a nuestro primer y tercer objetivo específico, que buscan determinar el estado operativo actual y validar los eventos que afectan la producción. A partir de los hallazgos del diagnóstico, el autor elaboró una propuesta integral de rediseño que incluyó el levantamiento de cargas, el dimensionamiento de nuevos circuitos de fuerza e iluminación, el cálculo de protecciones, el balance de cargas y un presupuesto detallado, abordando así los requerimientos de nuestros objetivos 4 y 5.

Si bien el caso de estudio es una institución educativa y se rige bajo la Normativa Ecuatoriana de Construcción, su enfoque sistemático, que parte de la medición y el diagnóstico en campo para

fundamentar un rediseño técnico y presupuestado, proporciona una guía metodológica y conceptual perfectamente aplicable. El proyecto demuestra cómo la falta de planificación ante el crecimiento de la carga conduce a ineficiencias y riesgos, validando la necesidad del estudio que se pretende realizar en la Procesadora de Helados ZERO.

Antecedente N° 6.

Título: Estudio de eficiencia energética y guía de rediseño en el conjunto residencial "El Magisterio" en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados.

Autor: Ivan Xavier Reisancho Salguero.

Año: 2023.

Institución: Escuela Politécnica Nacional.

Este trabajo tuvo como objetivo principal realizar un levantamiento de las instalaciones eléctricas de un conjunto residencial para proponer una mejora en la calidad del servicio y la eficiencia energética. La metodología se centró en un diagnóstico exhaustivo del estado actual del sistema, recopilando información de la carga eléctrica y los transformadores existentes. Se utilizaron equipos de medición como analizadores de redes para registrar parámetros de calidad de energía, tales como armónicos de voltaje, factor de potencia y niveles de tensión en el lado de baja de los transformadores. Una parte fundamental del estudio fue la proyección de la demanda futura, considerando la incorporación de nuevas cargas de alto consumo (cocinas de inducción), lo que permitió evidenciar que la capacidad de la infraestructura actual no sería suficiente. El estudio concluye que el incremento de la carga instalada conlleva a la necesidad de un cambio de los transformadores actuales por unidades de mayor capacidad para evitar sobrecargas. Finalmente, se presenta una guía de rediseño con un análisis técnico-económico para la implementación de las soluciones.

Este estudio es un antecedente de gran relevancia para el proyecto en la Procesadora de Helados ZERO, ya que la metodología de diagnóstico es directamente aplicable. El enfoque de realizar un levantamiento de la información eléctrica, analizar la carga actual en los transformadores y utilizar los datos medidos para identificar problemas energéticos, se alinea con el primer y tercer objetivo específico de la presente investigación. Además, el análisis predictivo sobre cómo el aumento de la demanda por nuevos equipos impacta la capacidad de los transformadores ofrece un modelo a seguir para evaluar la infraestructura de la procesadora y justificar la necesidad de una mejora. El desarrollo de una solución técnica-económica para el recambio de transformadores sirve como una referencia valiosa para el diseño de la propuesta de mejora y la elaboración del presupuesto correspondiente.

1.4.2 Nacionales

Antecedente N° 1.

Título: Propuesta de mejoras al sistema eléctrico de la planta FHACASA en Costa Rica

Autor: Alejandro Retana Tenorio

Año: 2024

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El proyecto se enfoca en la planta de producción de alimentos FHACASA, cuyo sistema eléctrico presentaba una problemática de obsolescencia, con equipos de más de 30 años de antigüedad y un incumplimiento general del Código Eléctrico Nacional vigente. Esta situación, agravada por la falta de diagramas unifilares actualizados, había provocado incidentes eléctricos graves, como fallas en protecciones y cortocircuitos, que pusieron en riesgo la seguridad del personal y generaron pérdidas económicas significativas para la empresa, estimadas en \$20,000 por falla y \$10,000 por cada hora de producción perdida.

El objetivo general fue desarrollar una propuesta de rediseño para el sistema eléctrico que garantizara el cumplimiento de las certificaciones de seguridad y calidad de energía. La metodología fue exhaustiva e incluyó varias etapas clave: primero, un levantamiento de la instalación eléctrica actual mediante la revisión de planos y visitas en planta para verificar el incumplimiento de los criterios del Código Eléctrico Nacional. Segundo, se realizó un análisis de calidad de la energía utilizando equipos de medición especializados; los datos recopilados se compararon directamente con los límites y parámetros establecidos en la normativa nacional AR-NT-SUCAL de la ARESEP, identificando un desbalance de tensión superior al 3% permitido (AR-NT-SUCAL, ARESEP, Artículo 11). Basado en estos diagnósticos, se elaboró una propuesta técnica de mejora que incluía la actualización de equipos principales, como el reemplazo de un banco de transformadores obsoleto, y el rediseño de diagramas unifilares. Finalmente, se determinó una

oferta económica detallada, contrastando cotizaciones de socios comerciales con el presupuesto del cliente para asegurar la viabilidad del proyecto.

Este antecedente es de relevancia para el estudio en la Procesadora de Helados ZERO, ya que aborda una problemática análoga en una planta industrial costarricense, aplicando el marco regulatorio y normativo exacto que rige en el país. Particularmente, la utilización de la norma SUCAL de la ARESEP como base para el análisis de calidad de la energía proporciona una metodología oficial directamente aplicable para cumplir con el objetivo de validar los eventos que afectan la producción en la procesadora. La metodología desde el diagnóstico inicial basado en el Código Eléctrico Nacional hasta la propuesta técnica y la evaluación presupuestaria sirve como una guía integral y validada a nivel local para la ejecución de todas las fases del proyecto en la Procesadora de Helados ZERO.

Antecedente N° 2.

Título: Inspección de la instalación eléctrica de la Biblioteca Luis Ferrero Acosta, el Edificio de Acción Social y el Edificio C, de la UCR, Sede del Pacífico para la creación de pautas generales de mantenimiento preventivo

Autor: Kevin F. Pérez Lara, Isaac A. Quesada Zumbado

Año: 2024

Institución: Universidad de Costa Rica, Sede del Pacífico.

El trabajo se enfoca en la inspección de las instalaciones eléctricas de tres edificios de la Universidad de Costa Rica, Sede del Pacífico, las cuales presentaban un estado de desactualización debido a remodelaciones y adiciones de carga (como sistemas de aire acondicionado) no documentadas a lo largo de los años. La problemática principal era la discrepancia entre la documentación existente y la instalación real, manifestada en la ausencia de planos actualizados,

directorios de tableros incorrectos, dimensionamiento inadecuado de protecciones y un incumplimiento general de la normativa eléctrica vigente. Esta situación dificultaba las labores de mantenimiento y generaba riesgos para la seguridad de la comunidad universitaria.

El objetivo general fue realizar una inspección visual de los sistemas eléctricos para elaborar pautas base para la creación de un manual de mantenimiento preventivo. La metodología consistió, en primer lugar, en una inspección visual detallada para realizar un levantamiento del sistema eléctrico "as-built" e identificar todos sus componentes. En segundo lugar, se realizó un análisis normativo, donde los hallazgos de la inspección se compararon sistemáticamente con las disposiciones del Código Eléctrico Nacional, la NFPA 70, entre otras, lo que permitió identificar y documentar múltiples incumplimientos, tales como espacios de trabajo inadecuados y sobrecarga de circuitos ramales. Finalmente, con la información recopilada, se procedió a la actualización de los planos eléctricos, diagramas unifilares y tablas de balance de carga para reflejar el estado real de la instalación.

Este antecedente es de pertinencia para el proyecto en la Procesadora de Helados ZERO, ya que su metodología aborda directamente los primeros objetivos del estudio: el diagnóstico del sistema y la verificación de su cumplimiento normativo. El proceso de inspección visual, levantamiento de información, y el análisis comparativo contra el Código Eléctrico Nacional que se detalla en este trabajo, es precisamente el procedimiento requerido para ejecutar el diagnóstico técnico-normativo en la procesadora. Los entregables generados en esta investigación, como los planos actualizados, los diagramas unifilares y el listado de no conformidades representan la base técnica fundamental sobre la cual se debe construir la propuesta de mejora para ZERO, sirviendo como una guía metodológica clara para la fase de diagnóstico.

Antecedente N° 3.

Título: Evaluación eléctrica y energética en la planta de alimentos balanceados para animales de la empresa AVUGA

Autor: Yimy David Vega Masís

Año: 2020

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Este proyecto presenta una evaluación integral, tanto eléctrica como energética, en la planta de alimentos para animales de la empresa AVUGA. El problema central era la falta de conocimiento sobre el estado del sistema eléctrico, el cual no contaba con diagramas unifilares actualizados, no cumplía con el Código Eléctrico Nacional y presentaba un bajo factor de potencia con un valor promedio de 0.75, lo que resultaba en penalizaciones económicas. La falta de un diagnóstico formal impedía la toma de decisiones para mejorar la seguridad de la planta y la eficiencia en el consumo de recursos.

La metodología se desarrolló en dos vertientes principales. En la evaluación eléctrica, al no existir documentación, el primer paso fue realizar el levantamiento de la información para elaborar el diagrama unifilar actual. Posteriormente, se realizó un estudio de cortocircuito y de coordinación de protecciones para proponer un nuevo sistema de distribución eléctrica que cumpliera con el NEC 2014. En la evaluación energética, se efectuó un balance de energía por procesos productivos, el cual identificó que el área de molienda era la de mayor consumo, representando un 38,18 % del total. A partir de este diagnóstico, se plantearon oportunidades de conservación de energía, como la sustitución de motores antiguos y sobredimensionados. Cada propuesta fue acompañada de un análisis financiero para justificar su implementación, lo que al final representó un ahorro 26.27 % en la factura eléctrica.

Antecedente N° 4.

Título: Actualización del estudio cortocircuito con estudio de coordinación de protecciones y arco eléctrico en la instalación eléctrica de Laboratorios Stein, Cartago.

Autor: David Antonio Miranda Mora

Año: 2020

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Se toma como antecedente de interés por ser un proyecto que aborda de manera integral el diagnóstico y la actualización de los estudios eléctricos de una planta industrial en Costa Rica, con el fin de garantizar su seguridad y confiabilidad operativa. El autor ejecutó una actualización del estudio de cortocircuito, y a partir de este, elaboró los estudios de coordinación de protecciones y de arco eléctrico, de los cuales la planta carecía. Este enfoque es análogo al que se requiere en la Procesadora de Helados ZERO, donde se necesita un diagnóstico técnico-normativo completo para proponer una solución a las fallas recurrentes del sistema.

Este trabajo sirve como una guía metodológica precisa, ya que la ruta de acción seguida por David Miranda se alinea directamente con los objetivos de este proyecto. La investigación inició con el levantamiento de la información en campo para la actualización del diagrama unifilar, un procedimiento idéntico al planteado en nuestro primer objetivo específico. A continuación, se determinaron las corrientes de cortocircuito para evaluar si la capacidad interruptora de las protecciones era la adecuada conforme a la normativa, lo que representa el análisis técnico necesario para evaluar el cumplimiento de la norma NFPA 70 y validar la causa de las fallas en la procesadora. El estudio de referencia concluye con una propuesta de mejora que incluye el reemplazo de interruptores y un presupuesto detallado, sirviendo como un modelo de referencia para el diseño de la solución y la estimación de costos.

Antecedente N° 5.

Título: Estudio de arco y choque eléctrico de la planta de producción Cemex Colorado, basado en la norma IEEE 1584-2018 y NFPA 70E-2018.

Autor: Luis Miguel Esquivel Sequeira

Año: 2021

Institución: Universidad Técnica Nacional de Costa Rica

Este trabajo de graduación es de particular interés debido a que su objetivo principal es la realización de un estudio de arco y choque eléctrico, un análisis de seguridad que complementa el diagnóstico técnico de un sistema de potencia industrial. El autor parte de una problemática similar a la de la Procesadora de Helados ZERO: una planta industrial (Cemex Costa Rica) que ha experimentado cambios y carece de un estudio formal que respalde sus protocolos de seguridad eléctrica, desconociendo la energía incidente real a la que el personal de mantenimiento podría estar expuesto. El objetivo general del autor fue realizar dicho estudio para "determinar las condiciones mínimas de seguridad eléctrica para operarios y personal de mantenimiento", basándose en las normas NFPA 70E e IEEE 1584.

La metodología utilizada por Esquivel Sequeira (2021) es muy relevante, ya que se fundamenta en la recolección y verificación de los parámetros del sistema eléctrico a través de diagramas unifilares y visitas de campo, para luego modelar la red en un software especializado (EasyPower). Este procedimiento es análogo al requerido para cumplir los primeros objetivos de nuestro proyecto, que implican levantar el estado actual de la infraestructura eléctrica. A partir de este modelo, el autor analiza los escenarios de operación de las protecciones y calcula las corrientes de cortocircuito para, finalmente, determinar la energía incidente, las fronteras de seguridad y el Equipo de Protección Personal (EPP) requerido para cada zona de la planta. Este proceso demuestra cómo los datos de un diagnóstico técnico se traducen directamente en medidas de seguridad y

cumplimiento normativo, un aspecto fundamental del "diagnóstico técnico-normativo" que se busca en la Procesadora de Helados ZERO.

Si bien el enfoque principal de esta tesis es la seguridad del personal (riesgo de arco y choque) y no directamente la confiabilidad operativa por sobrecarga o la calidad de energía, su metodología para actualizar datos de un sistema existente y modelarlo para análisis es un precedente valioso. Proporciona un marco de referencia sobre cómo utilizar los resultados de un estudio de cortocircuito y coordinación para realizar análisis subsecuentes, como lo es la evaluación de riesgos, lo cual enriquece el alcance del diagnóstico a realizar en nuestro proyecto.

Antecedente N° 6.

Título: Rediseño Eléctrico y Análisis Comparativo de Costos para el cambio de un Sistema Convencional de Alimentadores por medio de Tubería y Cable a un Sistema Combinado de Ducto Barra y Cable Armado para un Hotel Vertical.

Autor: Sergio Armando Venegas Chaves

Año: 2025

Institución: Universidad Internacional De Las Américas, Costa Rica.

Este trabajo de graduación se considera un antecedente clave por su enfoque directo en el análisis técnico y comparativo de costos entre un sistema de alimentación eléctrico convencional (tubería y cable de cobre) y alternativas modernas (ducto barra y cable armado de aluminio) en una edificación vertical de alta demanda. El estudio es de gran relevancia para el proyecto en la Procesadora de Helados ZERO, ya que uno de los objetivos finales es proponer una solución óptima, y esta tesis ofrece una metodología robusta para justificar dicha optimización no solo desde el punto de vista técnico, sino también económico.

La investigación de Venegas Chaves (2025) establece una memoria de cálculo detallada para dimensionar las cargas eléctricas de un hotel, aplicando la normativa del Código Eléctrico Nacional para luego diseñar dos sistemas de alimentadores capaces de soportar dicha carga. El valor principal de este antecedente radica en su método de análisis comparativo, que evalúa ambas soluciones contrastando sus ventajas y desventajas técnicas (seguridad, optimización de espacio, vida útil) y, de forma crucial, sus costos de implementación. El autor no se limita a comparar el precio de los materiales, sino que realiza un análisis detallado de la mano de obra, calculando las horas-hombre requeridas para la instalación de cada sistema. Este enfoque proporciona una base metodológica sólida para cumplir con el quinto objetivo específico de nuestro proyecto, que consiste en detallar un presupuesto de implementación que sea defendible y completo.

Aunque el trabajo se centra en tecnologías de alimentadores para una construcción nueva y no en el diagnóstico de sobrecargas o armónicos en una planta industrial existente, su riguroso proceso de evaluación de alternativas y cuantificación de costos es directamente aplicable. Demuestra cómo se puede estructurar un argumento para validar una propuesta de mejora, concluyendo en este caso que el sistema de ducto barra y aluminio representaba un ahorro del 53% frente a la opción convencional. Por lo tanto, servirá como una guía fundamental para la etapa de diseño y presupuesto del proyecto en la Procesadora de Helados ZERO.

1.5 Resumen

El presente proyecto aborda la problemática operativa del sistema eléctrico de potencia en la Procesadora de Helados ZERO. Debido a un sostenido crecimiento productivo, la empresa ha incrementado su equipamiento, añadiendo una carga mayor a la infraestructura eléctrica existente. Este aumento en la demanda ha llevado al sistema a un estado aparente de sobrecarga, el cual se manifiesta en la actuación recurrente de las protecciones de los transformadores, especialmente durante los períodos de máxima producción. Esta situación es agravada por la complejidad inherente del sistema, que ya alimenta equipos de 480V mediante variadores de frecuencia (VFDs) desde una red de 240V, introduciendo el riesgo de problemas de calidad de energía como la distorsión armónica.

Para dar solución a esta situación, se realizará un diagnóstico técnico integral con el fin de evaluar la capacidad real del sistema, identificar sus puntos débiles y determinar las áreas de mejora. Dicho análisis, que incluirá el levantamiento de la infraestructura actual y su evaluación bajo la normativa del Código Eléctrico Nacional, sentará las bases para el diseño de una propuesta de mejora técnica y su respectivo presupuesto de implementación. El alcance del proyecto abarca desde la caracterización del estado operativo hasta la entrega de una propuesta de rediseño documentada, la cual incluirá diagramas unifilares actualizados, memorias de cálculos, las especificaciones técnicas para los equipos requeridos y un presupuesto detallado de materiales y mano de obra. Esta solución está diseñada para corregir las deficiencias, optimizar la confiabilidad y asegurar la capacidad necesaria para la empresa.

1.6 Limitaciones

- Restricciones operativas y de acceso: La imposibilidad de detener la producción y el acceso potencialmente limitado a ciertas áreas complican la toma de mediciones, por lo que la recolección de datos deberá planificarse estratégicamente para no afectar la operatividad de la planta.
- Confidencialidad de la Información Corporativa: Con el fin de salvaguardar la identidad y los datos sensibles de la organización objeto de estudio, se procedió a mantenerla anónima. Por lo tanto, se utiliza el nombre ficticio “ZERO” para referirse a la procesadora de helados a lo largo de todo el documento, sin que esto altere la validez técnica de los datos presentados.
- Selectividad restringida: La colindancia con la vía pública principal y las regulaciones de derecho de vía impiden la excavación necesaria para un transformador tipo pedestal. Debido a la interferencia con servicios públicos preexistentes y limitaciones de retiro, el diseño se restringe técnicamente a una configuración de subestación tipo bóveda.
- Debido a la imposibilidad de realizar pruebas de resistividad de suelo mediante el método de Wenner en el área de la planta (por infraestructura existente y suelos pavimentados), el diseño de la malla de tierra se basó en estándares recomendados y no en un cálculo analítico previo. El cumplimiento del valor de resistencia objetivo (5 ohm) queda sujeto a la validación mediante medición directa con telurómetro post-instalación.
- Limitaciones en el diagnóstico de calidad de energía: Debido a las restricciones de tiempo asociadas a la autorización de una única visita al sitio y el acceso limitado a los nodos principales, sumado a la falta de equipo analizador de redes especializado y de capacitación en su programación en barras energizadas, no se pudo realizar un estudio formal de transitorios y distorsión armónica. Por lo tanto, el diagnóstico se concentró en la saturación crítica por demanda (158.45%) mediante mediciones de corriente puntuales, quedando la auditoría detallada de calidad de energía sujeta a una fase de validación técnica post-instalación.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo establece las bases teóricas y normativas que sustentan el diagnóstico y la propuesta de mejora del sistema eléctrico de potencia de la Procesadora de Helados ZERO. Se abordan los conceptos fundamentales de las instalaciones eléctricas, la normativa nacional vigente que rige su diseño y operación, las características técnicas de los componentes críticos que conforman el sistema y un proceso sistemático para la elaboración del presupuesto.

2.1 Requisitos para instalaciones eléctricas

2.1.1 ¿Qué es una instalación eléctrica?

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos, equipos y componentes destinados a generar, transmitir, distribuir y utilizar la energía eléctrica de forma segura y eficiente. En un entorno industrial, la instalación abarca desde la acometida en media tensión, pasando por la subestación de transformación, los tableros de distribución, los circuitos ramales que alimentan la maquinaria, hasta los sistemas de control y protección. El diseño adecuado de estas instalaciones es fundamental para garantizar la continuidad operativa, la seguridad del personal y la integridad de los equipos. (Harper, 2004)

Por otro lado, a diferencia de una instalación residencial, la instalación eléctrica en la industrial tiene como enfoque principal es garantizar la continuidad operativa y manejar cargas eléctricas de gran magnitud, ya que cualquier interrupción puede significar pérdidas económicas sustanciales.

2.1.2 Componentes Clave y su Función en la Industria

2.1.2.1 Acometida y Subestación de Potencia

En la industria, la acometida generalmente se recibe en media tensión (hasta 36 000 voltios), a diferencia de la baja tensión residencial. Esta energía llega a una subestación privada que contiene los transformadores de potencia. La función de esta subestación es reducir ese

alto voltaje a niveles utilizables por la maquinaria de la planta (por ejemplo, 480 voltios). (Theodore, 2007)

2.1.2.2 Sistemas de Protección Industrial

La protección en la industria es crítica debido a las altas corrientes y el costo de los equipos. Por lo que se cuenta con los siguientes sistemas:

- **Sistema de Puesta a Tierra:** Es un sistema de seguridad esencial que conecta todas las partes metálicas de la maquinaria y los equipos a la tierra física. Su función es proteger al personal de descargas eléctricas y a los equipos sensibles de daños, proporcionando una ruta segura para las corrientes de falla. La resistencia a tierra debe ser lo más baja posible, sin superar los 25 ohmios. (CIEMI, RTCR 458, 2011)
- **Supresores de Sobrevoltaje:** Un supresor de picos de voltaje está destinado a absorber los picos de voltaje y desviarlos a tierra, para proteger los equipos de daños. Esto significa que va a mitigar los voltajes que excedan en promedio el 30% del valor nominal. (Industronic, 2023)
- **Protecciones contra Sobrecorriente:** Los fusibles y disyuntores estándar son dispositivos de protección contra sobrecorriente (OCPD) de uso común para controlar la sobrecorriente (sobrecargas y fallas). Los fabricantes de disyuntores abordan específicamente las fallas de arco y las fallas a tierra en sus diseños personalizados. (Soucy, 2020)

2.1.3 Distribución de Potencia y Cargas

La distribución interna es el esqueleto de la operación de la planta. Este segmento de la instalación eléctrica debe ser minuciosamente diseñado y actualizado conforme la empresa vaya creciendo, de forma que se vaya adaptando de forma correcta a este aumento de producción.

- **Tableros de Distribución (Switchboards y CCM):** En lugar de una simple "caja de breakers", la industria utiliza grandes tableros auto soportados (Switchboards) y Centros de Control de Motores (CCM). Estos últimos agrupan en un solo lugar los arrancadores, variadores y protecciones de todos los motores de un área, facilitando su control y mantenimiento.

El NEC lo define de la siguiente manera: Panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de gran tamaño, en los que se montan por delante, por detrás o por ambos, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente u otras protecciones, barras colectoras y generalmente instrumentos. Estos ensambles son accesibles generalmente por la parte posterior, así como desde el frente, y no están proyectados para instalarse dentro de gabinetes.

- **Tableros de Potencia:** Un ensamble completamente cerrado con metal laminado en todos sus laterales y en la parte superior (excepto por las aberturas de ventilación y las ventanas de inspección); y que contiene dispositivos de conmutación, interrupción, o ambos para circuitos de potencia primarios, con barras colectoras y conexiones. Este ensamble puede incluir dispositivos de control y auxiliares. (NEC, 2020)
- **Panel Boards:** Los paneles se utilizan para distribuir electricidad de manera segura en todas las instalaciones comerciales e industriales. Un panel es un componente de un sistema de distribución eléctrica que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos derivados, al tiempo que proporciona un disyuntor o fusible de protección para cada circuito, en un gabinete común. Un panel sirve para proteger los circuitos derivados de sobrecargas y cortocircuitos. Los paneles están diseñados para cumplir con UL 67 y la norma NEMA PB1. (EATON, 2021)
- **Alimentadores y Circuitos Ramales:** La distribución eléctrica se jerarquiza mediante alimentadores y circuitos ramales, definidos técnicamente por el Artículo 100 (NEC, 2020). El alimentador consiste en el conjunto de conductores y canalizaciones que transportan la energía desde el equipo de acometida o fuente principal hasta el último dispositivo de protección contra sobrecorriente; a partir de este punto, se originan los circuitos ramales, los cuales comprenden el cableado y los dispositivos finales encargados de suministrar la potencia directamente a las salidas de utilización.
- **Conductores de circuito:** entre el dispositivo final de sobrecorriente que protege el circuito y las salidas. (NEC, 2020)
- **Cargas Industriales (Elementos de Consumo):** Son los equipos que realizan el trabajo. La carga principal en la industria son los motores trifásicos, pero también incluye sistemas de calefacción (cargas resistivas), iluminación de alta intensidad y equipos electrónicos de

control (cargas no lineales). Un aumento en la cantidad de estas cargas debe ser planificado con un diseño eléctrico para asegurar que la capacidad de la acometida y las protecciones sea la adecuada.

2.2 Sistemas trifásicos

Un sistema de potencia trifásico es el método universalmente adoptado para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a gran escala. Su predominio en el sector industrial no es casual, sino que responde a ventajas técnicas y económicas fundamentales que lo hacen superior a los sistemas monofásicos para la alimentación de cargas de alta potencia (Chapman, 2012)

2.2.1 Concepto del Sistema Trifásico

Un sistema trifásico consiste en tres fuentes de tensión de corriente alterna (CA) que operan a la misma frecuencia y tienen amplitudes similares, pero están desfasadas entre sí por un ángulo de 120 grados eléctricos. Visualmente, esto se representa como tres ondas senoidales idénticas que alcanzan sus valores máximos en momentos distintos y secuenciales. Esta disposición asegura que la entrega de potencia total a una carga balanceada sea constante en todo momento, a diferencia de la potencia pulsante característica de un sistema monofásico, que varía entre un valor máximo y cero en cada ciclo (Nilsson & Riedel, 2019). Esta entrega constante de potencia se traduce en una operación más suave y eficiente para la maquinaria de gran tamaño.

2.2.2 Aplicaciones y Ventajas en el Entorno Industrial

La implementación de sistemas trifásicos en la industria, como en la Procesadora de Helados ZERO, es esencial por las siguientes razones:

1. **Alimentación de Motores de Inducción:** La gran mayoría de la maquinaria industrial (compresores, bombas, bandas transportadoras, etc.) es accionada por motores de inducción trifásicos. Estos motores son más económicos, robustos, compactos y eficientes que sus equivalentes monofásicos de la misma potencia (Chapman, 2012). Además, un motor trifásico genera un campo magnético giratorio de forma inherente, lo que le permite

arrancar por sí mismo sin necesidad de devanados auxiliares o condensadores de arranque, simplificando su construcción y aumentando su fiabilidad.

2. **Eficiencia en la Transmisión de Potencia:** Para transmitir una misma cantidad de potencia a una carga, un sistema trifásico requiere conductores de menor sección transversal que un sistema monofásico operando al mismo nivel de tensión. Esto se traduce en un ahorro significativo en el costo del cobre o aluminio del cableado, lo que es un factor económico crucial en instalaciones de gran tamaño (Harper, 2004).
3. **Flexibilidad de Tensiones:** Dependiendo de su configuración, un sistema trifásico puede ofrecer dos niveles de tensión distintos, permitiendo alimentar tanto cargas de alta potencia (motores a 480 V) como cargas monofásicas de menor potencia (iluminación, control y servicios a 277 V o 120 V), todo desde un mismo sistema. (Kuphaldt)

2.2.3 Configuraciones de los Sistemas Trifásicos

Las fuentes (devanados del transformador) y las cargas en un sistema trifásico se pueden interconectar de dos maneras principales: en configuración estrella (también llamada Wye o Y) o en configuración delta (Δ).

2.2.3.1 Configuración Estrella (Wye o Y)

En esta configuración, uno de los terminales de cada una de las tres fases se conecta a un punto común llamado neutro. Los otros tres terminales constituyen las líneas de fase (A, B y C). Una característica clave de la conexión en estrella es que permite obtener dos niveles de tensión:

- **Tensión de Fase (V_{fase}):** La tensión medida entre cualquiera de las líneas de fase y el punto neutro (ej. 277 V).
- **Tensión de Línea ($V_{\text{línea}}$):** La tensión medida entre dos líneas de fase cualesquiera (ej. 480 V).

La relación matemática entre estas tensiones es $V_{\text{línea}} = \sqrt{3} \times V_{\text{fase}}$. Las corrientes de línea y de fase son iguales en esta configuración. La conexión estrella es ideal para sistemas de distribución que necesitan alimentar una mezcla de cargas trifásicas (motores) y monofásicas (iluminación,

tomacorrientes), ya que el neutro proporciona un camino de retorno para la corriente de las cargas monofásicas (Nilsson & Riedel, 2019).

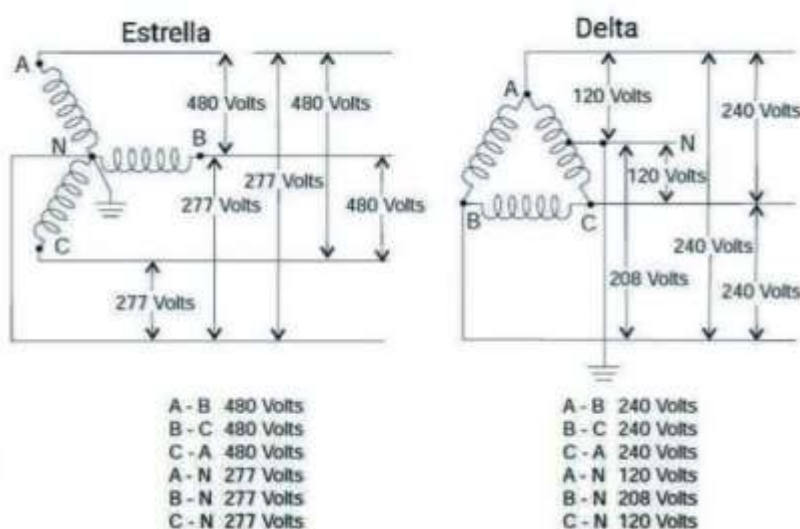
2.2.3.2 Configuración Delta (Δ)

“Se dice que una carga trifásica está balanceada cuando los voltajes de línea son iguales y las corrientes de línea también. Esto corresponde a tres impedancias idénticas conectadas a través de la línea trifásica, una condición que se presenta comúnmente en circuitos trifásicos. Permite obtener 3 niveles de tensión distintos si se coloca un neutro a mitad de uno de los devanados...” (Theodore, 2007)

Esta configuración es muy robusta y se utiliza comúnmente para alimentar cargas puramente trifásicas de alta potencia, como grandes motores o bancos de transformadores, donde no se requiere un neutro, especialmente porque como indica (Chapman, 2012): no tiene un desplazamiento de fase asociado y no tiene problemas con cargas desequilibradas o armónicos.

Figura 1.

Configuración Trifásica Estrella y Delta.



Nota: Tomado de Sector Electricidad (2022).

2.3 Transformadores de Potencia

El transformador de potencia es un equipo estático que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro por medio de inducción electromagnética, generalmente cambiando los niveles de tensión y corriente (Chapman, 2012). En una instalación industrial, es el equipo más crítico, ya que funciona como el **corazón del sistema eléctrico**, sirviendo de enlace entre la red de media tensión de la compañía distribuidora y la red de baja tensión de la planta.

Su función es reducir una alta tensión de distribución (ej. 34.5 kV) a una tensión de utilización segura y funcional para la maquinaria (ej. 480/277 V). La correcta selección de un transformador es vital para la confiabilidad, seguridad y capacidad de expansión de una planta. Sus parámetros más importantes son:

Capacidad (kVA): “Los transformadores se clasifican por potencia aparente en vez de potencia real o reactiva, debido a que la misma cantidad de calentamiento ocurre para una cantidad dada de corriente, independientemente de su fase con respecto al voltaje terminal...” (Chapman, 2012).

Es la potencia aparente nominal que el transformador puede suministrar de forma continua. Debe ser superior a la demanda máxima de la planta, considerando las cargas actuales y las futuras expansiones. Un transformador subdimensionado operará en sobrecarga, lo que reduce su vida útil y provoca disparos de protecciones.

(Theodore, 2007) Nos brinda la siguiente relación de potencias: La relación entre potencia activa P, potencia reactiva Q y potencia aparente S es la misma en circuitos trifásicos balanceados que en circuitos monofásicos. Por consiguiente, tenemos:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

$$S = I \times V \quad (2)$$

$$\cos \theta = P/S \quad (3)$$

Donde:

S = potencia aparente total [VA].

P = potencia activa total [W].

Q = potencia reactiva total [VAR].

I = Intensidad Eléctrica (corriente) [A].

V = Diferencia de Potencial (Voltaje) [V].

$\cos \theta$ = factor de potencia de la carga trifásica.

θ = ángulo de fase entre la corriente de línea y el voltaje de línea a neutro.

Además, también se tienen estas fórmulas aplicadas a los sistemas trifásicos:

$$S = \sqrt{3} \times U \times I \quad (4)$$

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \quad (5)$$

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi \quad (6)$$

S = potencia aparente total trifásica [VA].

P = potencia activa total trifásica [W].

Q = potencia reactiva total trifásica [VAR].

I = Intensidad Eléctrica (corriente) [A].

U = Diferencia de Potencial trifásico (Voltaje) [V].

$\cos \varphi$ = factor de potencia de la carga trifásica.

φ = ángulo de fase entre la corriente de línea y el voltaje de línea a neutro.

Tensiones Nominales: Corresponden a los voltajes de operación en el devanado primario (lado de la red) y secundario (lado de la planta). (Chapman, 2012)

2.4 Códigos y Normativas Nacionales.

2.4.1 *Código eléctrico nacional, NEC (2020)*

El pilar de la seguridad en las instalaciones eléctricas del país es el "Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad". Mediante el Decreto Ejecutivo 38440, Costa Rica oficializa como código nacional la norma NFPA 70, en su versión 2014 en español, ahora rigiendo la versión más actualizada **NFPA 70 versión 2020**. Este código, conocido internacionalmente como NEC (National Electrical Code o en español Código Eléctrico Nacional), es la referencia fundamental para el diseño e inspección, con el fin de proteger a las personas y la propiedad de los peligros derivados del uso de la electricidad. Para un proyecto de rediseño industrial como el de la Procesadora de Helados ZERO, se pueden señalar alguno de artículos del NEC que son de aplicación directa y obligatoria:

- **Artículo 110 - Requisitos para Instalaciones Eléctricas:** Este artículo es la base para una instalación segura y funcional.

110.3 (Examen e Instalación de Equipos): Exige que todo equipo eléctrico sea evaluado, identificado e instalado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Esto es crucial al integrar nuevos transformadores o tableros. (NEC, 2020)

110.9 (Capacidad de Interrupción): Obliga a que los dispositivos de protección (como los interruptores automáticos) tengan una capacidad para interrumpir la corriente de falla sin sufrir daños. En un sistema industrial, donde las corrientes de cortocircuito son elevadas, este requisito es vital para prevenir explosiones de equipos. (NEC, 2020)

110.24 (Corriente de Falla Disponible): Requiere que el equipo de acometida sea marcado de forma legible con la máxima corriente de falla disponible. Este valor es indispensable para seleccionar correctamente las protecciones y asegurar la coordinación. Si se realizan modificaciones que afecten este valor (como cambiar un transformador), el cálculo debe actualizarse. (NEC, 2020)

110.26 (Espacios de Trabajo): Define las distancias mínimas de acceso y trabajo alrededor de los equipos eléctricos para permitir un mantenimiento seguro. (NEC, 2020)

2.4.2 ARESEP y la Calidad de la Energía

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) es la entidad que vela por la calidad del suministro eléctrico en Costa Rica. Su norma técnica AR-NT-SUCAL ("Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión") establece los parámetros que las empresas distribuidoras deben entregar en el punto de acometida y que, a su vez, sirven como referencia para diagnosticar problemas en una red interna.

Los parámetros más relevantes para este proyecto son:

- **Regulación de Tensión:** El Artículo 17 de la norma define los intervalos para redes de media tensión, estableciendo un rango "Normal" (tensión nominal $\pm 5\%$) y uno "Tolerable" (tensión nominal $\pm 10\%$). Complementariamente, el Artículo 10 estipula que, para cualquier nivel de tensión, el 95% de las mediciones promediadas en diez minutos durante una semana deben estar dentro del rango normal. Fluctuaciones fuera de estos rangos pueden dañar motores y equipos electrónicos.

- **Desbalance de Tensión:** El Artículo 11 se enfoca en los sistemas trifásicos y establece que el desbalance entre fases no debe ser mayor al 3%.
- **Distorsión Armónica:** La norma establece límites tanto para la tensión como para la corriente. El Artículo 12 especifica que la Tasa de Distorsión Armónica Total (DTA) de la tensión suministrada no debe sobrepasar el 5%. Adicionalmente, el Artículo 13 fija los límites para la distorsión de corriente que un usuario industrial puede inyectar en la red. Este último punto es de suma importancia en este proyecto debido a la presencia de variadores de frecuencia, conocidos generadores de armónicos.

2.4.3 Normativas de Diseño y Conexión (CFIA y CNFL)

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA): El CFIA, como ente rector de la ingeniería en el país, publica manuales que establecen buenas prácticas de diseño. El "Manual para Redes Eléctricas de Distribución Subterránea" es una referencia importante que dicta requisitos para la construcción de subestaciones, el tipo de cableado de media tensión y las configuraciones de puesta a tierra.

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL): Como empresa distribuidora, la CNFL (o la compañía eléctrica correspondiente, como el Instituto Costarricense de Electricidad, ICE) establece los requisitos técnicos específicos y obligatorios para la conexión de un servicio eléctrico trifásico. Estos se detallan en sus propias normas constructivas y guías, las cuales especifican todo lo referente a la acometida, incluyendo:

- El tipo y calibre de los conductores.
- La ubicación y características del gabinete del medidor.
- Las especificaciones del interruptor principal.
- Los requerimientos para la conexión del transformador a su red.

El cumplimiento de estas normas es un prerrequisito indispensable antes de que la empresa distribuidora energice la instalación.

2.5 Cableado eléctrico.

El cableado eléctrico constituye las "arterias" de una instalación industrial, responsable de transportar la energía desde los tableros de distribución hasta cada motor, panel de control y equipo de consumo. Un dimensionamiento y selección incorrectos del cableado son una de las principales causas de fallas, sobrecalentamiento y riesgos de incendio. Por esta razón, su diseño se rige estrictamente por el NEC para garantizar una operación segura y eficiente.

2.5.1 Cableado

2.5.1.1 Ampacidad y su Cálculo

La ampacidad es la máxima corriente, en amperios, que un conductor puede transportar de forma continua sin exceder su temperatura nominal de aislamiento. El Artículo 310 del NEC contiene las tablas y reglas para determinarla. El proceso es el siguiente:

- **Selección Base:** Se elige un calibre de conductor de las tablas de ampacidad (ej. Tabla 310.16) según la corriente de la carga, el material del conductor (cobre o aluminio) y la temperatura máxima de su aislamiento (ej. 75°C o 90°C).
- **Factores de Ajuste y Corrección:** La ampacidad de las tablas es válida solo para condiciones específicas. El NEC exige aplicar factores de corrección cuando las condiciones reales varían:

Temperatura Ambiente: Si la temperatura del lugar de instalación es superior a 30°C, la capacidad del cable para disipar calor disminuye. Se debe aplicar un factor de corrección (Tabla 310.15(B)(1)) que reduce su ampacidad.

Agrupamiento: Cuando hay más de tres conductores portadores de corriente en una misma canalización (tubo) o bandeja, el calor mutuo que

generan reduce la capacidad de disipación de cada uno. Se debe aplicar un factor de ajuste (Tabla 310.15(C)(1)) que también reduce su ampacidad.

2.5.1.2 *Protección contra Sobrecorriente*

El **Artículo 240 del NEC** establece la regla fundamental de protección: un conductor debe estar protegido contra sobrecorriente por un dispositivo (interruptor o fusible) cuya capacidad nominal sea igual o menor a la ampacidad del conductor. Para cargas continuas (que operan por 3 horas o más), comunes en la industria, el circuito debe dimensionarse para no menos del 125% de la carga. Esto asegura que ni el conductor ni el interruptor operen al 100% de su capacidad, evitando sobrecalentamiento.

2.5.1.3 *Caída de Tensión*

A medida que la corriente fluye a través de un conductor, ocurre una pérdida de voltaje debido a su impedancia. Si esta "caída de tensión" es excesiva, los motores pueden perder potencia, sobrecalentarse o tener problemas para arrancar. El NEC, en una nota informativa al Artículo 210.19(A), recomienda que la caída de tensión no supere el 3% para circuitos ramales y el 5% para la suma de alimentadores y circuitos ramales.

2.5.2 *Elementos del Cableado.*

2.5.2.1 *Material del Conductor*

- **Cobre:** Es el material más utilizado por su excelente conductividad, flexibilidad y resistencia a la corrosión. (WINDER, 2025)
- **Aluminio:** El uso de conductores de aluminio destaca por su rentabilidad, con ahorros de hasta el 50%, y su ligereza, lo que facilita la instalación en proyectos de gran escala. No obstante, su implementación requiere secciones transversales mayores para igualar la capacidad de conducción del cobre y el uso obligatorio de

compuestos antioxidantes en las conexiones para asegurar su durabilidad. (WINDER, 2025).

2.5.2.2 Tipo de Aislamiento

El aislamiento es la cubierta protectora del conductor que previene cortocircuitos. Su tipo determina la temperatura máxima de operación y su resistencia a la humedad, químicos y abrasión. Algunos tipos comunes en la industria son:

- **THHN/THWN:** Aislamiento termoplástico para uso general en canalizaciones secas o húmedas. Tiene una temperatura de operación de 90°C. (NEC, 2020, p. 170) Donde sus siglas en inglés significan:

THHN – Aislamiento termoplástico, resistente a altas temperaturas, recubierto de nailon. (HONREY, 2026)

THWN – Aislamiento termoplástico, resistente al calor y al agua, recubierto de nailon. (HONREY, 2026)

- **EPR (Goma Etilpropilénica):** Es un aislamiento de alto rendimiento utilizado principalmente en cables de media tensión por su excelente rigidez dieléctrica y flexibilidad. (ELAND, 2026)

2.5.2.3 Código de Colores

Los códigos de colores del cableado desempeñan un papel vital en los sistemas eléctricos y sirven como método estandarizado para identificar y diferenciar varios cables y sus funciones. Al asignar colores específicos a diferentes tipos de cables, como conductores de fase, neutro y de tierra, los códigos de colores del cableado facilitan instalaciones y mantenimiento eléctricos seguros y eficientes. (Post, 2024)

2.6 Cargas Eléctricas

La carga eléctrica es el dispositivo que consume energía eléctrica. En otras palabras, es un dispositivo que convierte la energía eléctrica de la corriente en diferentes formas, como calor, luz, trabajo, etc. (Javeri, 2026)

2.6.1 Tipos de Cargas

Cargas Resistivas

Las cargas resistivas incluyen cualquier tipo de elemento calefactor. Los mejores ejemplos son las bombillas incandescentes, las tostadoras, los hornos, los calefactores y las cafeteras. Una carga puramente resistiva consume corriente con un patrón sinusoidal de aumento y disminución, en paralelo con una variación sinusoidal del voltaje; es decir, los puntos máximos, mínimo y cero de los valores de voltaje y corriente coinciden a lo largo del tiempo, y no contiene ningún otro elemento. (Javeri, 2026)

Cargas Inductivas

Las cargas inductivas suministran energía a los motores eléctricos. Algunos ejemplos son las piezas móviles de ventiladores, aspiradoras, lavavajillas, lavadoras, compresores de refrigeradores y aires acondicionados, y otros electrodomésticos y aparatos. A diferencia de las cargas resistivas, las cargas puramente inductivas presentan puntos máximos, mínimos y cero desfasados, ya que la corriente sigue un patrón sinusoidal y alcanza su pico después de la onda sinusoidal de voltaje. (Javeri, 2026)

Cargas Capacitivas

Al igual que una carga inductiva, la carga capacitiva presenta ondas de corriente y de voltaje. La diferencia fundamental entre una carga capacitiva e inductiva radica en que la corriente alcanza su pico antes que el voltaje. Los elementos de carga capacitiva presentan los factores de potencia más altos y se utilizan frecuentemente para alimentar circuitos eléctricos. (Javeri, 2026)

Cargas No Lineales

Las cargas no lineales proceden de equipos como ordenadores, controles electrónicos, variadores de velocidad e iluminación de bajo consumo, como luces LED, así como sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia que consumen corriente en pulsos cortos en lugar de una onda sinusoidal. Estos impulsos hacen que los armónicos de corriente regresen a otras partes del sistema de alimentación y generen formas de onda no sinusoidales. Ello provoca sobrecalentamiento, averías y, en última instancia, fallos en todo el sistema. (FLUKE, 2025)

2.7 Protecciones Eléctricas

Las protecciones eléctricas son dispositivos o sistemas que detectan fallas o condiciones anormales en una red eléctrica y actúan automáticamente para interrumpir el flujo de corriente. Su función principal es evitar accidentes eléctricos, incendios y daños a los equipos (INGENIO ELECTROCIVIL, 2025). Los dispositivos de protección, como los interruptores automáticos y los fusibles, están diseñados para actuar ante dos tipos principales de fallas eléctricas:

1. **Sobrecargas:** Es el funcionamiento de un equipo por encima de su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad nominal que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga (NEC, 2020).
2. **Cortocircuitos:** Se puede decir que un corto circuito es también el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta, debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, ya sea accidental o intencional (IEE 551, 2006). Requiere una interrupción inmediata, función que cumple el **elemento magnético** de un interruptor o la acción ultrarrápida de un fusible para proteger el sistema (NEC, 2020).

2.7.1.1 Coordinación de Protecciones (Selectividad)

El objetivo de la coordinación es asegurar que, ante una falla, opere únicamente el dispositivo de protección más cercano al problema, aislando la menor parte posible del sistema eléctrico.

“La realización de estudios de coordinación no solo cumple con requisitos normativos, sino que también representa una inversión en la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. Estos estudios son esenciales al momento de expandir la capacidad del sistema, incorporar nuevas cargas o actualizar equipos existentes” (Grupo ORS, 2024). En un sistema coordinado, solo se desconectaría el circuito afectado, permitiendo que el resto de la planta continúe operando mientras se soluciona el problema.

La coordinación se logra a través de un estudio de ingeniería en el que se analizan las Curvas Tiempo-Corriente (TCC) de todos los dispositivos de protección instalados en serie. Estas curvas, proporcionadas por los fabricantes, grafican cuánto tiempo tarda un dispositivo en dispararse para un determinado nivel de corriente.

2.8 Variadores de Frecuencia (VFD)

Un variador de frecuencia (VFD), también conocido como convertidor de frecuencia o *drive* de CA, es un dispositivo de electrónica de potencia cuya función principal es controlar la velocidad de un motor de corriente alterna (CA). Lo logra variando la frecuencia de la tensión de alimentación que se le suministra al motor, ya que la velocidad de un motor de CA es directamente proporcional a la frecuencia (Rashid, 2017). Esta capacidad de control de velocidad es fundamental en la industria para optimizar procesos y lograr un ahorro energético significativo.

El funcionamiento interno de un VFD se divide en tres etapas:

1. **Etapá Rectificadora:** Convierte la tensión de entrada de CA en una tensión de corriente continua (CC).
2. **Bus de CC:** Un conjunto de condensadores que filtran y estabilizan la tensión de CC.
3. **Etapá Inversora:** Utiliza transistores de alta velocidad (IGBTs) para "trocear" la tensión de CC y reconstruir una nueva onda de CA con la frecuencia y tensión de salida deseadas.

2.8.1 Uso del VFD para Adaptación de Voltaje

Aunque un VFD no es un transformador, su diseño basado en electrónica de potencia le permite ser configurado para alimentar un motor con una tensión de salida diferente a la de su entrada. Este es precisamente el caso de la Procesadora de Helados ZERO, donde se utilizan para alimentar equipos de 480 V desde una red de 240 V.

Esto se logra mediante un diseño especial en la etapa rectificadora o una etapa adicional de "boost" (elevador) que eleva la tensión del bus de CC a un nivel superior. Por ejemplo, en lugar de rectificar 240 V CA a unos 325 V CC, el VFD puede elevar esa tensión a más de 650 V CC. Posteriormente, la etapa inversora utiliza esa mayor tensión de CC para sintetizar una onda de salida de 480 V CA a la frecuencia requerida (Rashid, 2017).

2.8.2 Efectos de los VFDs en la Red Eléctrica (Armónicos)

El principal efecto adverso de los VFDs en la red eléctrica es la **generación de armónicos**. La etapa rectificadora de un VFD estándar no consume corriente de forma senoidal, sino que lo hace en pulsos cortos y abruptos. Esta corriente distorsionada se propaga por todo el sistema eléctrico de la planta, afectando a otros equipos (Glover, Overbye, & Sarma, 2011).

2.9 Presupuesto

2.9.1 ¿Qué es un presupuesto?

El presupuesto de un proyecto es un plan en el que se detalla cuánto gastarás, para qué y para cuándo. Si creas un plan presupuestario con anticipación y lo usas para controlar el gasto a lo largo de tu proyecto, puedes reducir el riesgo de que te quedes sin recursos o te excedas en el presupuesto planificado, algo muy frecuente en muchas empresas. (MacNeil, 2025).

2.9.2 Pasos para formar un presupuesto.

Para la elaboración de un presupuesto, existen procesos sistemáticos como el propuesto por (MacNeil, 2025) en la guía de gestión de proyectos de Asana, quien describe los siguientes pasos lógicos para crear una estimación precisa:

Establecer los Objetivos del Proyecto.

El punto de partida es definir metas claras y medibles que sirvan como guía para el proyecto. El uso de metodologías como SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Realista y con Plazo) es fundamental para establecer un punto de referencia que permita medir el éxito al finalizar el trabajo.

Definir el Alcance del Proyecto.

Con los objetivos claros, se procede a delimitar el alcance del trabajo. Este paso establece los límites, especificando qué entregables se producirán y cuáles no, considerando las restricciones de recursos (personal, presupuesto) y de tiempo (cronograma), lo cual es clave para prevenir gastos excesivos.

Desglosar los Entregables en Tareas.

Se deben dividir los entregables principales en tareas más pequeñas y detalladas. Este desglose, que puede visualizarse en una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), es crucial para identificar costos ocultos que podrían omitirse si se estima el entregable como un todo.

Enumerar los Recursos Necesarios.

Para cada tarea desglosada, se debe crear una lista específica de todos los recursos requeridos. Es importante considerar no solo los costos directos como personal y equipamiento, sino también costos indirectos como capacitaciones, espacios de trabajo, servicios profesionales externos o gastos de viaje.

Estimar los Costos de cada Recurso.

En esta fase se asigna un valor monetario a cada recurso. Se pueden emplear diversas técnicas de estimación, como el método ascendente (sumar el costo de cada tarea individual), la comparación con datos históricos de proyectos similares, o el análisis de diferentes escenarios (optimista, pesimista y más probable) para proyectos con alta incertidumbre.

Crear una Reserva para Contingencias.

Dado que todo presupuesto es una estimación, se debe reservar un fondo para imprevistos. Se recomienda destinar entre un 5% y 10% del presupuesto total como un margen para gestionar situaciones inesperadas o aprovechar oportunidades no planificadas, sin descarrilar el proyecto.

Crear el Documento del Presupuesto.

Con toda la información recopilada, se elabora el documento formal. Este debe incluir una lista detallada de costos por entregable.

3 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles caminos para abordar un problema de investigación, siendo todos válidos y aplicables de acuerdo con la naturaleza del objeto de estudio. De acuerdo con (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014), estos enfoques representan las mejores herramientas que ha desarrollado la humanidad para generar conocimiento, siendo seleccionados según las características del fenómeno que se desea analizar.

Considerando la problemática planteada en esta investigación, que aborda las fallas recurrentes en el sistema eléctrico de potencia de la Procesadora de Helados ZERO, y en línea con los objetivos específicos definidos, se ha seleccionado el enfoque cuantitativo. Esta decisión se fundamenta en que el desarrollo del proyecto exige la recolección y el análisis secuencial de datos numéricos —tales como cargas eléctricas, niveles de tensión, distorsión armónica, conformidad normativa y costos de implementación—. Dicho enfoque se ajusta intrínsecamente a la naturaleza del problema técnico, ya que se requiere la aplicación de herramientas objetivas y medibles para diagnosticar el estado actual del sistema, validar las causas de las fallas, diseñar una propuesta de mejora y presupuestar su ejecución.

Tabla 1.

Matriz de conceptualización: Investigación con enfoque cuantitativo.

Objetivo	Variable	Indicador	Definición conceptual	Definición operacional	Definición instrumental
Determinar el estado operativo actual del sistema eléctrico de potencia.	Estado operativo del sistema de potencia.	Utilización Transformador. (%)	Valoración de la integridad física y funcional de los componentes eléctricos.	$\frac{\text{Carga Real Demandada}}{\text{Capacidad Banco Transformadores}} \times 100$	Multímetro / Amperímetro de Gancho EXTECH EX655 y EXTECH MA 445.
	Estado Físico del Sistema	Cargas por tablero (VA)	Levantamiento de Cargas reales por tablero	$\frac{(V \times If \times \sqrt{3})}{FP \times F. uso}$	

<p>Evaluar el cumplimiento de la instalación eléctrica actual con la normativa vigente. (NFPA 70 / NEC 2020)</p>	<p>Conformidad de la instalación con el Código Eléctrico Nacional.</p>	<p>Porcentaje de cumplimiento normativo (%)</p>	<p>Grado en que la instalación se adhiere a los requisitos de seguridad y diseño estipulados en la NFPA 70 / NEC.</p>	$\frac{\text{Artículos del NEC cumplidos}}{\text{Total de artículos aplicables}} \times 100$	<p>Código Eléctrico de Costa Rica (NFPA 70), informes y lista de verificación normativa.</p>
<p>Validar la existencia de eventos que afecten la producción</p>	<p>Comparación Corriente Real(A) con ampacidad de Elementos (Conductores, Protecciones y Tableros)</p>	<p>Corriente Medida (A)</p>	<p>Verificación técnica y operativa para confirmar si las no conformidades y disparos en protecciones son causados por el dimensionamiento actual.</p>	<p>Corriente real > Capacidad de Elementos. (En relación con las respuestas en la entrevista)</p>	<p>Lista de Mediciones en sitio. Tablas de ampacidades NEC y entrevista a técnico encargado.</p>
<p>Diseñar una propuesta técnica de mejora para el sistema eléctrico de potencia</p>	<p>Especificaciones técnicas de la solución de ingeniería.</p>	<p>Suficiencia técnica y cumplimiento normativo. (kVA)</p>	<p>Capacidad del diseño propuesto para satisfacer la demanda eléctrica proyectada y corregir deficiencias detectadas.</p>	$\text{Capacidad de Diseño} = \text{Carga demandada} + \text{Prevista de Crecimiento.}$	<p>NEC 2020, Software de coordinación de protecciones, software de diseño (AutoCAD) y catálogos técnicos de fabricantes.</p>

<p>Detallar un presupuesto de implementación para la propuesta de mejora</p>	<p>Costos económicos del proyecto.</p>	<p>Costos en colones (₡)</p>	<p>Estimación financiera total de la inversión necesaria para ejecutar la propuesta de mejora técnica.</p>	$\sum \text{Costos Equipos}$ <p>+ <i>Materiales</i> + <i>Mano de obra</i> + <i>impresvistos</i></p>	<p>Cotizaciones de proveedores y hojas de cálculo (Excel).</p>
--	--	------------------------------	--	---	--

Nota: Elaboración Propia.

4 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

El presente capítulo expone los resultados obtenidos tras la ejecución de la fase de levantamiento técnico y diagnóstico del sistema eléctrico de potencia. El análisis de la información se desarrolla de manera sistemática, siguiendo el orden de los objetivos específicos planteados

4.1 Evaluación estado actual del sistema de potencia.

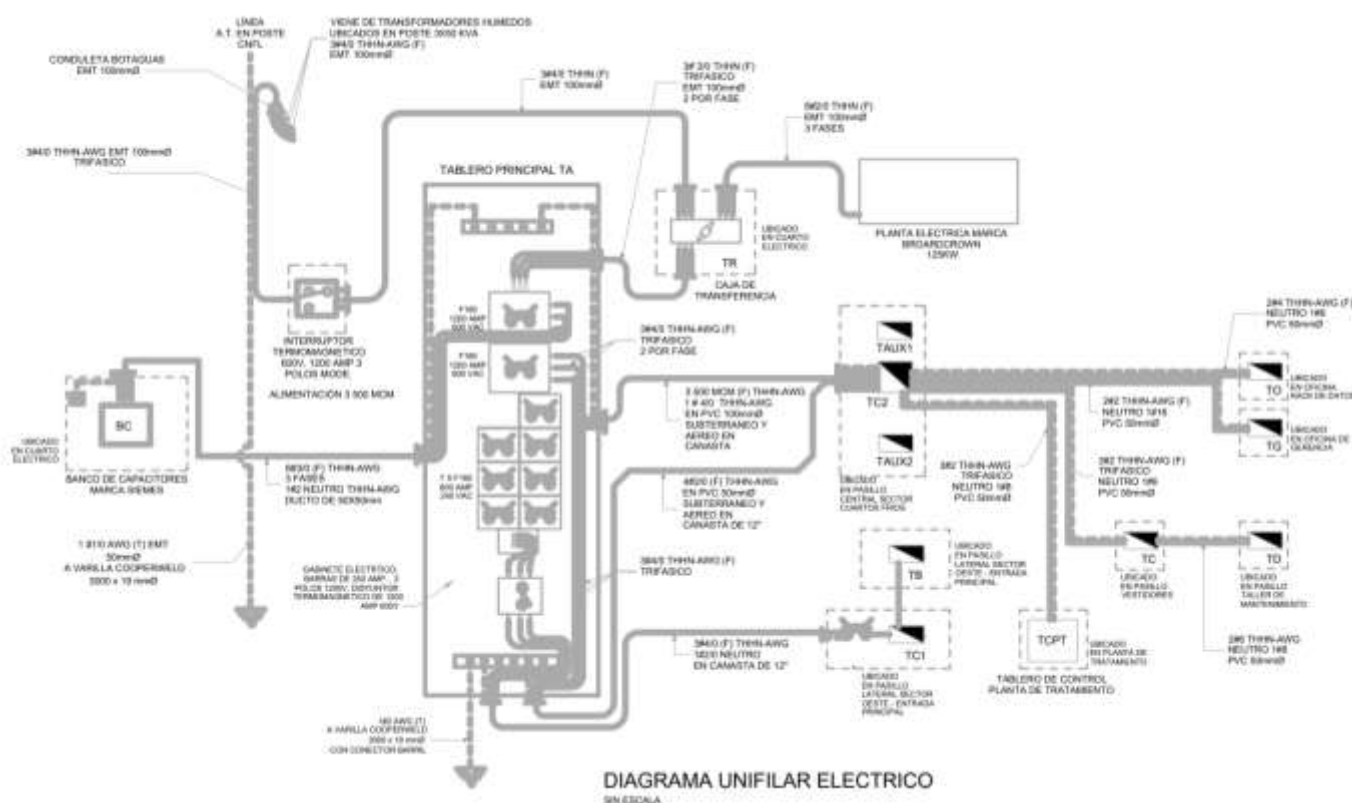
4.1.1 Análisis de datos proporcionados por la empresa.

La empresa productora de helados “Zero” facilitó los tableros (ver Anexo 3) y diagrama unifilar de la planta (ver Figura 2), con los cuales se analizarán puntos de mejora e incumplimientos del NEC 2020, en caso de que existan. Comenzando desde los tableros más alejados hasta el Tablero Principal y los transformadores. Verificando que los cables y sus protecciones estén debidamente escogidos de acuerdo con el código eléctrico nacional.

4.1.1.1 Diagrama Unifilar Proporcionado

Figura 2.

Diagrama Unifilar Suministrado.



Nota: Suministrado por la procesadora de Helados “ZERO”.

Según el diagrama unifilar que brindó la empresa, la planta se alimenta mediante un banco de tres transformadores de 50 kVA cada uno, instalados en poste. Esto suma una capacidad total de 150 kVA para toda la operación.

El sistema también cuenta con una transferencia automática conectada a un generador de 125 kW para respaldar la carga. Del tablero principal TA salen los alimentadores de los tableros T AUX 2, TC1 y TC2, que funcionan como los nodos principales de las mayores cargas en la planta, también se muestra un cableado adicional en dirección del TC2 el cual alimenta al T AUX 2.

4.1.1.2 Tableros Proporcionados.

Existen cuatro tableros esenciales para el análisis de cargas, Tablero Principal (TA) y los tableros: T AUX 2, TC1 y TC2; sin embargo, se verificarán los tableros de cargas pequeñas para evaluar el cumplimiento normativo con el propósito de descartar o identificar puntos de falla del sistema.

Los cálculos de calibres de conductores se realizarán tomando en cuenta los valores de 75 grados de la **Tabla 310.16** del NEC 2020.

Tableros de Cargas Pequeñas.

Tablero TO (Oficinas)

El tablero TO se encarga de receptáculos, luminarias, y una unidad de aire acondicionado. La suma de cargas resulta en la carga instalada de 16610 VA con una prevista adicional de 3500 VA para sumar los 20,11 kVA totales. La empresa reporta un factor de uso en este tablero de 0,61 por lo que quedaría con una carga demandada de 12,27 kVA.

Para este tablero se verificó mediante cálculos, el calibre de los conductores, los dispositivos de protección contra sobre corrientes (OCPD) y la canalización correspondida; y se comparó con lo reportado actualmente.

Tabla 1.

Tablero TO: Calibre, OCPD y Canalización

Descripción	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	Corriente Maxima	Calculado			ACTUAL			#HILOS
					Calibre (AWG)	OCPD	Ø Canalización (mm)	Calibre (AWG)	OCPD	Ø Canalización (mm)	
LUMINARIAS	12,1	120	1450	15,1	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS	9,2	120	1100	11,5	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	6,7	120	800	8,3	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	10,5	120	1260	13,1	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS CONTABILIDAD	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
AC	12,5	240	3000	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3

Hallazgos:

El tablero TO cumple con la normativa en el dimensionamiento de sus conductores y protecciones, incluso contemplando cargas continuas con su factor de ajuste de 1,25 Artículo 210.19(A)(1) donde cada circuito cuenta con el calibre y OCPD adecuados, la canalización cumple con el Artículo 352.20 (A) el cual dice que “No se debe utilizar Conduit de PVC con designador métrico menor que 16 (tamaño comercial 1/2”)” debido a que el utilizar el designador 13 es la forma en la que se denomina la canalización de PVC de ½ comercialmente en Costa Rica, se debe al diámetro interior nominal.

El alimentador de este tablero cuenta con calibre 1/0 AWG y su interruptor reportado de 125 A dentro del tablero proporcionado, el cual es distinto al documentado en el diagrama unifilar de 2 x 4 AWG por fase y neutro de 6 AWG, y no especifica la protección; por lo tanto, a la hora de realizar el levantamiento físico se corregirán dichos valores y se reevaluará su cumplimiento normativo.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

36 Elementos Evaluados

33 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{33}{36} \times 100 = 91,67\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TO corresponde al 91,67%.

Tablero TG (Gerencia)

El tablero de gerencia cuenta solo con cuatro circuitos 2 de luminarias y 2 de receptáculos para una carga instalada de 4850 VA, también se registró una prevista de 3500 VA, por lo que el total contemplado es de 8.35 kVA. La empresa reporta un factor de uso de estos circuitos del 0,61 obteniendo así la carga demandada de 5,09 kVA. En el registro suministrado del tablero TG muestra la alimentación del tablero con 3 conductores calibre 2 AWG y un conductor 4 AWG para lo tierra.

Tabla 2.*Tablero TG: Calibre, OCPD y Canalización*

Descripción	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	Corriente FA (A)	Calculado			ACTUAL			#HILOS
					Calibre (AWG)	OCPD	∅ Canalización (mm)	Calibre (AWG)	∅ Canalización (mm)	OCPD	
LUMINARIAS	12,08	120	1450	15,1	12	20	16	12	13	20	3
LUMINARIAS	9,17	120	1100	11,5	12	20	16	12	13	20	3
RECEPTÁCULOS	6,67	120	800	8,3	12	20	16	12	13	20	3
RECEPTÁCULOS	12,50	120	1500	15,6	12	20	16	12	13	20	3

Hallazgos:

El tablero TG cumple con el dimensionamiento de sus elementos, ya que al comparar sus elementos con los calculados son iguales. la canalización cumple con el Artículo 352.20 (A), el cual prohíbe el uso de Conduit de PVC con designador métrico menor a 16 (1/2" comercial). Cabe destacar que en el mercado nacional se suele confundir el designador 13 con la tubería de 1/2" debido al diámetro interno nominal; sin embargo, para efectos de cumplimiento normativo y de esta tesis, se valida el uso de 16 mm como el estándar mínimo aceptable.

Se detectó un error en el diagrama unifilar que indica un neutro calibre 6 AWG, lo cual incumpliría la ampacidad requerida para este alimentador. No obstante, el registro de tablero muestra un calibre 2 AWG para dicho conductor. Esta contradicción documental deberá ser verificada y rectificada mediante el levantamiento físico para los registros finales.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

15 Elementos Evaluados.

13 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{13}{15} \times 100 = 86.67\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TG corresponde al 86.67%.

Tablero T AUX 1

El tablero T AUX 1 se encarga también de Luminarias y Receptáculos, con una carga instalada, contando la prevista, de 15,61 kVA con un factor de uso reportado de 0,61 resultando en la carga demandada de este tablero de 9,52 kVA, El alimentador cuenta con 4 x 4 AWG para las fases y neutro con 8 AWG para la tierra con canalización de 50 mm e indica un el dispositivo de protección contra sobre corriente de 125 A.

Tabla 3.*Tablero T AUX 1: Calibre, OCPD y Canalización*

Descripción	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	Corriente FA	Calculado			ACTUAL			#HILOS
					Calibre (AWG)	OCPD	Ø Canalización (mm)	Calibre (AWG)	OCPD	Ø Canalización (mm)	
RECEPTÁCULOS	12,08	120	1450	15,1	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	9,17	120	1100	11,5	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	6,67	120	800	8,3	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS	12,50	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	12,5	12	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS CALDERA	12,5	12	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS	12,5	21	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS	12,5	21	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
RECEPTÁCULOS	10,5	21	1260	13,1	12	20	16	12	20	13	3

Hallazgos:

El dimensionamiento de los elementos de los circuitos en cuanto a calibres y protecciones es correcto.

Se identifica una condición de riesgo crítico, donde el conductor alimentador de calibre #4 AWG está subprotegido por un OCPD de 125 A. Esto contraviene el principio básico de protección de conductores del NEC, donde la capacidad del dispositivo de protección no debe exceder la ampacidad del conductor tras aplicar factores de corrección.

La canalización nuevamente muestra una designación de 13 mm, lo que es incorrecto ya que realmente hace referencia al tubo de 1/2”.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

30 Elementos Evaluados.

18 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{18}{30} \times 100 = 60\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero T AUX 1 corresponde al 60%.

Tablero TD.

El Tablero TD alimenta 11 circuitos y contempla una prevista adicional de 5000 VA, obteniendo una carga total de 23,96 kVA. Con un factor de uso de 0,61 se obtiene la carga demandada de 14,62 kVA. El registro del tablero indica un alimentador con calibre 2 AWG para las fases y el neutro, y

calibre 4 AWG para la tierra, cuando en el diagrama unifilar se registran 2 #6 AWG para las fases y un neutro de calibre 8 AWG con su canalización de 50mm. Este Tablero se deriva del tablero TC.

Tabla 4.

Tablero TD: Calibre, OCPD y Canalización.

Descripción	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	Corriente FA	Calculado			ACTUAL			#HILOS
					Calibre (AWG)	OCPD	∅ Canalización (mm)	Calibre (AWG)	OCPD	∅ Canalización (mm)	
TOMACORRIENTES	16,7	120	2000	20,8	10	30	16	10	20	13	3
TOMAS TALLER	16,7	120	2000	20,8	10	30	16	10	20	13	4
PREVISTA	6,7	120	800	8,3	12	30	16	12	20	13	3
TOMACORRIENTES	10,5	120	1260	13,1	12	20	16	12	20	13	3
LUMINARIAS	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
TOMACORRIENTES PASILLO	12,5	120	1500	15,6	12	20	16	12	20	13	3
BOMBAS DOSIFICADORAS	12,5	240	3000	15,6	12	20	16	8	20	38	4
TOMACORRIENTES	10,8	120	1300	13,5	12	20	16	12	20	13	3
PRUEBAS	10,8	120	1300	13,5	12	20	16	12	20	13	3
TOMACORRIENTES	10,8	120	1300	13,5	12	20	16	12	20	13	3
PREVISTA	14,4	208	3000	18,0	12	20	16	12	20	13	3

Hallazgos:

El calibre del alimentador difiere en el registro del tablero y en el diagrama unifilar, el calibre más preciso; según la corriente demandada en este tablero; es el registrado en el diagrama unifilar (2 #6 AWG). Se debe rectificar el dato en el levantamiento.

También, se detectó un calibre 8 AWG en el circuito de la bomba dosificadora protegido con un OCPD de 20 A, lo cual cumple la normativa vigente, ya que en este caso se presenta un sobredimensionamiento del cableado.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

36 Elementos Evaluados.

33 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{33}{36} \times 100 = 91,67\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TD corresponde al 91,67%.

Tablero TC.

El tablero TC cuenta con 23 circuitos, 18 de estos circuitos carecen de información de que es lo que hay instalado, pero cuenta con la información de cargas, calibres y protecciones, por lo que se realizó el análisis con base en esta información proporcionada. Este tablero alimenta al tablero TD anteriormente analizado, la carga de este tablero esta incorrectamente registrada y por lo tanto la carga total del tablero TC es incorrecta.

Tabla 5.*Tablero TC: Calibre, OCPD y Canalización*

DESCRIPCIÓN	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	CORRIENTE FA	CALCULADO			ACTUAL		
					CALIBRE THHN (A)	OCPD	Canalización (mm)	CALIBRE	OCPD	Canalización (mm)
LIBRE	12,1	120	1450	15,10	12	20	16	12	20	13
LIBRE	9,2	120	1100	11,46	12	20	16	12	20	13
LIBRE	6,7	120	800	8,33	12	20	16	12	20	13
LIBRE	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
LIBRE	10,5	120	1260	13,13	12	20	16	12	20	13
LIBRE	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
TOMACORRIENTES EXTERIORES	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
TOMACORRIENTES MAQUINA	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
LUMINARIAS EXTERIORES	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
LIBRE	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	10,5	120	1260	13,13	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	10,8	120	1300	13,54	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	10,8	120	1300	13,54	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	12,5	120	1500	15,63	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	10,8	120	1300	13,54	12	20	16	12	20	13
PREVISTA	7,2	208	1500	9,01	14	15	16	12	20	13
TABLERO TD	70,3	208	14616	87,84	2	90	35	2	30	38
NO DICE	7,2	208	1500	9,01	14	15	16	ND	ND	ND
NO DICE	7,2	208	1500	9,01	14	15	16	ND	ND	ND
NO DICE	7,2	208	1500	9,01	14	15	16	ND	ND	ND
NO DICE	12,1	240	2900	15,10	12	20	16	ND	ND	ND

Hallazgos:

El total instalado registrado es de 45 000 VA, pero al recalculer con las cargas individuales de cada circuito se presenta una carga total instalada de 64 586 VA; aunque, al aplicar el factor de uso de 0,61 la carga demandada calculada da como resultado 39,4 kVA, lo que queda muy próximo a la carga neta registrada de 36 kVA.

En el circuito que alimenta al Tablero TD es donde se presenta la mayor anomalía, ya que se tenía registrada una carga de 3 kVA, cuando en realidad la carga instalada y demandada es de: 23,96 kVA y 14,62 kVA respectivamente; sin embargo, la carga total neta registrada queda similar, lo que

se debe a un registro erróneo de cargas. Se deberá actualizar el registro con los valores correctos al realizar el levantamiento. Otro problema detectado en este circuito es el dimensionamiento de la protección, al tener una corriente demandada en TD de 76 A por el factor de ajuste por cargas continuas de 1.25, este circuito debe ser protegido mínimo OCPD de 80 A para garantizar su buen funcionamiento, ya que actualmente se tiene registrado una protección de 30 A. Este circuito cuenta con 2 cables de calibre 6 AWG por fase, lo que permite una ampacidad a 60 grados de 110 A, por lo que en este caso el sobredimensionamiento de este cable permite que la corrección se limite a cambiar la protección por una de 80 A como se mencionó anteriormente y su canalización esta correctamente seleccionada.

El alimentador de este circuito está conformado por un juego de 3 #2 AWG por fase permitiendo una ampacidad de 285 A; aunque, pueden considerar el eliminar uno de estos cables por fase, ya que es suficiente con 2 #2 AWG para una ampacidad de 190 A, debido a que la corriente demandada en este tablero, después de aplicar el Factor de Ajuste por cargas continuas es de 119 A. Esto implica un incumplimiento técnico del Artículo 310.10 (G)(1) el cual indica que para utilizar cables en paralelo debe ser a partir de calibre 1/0 AWG o mayores, no se permite el uso de conductores en paralelo en calibres menores, por lo tanto, se recomienda el cambio 1 #1/0 AWG por fase, de ser posible emplear el mismo cable para neutro y pueden utilizar el calibre 6 AWG para la puesta a tierra de equipos. Cuenta con una canalización de 53 mm que sí cumple con la normativa en cuestión de espacio:

$$\text{Área de Cable \#1/0 AWG} = 119,7 \text{ mm}^2.$$

$$5 \text{ cables} = 119,7 \times 5 = 598,5 \text{ mm}^2.$$

Tubería de 53 mm (2"): Tiene un área total de 2168 mm² el 40% es 867 mm².

598,5 < 867 ∴ Sí cumple la normativa aún con el cambio de calibre a 1/0 AWG.

Por último, este tablero cuenta con una protección de 125 A la cual es adecuada ya que la corriente con el factor de ajuste es de 119 A y el cable también quedaría protegido con este interruptor.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

69 Elementos Evaluados.

67 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{67}{69} \times 100 = 97,1\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero T AUX 2 corresponde al 97,1%.

Tableros Secundarios.

Tablero TC AUX 2.

El tablero TC AUX 2 (auxiliar 2), aunque no aparece tan claro en el diagrama unifilar, es el encargado de alimentar a los siguientes tableros:

TABLERO T Gerencia

TABLERO TO

TABLERO TC

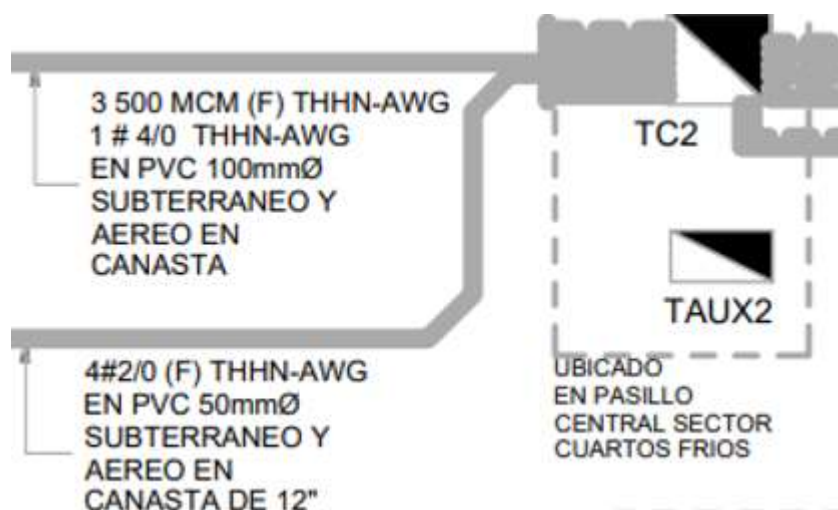
TABLERO T AUX 1F

Debido a que estos tableros operan a 240/120, el alimentador de este tablero viene directamente del tablero principal, como muestra el diagrama unifilar, no puede ser alimentado desde el TC2 ya que este tablero es alimentado a 480/277 por un transformador interno en la planta procesadora ZERO para aumentar el voltaje.

La carga total instalada en el T AUX 2 es de 83,47 kVA con un factor de uso reportado de todos sus tableros de 0,61, para una carga demandada de 50,92 kVA. Lo que significa una corriente demandada de 122,5 A a la que se le debe aplicar el factor de ajuste de cargas continuas de 1,25 para una corriente de diseño de 153,1 A. Por cálculo, este tablero debe ser protegido con un OCPD de 175 A; sin embargo, no se cuenta con el registro de este tablero ni se muestra su conexión correcta en el diagrama unifilar.

Figura 3.

Sección Diagrama unifilar TC2 y TC AUX2.



Nota: En este segmento se puede ver con mayor claridad la conexión que la empresa registró de los tableros TC2 y TAUX2 con sus respectivos conductores de alimentación, según el diagrama unifilar.

Como se aprecia en la figura 3, hay dos juegos de cables que llegan a este juego de tableros, uno con 3 #500 MCM o kcmil, 1 por fase, para una Ampacidad a 60 grados de 320 A y el otro con 4 #2/0 AWG. Uno por cada fase y el neutro para una ampacidad a 60 grados de 145 A. Al ver la corriente demandada total de este juego de tableros de 153 A no se justifica ninguno de los 2 juegos de cables, por lo que se analizará el alimentador al realizar el levantamiento físico del alimentador de este tablero, ya que debe verificarse si estos son los calibres reales utilizados y la forma en la que están alimentados, ya que uno esta sobredimensionado y el otro subdimensionado. Por lo que de momento no se tomará en cuenta para el cálculo de cumplimiento técnico de este tablero, y se evaluará en el tablero principal.

Tabla 6.*Tablero TC AUX 2: Calibre, OCPD y Canalización*

DESCRIPCIÓN	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (W)	Corriente FA (A)	CALCULADO			ACTUAL		
					CALIBRE THHN	OCPD	Canalización (mm)	CALIBRE THHN Por Fase	OCPD	Canalización (mm)
TABLERO T Gerencia	20,087	240	8350,00	25,11	8	40	21	2 AWG	125	50
TABLERO TO	48,377	240	20110,00	60,47	4	70	27	4 AWG	125	50
TABLERO TC	94,775	240	39397,22	118,47	1/0 AWG	125	35	2 #2 AWG	125	50
TABLERO T AUX 1F	37,552	240	15610,00	46,94	6	50	35	2 AWG	125	50

Hallazgos:

Los calibres de alimentador de T Gerencia están sobredimensionados y su protección es muy grande al ser de 125 A cuando realmente solo necesitaría un OCPD de 30 A o 40 A para proteger este tablero. Esto permite la ilusión de carga sobrante, lo que no es un correcto diseño; por otro lado, el cable registrado en este alimentador con cables calibre 2 AWG para sus fases no debe ser protegido por una protección de 125 A, ya que la ampacidad del calibre 2 AWG es de 95 A a 60 grados, por lo que el OCPD actual no protegerá el cableado frente a una falla, o en caso de que aumenten la demanda. Esta condición infringe el **Art. 240.4** del NEC 2020, ya que los dispositivos de sobrecorriente no están coordinados con la capacidad térmica de los conductores, creando un escenario propenso a incendios eléctricos,

El calibre del alimentador de TO es de 4 AWG, este calibre es el correcto para este tablero, pero no está debidamente protegido con un OCPD de 125 A, esto presenta una amenaza real a la seguridad de la instalación ya que no se accionará la protección por temperatura y el cable puede salir fuertemente afectado en caso de una falla o aumento de demanda. Esta condición infringe el **Art. 240.4** del NEC 2020.

El calibre del alimentador de TC actualmente usa un juego por fase de 2 #2 AWG para una ampacidad de 190 A, cumple con la ampacidad requerida y como se abarcó en el apartado específico del tablero TC anteriormente, incumple la normativa al ser cables en paralelo menores

al calibre 1/0 AWG. Por lo que es importante cambiar este alimentador a cable 1/0 AWG para cumplir con lo que exige la normativa actual.

El tablero TAUX1 presenta el mismo riesgo de un calibre de cable desprotegido por una protección sobredimensionada de la misma forma que el tablero “T Gerencia” y “TO”. Esta condición infringe el **Art. 240.4** del NEC 2020.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

12 Elementos Evaluados.

1 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{1}{12} \times 100 = 8.33\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TC AUX 2 corresponde al 8.33%.

Estado: Riesgo Crítico.

Tablero TC2 Trifásico.

Este tablero alimenta todas las cargas trifásicas 480, aunque el sistema de transformación principal cuenta con una configuración Estrella-Delta y por lo tanto 240/120 trifásico, este tablero es alimentado con un transformador que eleva este voltaje a 480/277.

Para el cálculo de cargas de este tablero, al tener la información de los caballos de fuerza de cada motor (HP), se utilizó la **Tabla 430.250** del **NEC 2020** para obtener las cargas con base en el código.

Tabla 7.*Tablero TC2 Trifásico: Cálculo de Cargas*

ALIMENTADO CON TRANSFORMADOR INTERNO						
CARGAS y AMPERAJES POR TABLA 430.250						
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Corriente (A)	Corriente TOTAL p Carga (VA)/U		Carga Total (VA)	
EMPALMADOR 1 (5HP)	1		7,6	7,6	6318,52	6318,52
EMPALMADOR 2 (5HP)	1		7,6	7,6	6318,52	6318,52
EMPALMADOR 3 (5HP)	1		7,6	7,6	6318,52	6318,52
PORTAROLLOS 1 (6HP)	3		8,96	26,88	7449,20	22347,61
PORTAROLLOS 2 (6HP)	3		8,96	26,88	7449,20	22347,61
PORTAROLLOS 3 (6HP)	3		8,96	26,88	7449,20	22347,61
PC-5 Mini Power	1		18,042	18,04	15000	15000,00
Corriente Inst. / Fase			121,4821959			
			KVA total		101,00	
			Factor de Uso		0,55	
Corriente demandada por fase (A)			66,82 KVA demandada		55,54912058	
x FA Cargas Continuas 1,25			83,52 Prevista		30%	

Una vez calculadas las cargas, se calcularon los conductores y las protecciones para verificar contra los registros existentes. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8.*Tablero TC2 Trifásico: Calibre, OCPD y Canalización*

DESCRIPCIÓN	Corriente (A)	Voltaje (V)	Carga (VA)	125%	250% Para OCPD	TABLA 310.16	ACTUAL		Canalización (mm)	
				Corriente Conductores	Corriente de Diseño (FA arranque de motor)	CALIBRE THHN (A)	OCPD	CALIBRE		OCPD
EMPALMADOR 1 (5HP)	7,6	480	6318,5	9,50	19	14	20	14	20	16
EMPALMADOR 2 (5HP)	7,6	480	6318,5	9,50	19	14	20	14	15	16
EMPALMADOR 3 (5HP)	7,6	480	6318,5	9,50	19	14	20	14	20	16
PORTAROLLOS 1 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 2 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 3 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 1 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 2 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 3 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 1 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	20	16
PORTAROLLOS 2 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	15	16
PORTAROLLOS 3 (6HP)	8,96	480	7449,2	11,20	22,4	14	30	14	15	16
PC-5 Mini Power	18,042	480	15000,0	22,55	N/A	8	40	8	60	32

Hallazgos:

El NEC 2020 en la **tabla 430.52** Permite, aunque no exige, el sobre dimensionamiento de protecciones, hasta un 250% de la corriente nominal en plena carga, lo que es importante tener en cuenta para el análisis ya que se conforma en su mayoría por motores.

Al evaluar el tablero TC2, los circuitos con calibre 14 AWG cumplen con la ampacidad de la corriente nominal x factor de ajuste de corrientes continuas (125%). Sus protecciones (OCPD) aunque no van de acuerdo con el **Artículo 240.4 (D)(4)** que especifica que la protección máxima

para calibre 14 AWG es el OCPD de 15 A, aquí es más importante la excepción de la **tabla 430.52** por lo que, aunque se utilicen dispositivos de protección de 20 A en varios circuitos, estos no incumplen el código eléctrico.

El circuito del PC-5 Mini Power si incumple con la normativa al proteger un cable 8 con un OCPD de 60 A, cuando el cable 8 debe ser protegido máximo con un OCPD de 40 A, y en este caso no se trata de un motor que posea esta excepción, por lo que este cable presenta un alto riesgo al no estar debidamente protegido según el Código Eléctrico Nacional 2020.

El alimentador de este tablero TC2, no está debidamente registrado, ya que el diagrama unifilar y el registro de tablero no coinciden, por lo que se tomará como incumplimiento hasta realizar la actualización a la hora del levantamiento.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

42 Elementos Evaluados.

38 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{38}{42} \times 100 = 90.48\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TC2 corresponde al 90.48%.

Tablero TC1.

El tablero TC1 maneja cargas monofásicas con voltajes de 120/208 (según lo registrado), siendo el principal motivo del uso de este voltaje en la planta. Este tablero se encarga de cargas de equipos de enfriamiento y alimenta el tablero B. El tablero cuenta con muchas previstas instaladas registradas, pero no indica si estas previstas ya fueron ocupadas o no, por lo que se analizará lo que se encuentra instalado y se tomará como referencia la carga reportada.

El tablero cuenta con una carga instalada de 43,42 kVA y reportan un factor de uso del 85%, por lo que la carga demandada es de 36,91 kVA según lo registrado.

El circuito denominado PLANTA presenta un cable sobre dimensionado, lo que no incumple ninguna normativa y cumple en todos sus aspectos.

El alimentador en el registro de Tablero TC1 y en el unifilar no coinciden, por lo que de momento se tomará como incumplimiento hasta realizar el levantamiento en sitio.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

54 Elementos Evaluados.

37 Elementos en cumplimiento.

$$\frac{37}{54} \times 100 = 68.52\%$$

El cumplimiento Técnico del Tablero TC1 corresponde al 68.52%.

Tableros Principal (TA).

El tablero Principal TA es el encargado de alimentar a los nodos principales mencionados al comienzo del análisis, los tableros: TC1, TC2 y T AUX 2. Este tablero cuenta con un voltaje 120/240 trifásico, disponiendo también de un neutro para alimentar las cargas del tablero TAUX2 (120/240) y el TC1 (120/208), para alimentar al TC2 el circuito alimenta un transformador seco interno para elevar el voltaje a 480/277.

En la tabla 10. Se recopilieron los datos del tablero TA proporcionados, además, se incluyó el TC AUX 2 con su carga correspondiente, pero no se asumirán protecciones para este circuito ni cableado.

Una vez finalizada la etapa de revisión documental y el análisis de cumplimiento teórico basado en los registros existentes, se procedió a la fase de **Relevamiento Físico y Auditoría de Campo**. El objetivo de esta etapa fue validar la integridad de la infraestructura eléctrica de ZERO frente a la realidad operativa de la planta, dado que las inconsistencias detectadas en la fase previa sugerían una brecha significativa entre la teoría de diseño y la ejecución técnica. Para este análisis, se priorizó la inspección de los **alimentadores principales y nodos de distribución de potencia**

(TA, TC1, TC2 y TC AUX 2), utilizando mediciones de corriente en tiempo real bajo condiciones de demanda pico. Esta metodología permitió no solo identificar discrepancias críticas en calibres de conductores y coordinación de protecciones según el **Art. 240.4 del NEC 2020**, sino también fundamentar técnicamente la necesidad de una reingeniería total del sistema, al constatar que la demanda real medida invalida las bases de diseño registradas.

Tabla 10.

Tablero TA Trifásico: Calibre, OCPD y Canalización.

Tablero TA Principal		CARGA INSTALADA (kVA) 227,89	
Alimentador (AWG)	PUESTA A TIERRA	#Polos 3	FACTOR DE USO 0,88
3 #4 AWG	1/0 AWG		CARGA DEMANDADA (kVA) 200,54
OCPD (A)	1200		Corriente demandada 482,4
BARRAS	1250	No está certificado	Corriente X FACTOR AJUSTE 1.25 603,03
DESCRIPCIÓN	Carga (kVA)	Calibre Cable (AWG)	OCPD # Polos
TABLERO TC2 Trifásico	101,00	4/0	400 3
TABLERO TC1 Monofásico	43,42	4/0	400 3
TABLERO TAUX2	83,47	No indica	No indica No indica
BANCO CAPACITORES	N/A	1/0	400 3

Hallazgos:

Todos los circuitos incumplen el código debido a la selección del cableado reportado en los registros, y se notan incongruencias con lo reportado en el diagrama unifilar.

Se tomará como un 0% de cumplimiento normativo por los siguientes motivos:

- Sobrecarga Crítica del Transformador (Art. 450): Un transformador de 150 kVA operando al **133% de su capacidad** (200.54 kVA demandados, según registros) invalida cualquier cumplimiento del tablero que alimenta. La fuente de energía está en condición de falla inminente.
- Incongruencia Documental (Art. 110.22): Existe una desconexión total entre el diagrama unifilar, los registros físicos y la realidad de campo. Sin una identificación confiable de los medios de desconexión, el tablero no cumple con los requisitos mínimos de seguridad operativa.

- Violación de la Capacidad de Interrupción: Si las cargas reales (medidas en TC1) son mayores a las registradas, es muy probable que las protecciones del TA no estén coordinadas, poniendo en riesgo la integridad física del tablero ante una falla.
- Desprotección Térmica de Alimentadores (Art. 240.4): Como el TA alimenta subtableros con cables sobredimensionados o protecciones mal coordinadas (como vimos en el TC AUX 2 y TC1), el TA falla en su función principal: ser el nodo de protección maestra de la planta.
- Riesgo de Incendio: La combinación de sobrecarga, falta de rotulación y discrepancia de calibres crea un escenario donde no se puede garantizar la desconexión automática antes de que los conductores alcancen temperaturas de ignición.

Porcentaje de Cumplimiento Técnico-Normativo (en cuanto al dimensionamiento):

0 elementos del tablero muestran congruencia técnica-normativa.

El cumplimiento Técnico del Tablero TA corresponde al 0%.

Estado: Crítico.

4.2 Análisis de Entrevista

El diagnóstico obtenido mediante la entrevista al técnico de la planta (ver Anexo 1) confirma que la infraestructura eléctrica de ZERO opera actualmente en un estado de vulnerabilidad y saturación. El hallazgo más crítico es la recurrencia de fallas durante el periodo de verano; el hecho de que la demanda obligue a conectar casi toda la maquinaria y esto provoque la fusión de las protecciones de media tensión (candelas), es la prueba definitiva de que el transformador de 150 kVA ya superó su capacidad nominal.

Un punto clave que revela la entrevista es la deficiente coordinación de protecciones. El técnico menciona que, en ocasiones, deben llamar a la compañía eléctrica porque fallan los dispositivos externos antes que el interruptor principal de la planta. Esto indica que los ajustes de disparo no están alineados con la carga real, permitiendo que el estrés térmico llegue hasta la red de distribución. Además, se identifica un crecimiento desordenado en el nodo TC1, donde se han integrado equipos nuevos de forma empírica sobre un alimentador (1/0 AWG según versión de campo) que ya no coincide con los planos originales.

Finalmente, la entrevista subraya una cultura de mantenimiento correctivo en la empresa, donde se interviene el sistema principalmente cuando algo falla. Esta falta de un presupuesto preventivo refuerza la importancia de este proyecto de graduación: la propuesta de diseño no es solo una mejora técnica, sino una necesidad urgente para profesionalizar la distribución, eliminar los parpadeos por caída de tensión y mitigar los riesgos de incendio por sobrecarga que el personal de planta ya experimenta en el día a día.

4.3 Análisis inspección Física y Levantamiento.

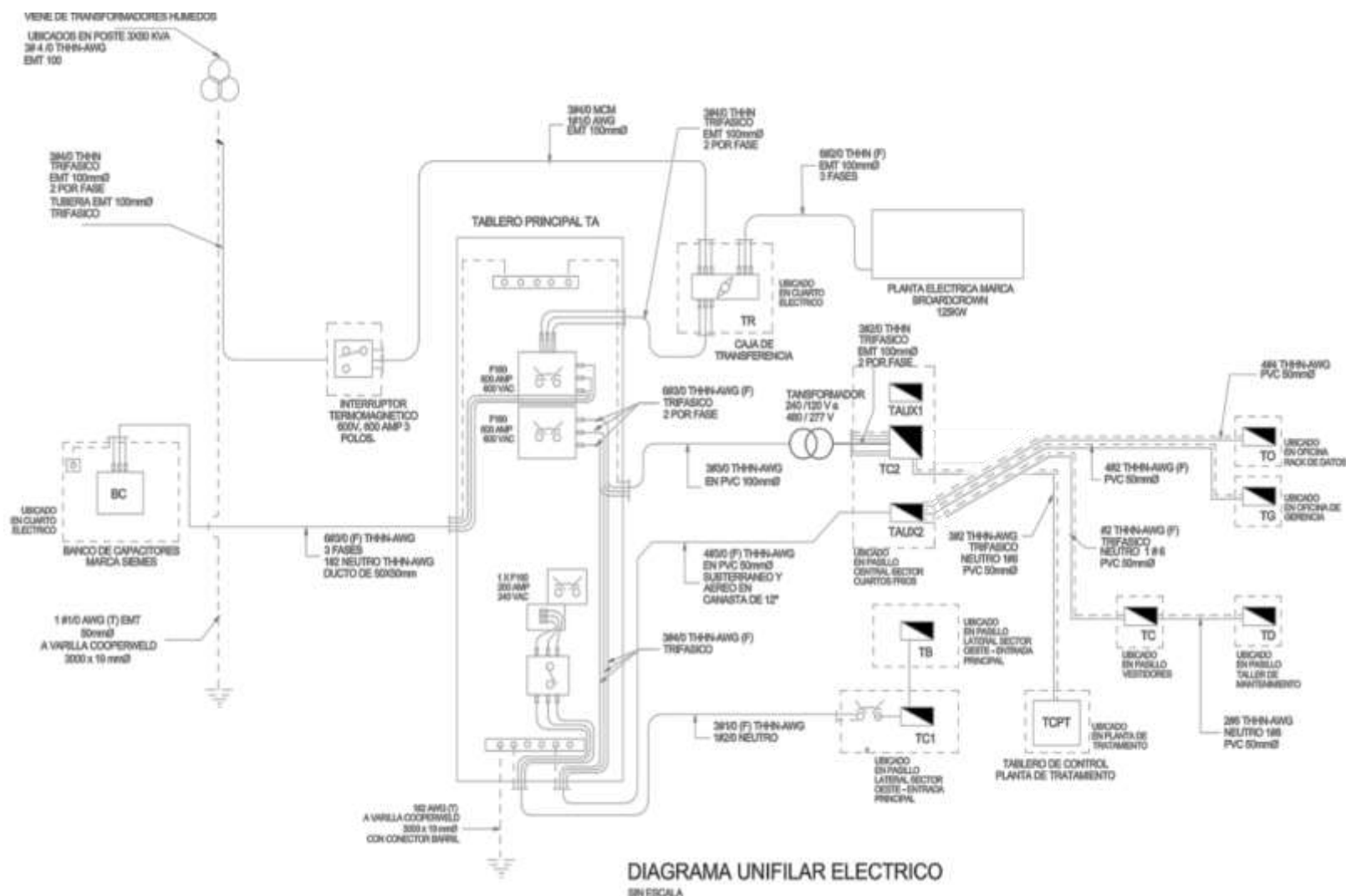
Una vez finalizada la etapa de revisión documental y el análisis de cumplimiento teórico basado en los registros existentes, se procedió a la fase de Levantamiento Físico y Auditoría de Campo. El objetivo de esta etapa fue validar la integridad de la infraestructura eléctrica de ZERO frente a la realidad operativa de la planta, dado que las inconsistencias detectadas en la fase previa sugerían una brecha significativa entre la teoría de diseño y la ejecución técnica. Para este análisis, se priorizó la inspección de los alimentadores principales y nodos de distribución de potencia (TA,

TC1, TC2 y TC AUX 2), utilizando mediciones de corriente en tiempo real bajo condiciones de demanda pico. Esta metodología permitió no solo identificar discrepancias críticas en calibres de conductores y coordinación de protecciones según el Art. 240.4 del NEC 2020, sino también fundamentar técnicamente la necesidad de rediseñar el sistema de transformación y los tableros principales.

4.3.1 Actualización Diagrama Unifilar

Figura 4.

Diagrama Unifilar Actualizado.



Se actualizó el diagrama unifilar en cuanto a conexiones y calibres de cables, como capacidades de los dispositivos de protección contra sobre corrientes.

Entre los mayores cambios, se encontró que los cables que alimentan al TC2 y al TC AUX 2 se derivan de un mismo OCPD de 400 A y son calibre 3/0. Derivar 2 tableros diferentes de un solo OCPD. También, el cable del alimentador del tablero principal es un paralelo con 2-4/0 AWG por fase y la protección principal es de 600 A. Otra actualización del Diagrama fue la disposición de las conexiones, ya que ahora se evidencia que los tableros de cargas pequeñas se derivan del TC AUX 2 con sus respectivos calibres por Fase.

4.3.2 Mediciones de Tableros.

Las mediciones fueron tomadas con el Medidor de Gancho “EXTECH Instruments MA445”.

Tablero TC AUX 2.

Tabla 11.

Mediciones Tablero TCAUX2.

TABLERO TC AUX 2									
	Alimentador								
	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
	94,41	93,56	92,72	3/0	400	93,56	240	0,8	48,62
Mediciones									
Descripción	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
TABLERO T Gerencia	10,64	10,36	9,63	2 AWG	125,0	10,2	240	0,80	5,3
TABLERO TO	31,47	30,52	30,33	4 AWG	125,0	30,8	240	0,80	16,0
TABLERO TC	34,26	33,21	32,04	2 AWG	125,0	33,2	240	0,80	17,2
TABLERO T AUX 1F	19,00	18,54	17,60	2 AWG	125,0	18,4	240	0,80	9,6

Las mediciones realizadas durante el levantamiento evidencian una carga real demandada de 48.62 kVA en el TC AUX 2, como también se pudieron confirmar los calibres y las protecciones de los circuitos.

Hallazgos:

Ninguno de los cableados de sus circuitos está debidamente protegido. Para los calibres 2 AWG deben de cambiar los OCPD de 125 A por 100 A. y el de calibre 4 AWG deben protegerse con un OCPD de 75 A. Aunque los cableados siguen sobredimensionados por lo menos quedarían debidamente protegidos.

Cableado del alimentador está bien dimensionado, pero la protección presenta 2 problemas críticos:

Sobredimensionamiento: El calibre 3/0 AWG cuenta con una ampacidad a 75 grados de 200 A, y está desprotegido por la incorrecta selección del OCPD.

OCPD de alto riesgo: Del mismo OCPD se alimenta también el transformador seco que alimenta al TC2.

Recomendación: Renovar tablero, con sus protecciones y cableados debidamente calculados.

Tablero TC2 Trifásico

El tablero TC2 coincidía con el registro, donde solo se actualizó el alimentador como se puede apreciar en la Tabla 12. (Ver Apéndice B.) El cual comparte OCPD con el TC AUX 2 y cuenta con calibre 3/0 AWG tanto antes en el trayecto desde el TA (Tablero Principal) al transformador seco que eleva el voltaje a 480/277 V, como después del transformador. Por lo que el cableado desde el transformador cumple al ser 3/0 AWG y llevar una corriente máxima medida de 105 A; sin embargo, incumple al llevar una corriente máxima en su segmento 240 V (tramo desde el TA al transformador) de 275,1 A, poniendo en alto riesgo de incendio al cableado.

Recomendación: Cambiar su alimentador completo (Calibre, Canalización y OCPD).

Tablero TC1

El tablero TC1 presenta uno de los puntos de más alto riesgo ya que ninguno de sus circuitos se encuentra debidamente protegidos. Durante la inspección física y toma de mediciones (ver tabla 13. Apéndice B.) se evidenciaron los siguientes riesgos a la integridad de la planta:

Paralelos de 2 cables de calibre 8 AWG para fases.

Calibre 6,8 y 10 AWG alimentados de OCPD de 100 A y 80 A.

Un alimentador de 1/0 AWG con un OCPD de 400 A, cuando la corriente promedio de sus fases es de 187,85 A.

El tablero en los registros decía tener cargas monofásicas, pero en el levantamiento se evidenció que todas sus cargas son trifásicas a 240.

Recomendación: Se recomienda con urgencia cambiar por tablero completamente nuevo y correctamente dimensionado ya que ningún circuito se encuentra bien dimensionado y el estado del tablero no es seguro.

Tablero TA (Tablero Principal)

Figura 5.

Tablero TA (Principal).



Nota: En la fotografía se muestra el estado actual del Tablero Principal de la Empresa (TA).

Hallazgos Críticos Diagnóstico del Tablero Principal (TA)

- Cableado conectado directamente a barras con tornillos, sin protección de sobrecorriente (NEC 240.21).
- Dos tableros alimentados por un mismo interruptor.
- Conductores activos expuestos sobre el nivel del piso, vulnerables a daños mecánicos y humedad.
- Ausencia de placa de características o documentos que validen la ampacidad nominal de las barras.
- Gabinete con corrosión avanzada que compromete la integridad mecánica y la puesta a tierra.

- Inexistencia de etiquetas actualizadas que identifiquen los circuitos y medios de desconexión Artículo 408.4.
- El sistema no cuenta con un interruptor general que permita la desconexión total en emergencias.
- Barras y terminales energizadas sin pantallas de protección, con riesgo de electrocución inmediata.
- Falta de tapa interna para aislar los componentes bajo tensión del contacto accidental.
- Saturación de conductores cruzados que impide la disipación de calor y el mantenimiento seguro.

Además, por medio de las mediciones de este tablero, se confirma la sobrecarga que se tiene actualmente del Transformador como se evidencia en la tabla 14.

Tabla 14.

Mediciones de Tablero TA.

TABLERO TA									
	Alimentador								
	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
	559,62	544,63	542,45	2-4/0 AWG	600	548,90	240	0,96	237,68
Descripción	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
TABLERO TC2 Trifásico	275,1	253,49	261,17	3/0	400	263,3	240	0,9	121,59
TABLERO TCAUX2	94,23	93,12	92,45	3/0		93,3	240	0,8	48,46
TABLERO TC1 Monofásico	184,86	193,47	183,27	1/0	200	187,2	240	0,8	97,27
BANCO CAPACITORES	114,6	116,2	142,6	4/0	400	124,5	240 N/A		N/A

Por último, se muestra la inadecuación del calibre escogido para alimentar este tablero ya que se utilizó un paralelo de 2-4/0 AWG para las fases, lo que permite una ampacidad máxima a 90 grados (temperatura máxima para el THHN) de 520 A, cuando la corriente promedio durante estos picos de operación es de 548,9 A lo que representa un riesgo enorme para la seguridad de las personas, continuidad operativa de la empresa y una probabilidad muy alta de incendio; ya que el NEC 2020 establece que se debe diseñar con la temperatura terminal del equipo (terminales, pueden ser de 75 o 60 grados) según el Artículo 110.14(C), no solo incumple la normativa si no que trabaja más que el máximo de la capacidad del aislamiento del conductor.

Porcentaje de utilización de Transformador:

$$\left(\frac{237.68 \text{ kVA demandados}}{150 \text{ kVA disponibles}} \right) \times 100 = 158.45 \%$$

El banco de transformadores se encuentra con una sobrecarga ya que se demanda el 158.45% de su capacidad nominal. Lo que representa un punto de alta criticidad y se vuelve una necesidad para cualquier tipo de mejora el cambio por uno de mayor potencia.

Por último, se tienen equipos con capacidad para soportar corrientes de cortocircuito de 5000 A, cuando la corriente de corto circuito de la ubicación de la empresa se encuentra entre 6000 A y 8000 A.

Recomendación: Debe de cambiarse completamente el tablero por uno certificado con el sello UL y calculado correctamente, así como el banco de transformadores para corregir las deficiencias encontradas.

4.3.3 Justificación para el Diseño de Corrección.

Tras el análisis integral que combinó la revisión documental, la entrevista técnica y el levantamiento físico de campo, se concluye que la infraestructura eléctrica de la planta ZERO se encuentra en un estado de obsolescencia crítica y riesgo operativo inminente. Los datos recolectados demuestran que el sistema actual no solo ha superado su vida útil, sino que opera fuera de los márgenes de seguridad establecidos por el NEC 2020, presentando una sobrecarga sostenida del 133% en su acometida principal durante picos de producción (548.9 A) en cuanto a corriente de los equipos y 158.45% de demanda sobre el banco de transformadores (237.68 kVA).

La recurrencia de fallas en las protecciones de media tensión, sumada a la detección de alimentadores secundarios operando al 137% de su capacidad y la ausencia de selectividad en los dispositivos de protección (OCPD), configuran un escenario de alta probabilidad de falla por arco eléctrico e incendio. Asimismo, la inestabilidad de voltaje manifestada en parpadeos y fatiga térmica en los nodos TC1 y TC2 compromete la eficiencia de los sistemas de refrigeración, incrementando los costos operativos por pérdidas de energía en forma de calor.

Por lo que se procederá a desarrollar el Diseño de Actualización y Corrección tomando en cuenta los siguientes aspectos:

1. Aumentar la Capacidad de forma que se ajuste a la demanda de la empresa.
2. Pasar a un voltaje de operación principal de 480/277 V para aumentar la eficiencia y reducir costos de instalación.
3. Tener claro la incapacidad de la empresa para aumentar significativamente su carga debido a limitaciones físicas.
4. Transformadores secos para las cargas de 240 V que se mantienen de momento en la planta.
5. Corriente de Cortocircuito de dispositivos mínima de 10 kA.

Garantizando no solo la continuidad operativa de la empresa, si no la seguridad del personal y cumplimiento técnico normativo.

Tabla 15.

Tabla de Resumen de Hallazgos.

Tablero	Condición Detectada (Hallazgos)	Incumplimientos Normativos Críticos	Estado de Riesgo
TO / TG / TD	Inconsistencias entre planos y registros físicos en calibres de alimentadores.	Errores en rotulación de medios de desconexión y discrepancias en calibres de neutro.	Moderado
T AUX 1	Conductor alimentador calibre #4 AWG protegido por un OCPD de 125 A.	Violación a la protección térmica del conductor; OCPD excede la ampacidad del cable (Art. 240.4).	Crítico
TC	Error en registro de carga (14.62 kVA reales vs 3 kVA reportados) y conductores en paralelo.	Uso de conductores en paralelo menores al calibre 1/0 AWG (Art. 310.10).	Alto
TC AUX 2	Alimentadores secundarios desprotegidos; OCPD de 125 A para calibres #2 y #4 AWG.	Falta de coordinación entre capacidad de interrupción y ampacidad térmica de conductores.	Incendio Latente
TC2	Sobrecarga en el tramo de 240 V (TA al transformador seco) con demanda medida de 275.1 A.	Ampacidad de alimentador 3/0 AWG insuficiente para la demanda operativa máxima.	Crítico
TC1	Uso de paralelos en calibre #8 AWG; conductores de calibre #10 alimentados desde OCPD de 100 A.	Discrepancia total entre voltaje registrado y medido; desprotección térmica absoluta del cableado.	Extremo
TA	Utilización del transformador al 152.12%; barras expuestas, corrosión y saturación de cables.	Ausencia de interruptor general; violación de capacidad interruptiva frente a corriente de falla disponible.	Falla Inminente

Nota: Para ver todos los hallazgos revisar el segmento de cada tablero, esta tabla funciona como recapitulación de los Incumplimientos de mayor criticidad de cada tablero.

4.4 Diseño y Propuesta de Solución.

4.4.1 Selección del Transformador.

La carga demandada de la planta procesadora, operando a un 90% de su capacidad, de acuerdo con el encargado de planta, tiene una potencia demandada de 238 kVA; por lo tanto, con el fin de garantizar la continuidad del servicio y proveer capacidad para futuras expansiones, se seleccionó una potencia instalada de 300 kVA.

Debido a las restricciones de espacio en la vía pública y la presencia de servicios subterráneos preexistentes que imposibilitan la instalación de un transformador tipo pedestal (pad-mounted), se optó por la construcción de una bóveda de mampostería a nivel de suelo. Siguiendo los lineamientos técnicos de la CNFL y ARESEP, dicha bóveda albergará un banco trifásico compuesto por tres transformadores monofásicos convencionales (tipo poste) de 100 kVA cada uno.

Esta solución técnica permite el uso de unidades convencionales enfriadas en aceite en un entorno protegido, cumpliendo con los requerimientos de seguridad y acceso para mantenimiento. Asimismo, se implementó un cambio en el sistema de utilización a 480/277 V en configuración Estrella (Y), lo cual optimiza la eficiencia del sistema al reducir las corrientes de operación, permitiendo el uso de conductores de menor sección transversal y minimizando las pérdidas energéticas totales de la planta ZERO.

4.4.2 Acometida Media tensión:

Para traer la electricidad a la planta, se instalará un poste nuevo de 13 metros de altura. Desde lo alto del poste, el cableado bajará protegido por una tubería metálica rígida (tipo IMC o RMC) de 103 mm (4"), la cual ofrece la mayor protección mecánica contra golpes o daños externos. Una vez que la tubería llega al suelo, se conectará con ductos que llevan el cable directamente hasta la bóveda de los transformadores.

El cable seleccionado es de cobre calibre 1/0 AWG, que es el grosor mínimo que exige el NEC 2020 (Artículo 311.12) para este nivel de voltaje de 34.5 kV. Este calibre se usa no solo por la carga eléctrica, sino para asegurar que el cable sea lo suficientemente fuerte y resistente. El aislamiento

del cable es de tipo EPR clase 35 kV, un material que aguanta muy bien el calor y la humedad, ideal para instalaciones en bóvedas.

Además, tal como lo pide el Manual de Redes de la CNFL (Artículo 5.1.1), el cable cuenta con una malla o pantalla de cobre conectada a tierra. Esto sirve para controlar el campo eléctrico y evitar fallas en el aislamiento, garantizando que la entrada de energía a la planta ZERO sea segura y duradera.

4.4.3 Artículos y Consideraciones para el Diseño:

Para el cálculo de los conductores se empleó el Factor de Ajuste por Temperatura = 1, según dispone la Tabla 310.15 (B) donde si la temperatura oscila entre 26 y 30 grados centígrados, se aplican las ampacidades de la Tabla 310.16 con factor de ajuste =1. Además, en los casos donde se encuentran de 4 a 6 conductores de corriente en una misma canalización (respetando que para 3 o más conductores el área máxima de la canalización ocupada por los conductores debe ser menor al 40% [Artículo 300.17]). Se utilizó el factor de ajuste = 0.80 definido por la Tabla 310.15 (C)(1).

En el artículo 100 del NEC 2020 se define que una carga continua que se encuentre en pleno funcionamiento durante 3 horas o más. En el artículo 215.2 (1)(A). y el artículo 210.20 (A). definen que se deben dimensionar los elementos al 125% de la carga continua, y en caso de ser carga mixta se deben dimensionar al 100% de las cargas no continuas más 125% de las cargas continuas.

Para la protección de motores en los tableros **TC1** y **TC2**, se utilizó la **Tabla 430.52** para definir la capacidad máxima del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra (OCPD), permitiendo un ajuste de hasta el **250%** de la corriente a plena carga para evitar disparos accidentales durante el arranque.

El diseño de actualización se limitará a los puntos más críticos detectado en la etapa de Análisis de registro y levantamiento físico. (Banco de Transformadores, TA, TC AUX 2, TC2 y TC1)

Respecto a la calidad de la energía, se integró una protección contra sobretensiones transitorias en el tablero principal (TA) bajo los lineamientos del Artículo 242. Si bien la normativa nacional no

exige su uso en instalaciones industriales generales, se incluyó como una medida de mitigación de riesgos para los activos críticos de la planta.

Finalmente, debido a la transición a 480/277 V, se incorporó un transformador seco para alimentar las cargas remanentes de 240/120 V. Esta estrategia facilita la migración gradual hacia maquinaria de 480 V, permitiendo de inmediato el uso de conductores más eficientes, protecciones de menor amperaje y una reducción en los costos de instalación.

4.4.4 Diseño de Tableros.

Tablero TA.

Se ha seleccionado un Panel Board con barras certificadas para 65 kA para asegurar una infraestructura robusta y preparada para futuras expansiones de la red de distribución. No obstante, según el estudio de cortocircuito realizado para el nodo de conexión de la planta ZERO, la corriente de falla disponible es de 8 kA aproximadamente. Basado en este dato técnico, los dispositivos de protección (breakers) derivados se han dimensionado con una capacidad interruptiva de 10 kA. Esta selección cumple plenamente con el Artículo 110.9 del NEC 2020, el cual exige que los equipos de interrupción tengan una capacidad suficiente para la corriente de falla disponible, optimizando así los costos de inversión sin comprometer la seguridad.

Tabla 16.

Panel Board TA.

Panel Board TA				Voltaje: 480 / 277				Fases: 3				Hilos: 5															
Montaje:	Empotrado	Barra a tierra 100%	24 espacios	Tablero Principal Procesadora "ZERO" San José				Cable por Fase:	2	#	350 MCM	THHN															
Breaker Principal:	500 A	alimentador max	2/0 AWG					Cable de Neutro:	2	#	350 MCM	THHN															
Capacidad Principal:	65 KAIC	Barra de neutro 100%	24 espacios					Cable de Tierra:	2	#	2 AWG	THHN															
Barras:	600 A	alimentador max	2/0 AWG					Canalización:	2	X	78	mm	RMT														
Espacios:	24							Caída de Voltaje:			0.61	%															
Circ. No.	Descripción	Carga KVA	Cable			Ø mm	% dv (V)	Breaker		Pos. Barra	Carga x fase (KVA)			Pos. Barra	Breaker			% dv (V)	Ø mm	Cable			Carga KVA	Descripción	Circ. No.		
			F	N	T			Amp.	Polos	KAIC	TPO	L1	L2	L3		TIPO	KAIC	Polos	Amp.	(V)		T	N	F			
1	TRANSF. SECO	50.0	2-2/0 AWG	2-2/0 AWG	2-4 AWG	63	0.80%	250	3	10	STD	1	90.00		2	STD	10	3	225	0.68%	63	2-4 AWG	2-1/0 AWG	2-1/0 AWG	40.0	TC2	2
3	TRANSF. SECO	50.0	2-2/0 AWG	2-2/0 AWG	2-4 AWG	63	0.80%	250	3	10	STD	3		90.00	4	STD	10	3	225	0.68%	63	2-4 AWG	2-1/0 AWG	2-1/0 AWG	40.0	TC2	4
5	TRANSF. SECO	50.0	2-2/0 AWG	/	/	/	0.80%	250	3	10	STD	5		90.00	6	STD	10	3	225	0.68%	/	/	/	2-1/0 AWG	40.0	TC2	6
7	BANCO CAPACITORES		4/0 AWG	4/0 AWG	4 AWG	63	0.53	350	3	10	STD	7	0.00		8	STD	10	3	60	/	/	6 AWG	6 AWG	6 AWG		Supresor de Transientes	8
9	BANCO CAPACITORES		4/0 AWG	/	/	63	0.53	350	3	10	STD	9		0.00	10	STD	10	3	60	/	/	/	/	6 AWG		Supresor de Transientes	10
11	BANCO CAPACITORES		4/0 AWG	/	/	63	0.53	350	3	10	STD	11		0.00	12	STD	10	3	60	/	/	/	/	6 AWG		Supresor de Transientes	12
13												13	0.00		14												14
15												15		0.00	16												16
17												17		0.00	18												18
19												19			20												20
21												21			22												22
23												23			24												24
Cargas por Fase L1:		90.0	KVA	324.91	Amps	Carga Estimada:		270.00	KVA	Factor de uso:		90%															
Cargas por Fase L2:		90.0	KVA	324.91	Amps	Reserva:		10%	27.00	KVA	Carga Neta Total (KVA):		267.30														
Cargas por Fase L3:		90.0	KVA	324.91	Amps	Carga Total Estimada:		297.00	KVA	I Neta Total (Amps):		321.51															

Reemplazará por completo el Tablero Principal actual por un Panel Board con capacidad de cortocircuito de 65 kA.

Se dividirá la carga demandada actual en 2 partes claves, el TC2 (100 kVA) que actualmente se encarga de las cargas trifásicas a 480 V y el circuito de alimentación del Transformador Seco requerido para cubrir con las cargas actuales 240/120 V (150 kVA).

Se reutilizará el banco de capacitores actual multietapa y se requerirá un estudio de factor de potencia después de realizar las actualizaciones para verificar capacidad de corrección de factor de potencia que puede indicar necesidad de nuevo banco.

(Cálculos para tablero TA: ver Apéndice C.)

Se utilizará un dispositivo de protección contra sobretensiones para asegurar la confiabilidad de la actualización del sistema eléctrico de potencia.

Beneficios: La sustitución del TA actual es imprescindible debido a su estado crítico, el cual representa un riesgo elevado para el personal y la continuidad operativa. La nueva instalación empleará elementos debidamente calculados y con certificación UL, garantizando el cumplimiento del código eléctrico vigente y blindando la productividad de la planta ante fallas eléctricas. Protegiendo a la empresa también contra posibles clausuras en caso de una inspección eléctricas.

Tablero TC2.

Tabla 17.

Panel Board TC2.

Panel Board		TC2		Voltaje:		480 / 277		Fases:		3		Hilos:		5																
Montaje:	Empotrado	Barra a tierra 100%	24 espacios	NOTA:				Cable por Fase:	2	#	1/0 AWG	THHN																		
Breaker Principal:	200 A	alimentador max	2/0 AWG	Se mantiene el mismo tablero solo se cambia alimentador, OCPD de PC-5 MINI POWER y se actualizan los datos en registro				Cable de Neutro:	2	#	1/0 AWG	THHN																		
Capacidad Principal:	65 KAIC	Barra de neutro 100%	24 espacios					Cable de Tierra:	2	#	4 AWG	THHN																		
Barras:	400 A	alimentador max	2/0 AWG					Canalización:	2	X	63	mm	EMT																	
Espacios:	42									Caída de Voltaje:	0.68	%																		
Circ. No.	Descripción	Carga KVA	Cable			Ø mm	% dv (V)	Amp.	Breaker				Pos. Barra	Carga x fase (KVA)			Pos. Barra	Breaker				% dv (V)	Ø mm	Cable			Carga KVA	Descripción	Circ. No.	
			F	N	T				Polos	KAIC	TPO		L1	L2	L3		TPO	KAIC	Polos	Amp.			T	N	F					
1		2.11	14 AWG	/	14 AWG	16	0.70%	20	3	10	STD	1	4.59			2	STD	10	3	20	1.08%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.48			2	
3	EMPALMADOR 1 (6HP)	2.11	14 AWG	/	/	16	0.70%	20	3	10	STD	3		4.59		4	STD	10	3	20	1.08%	16	/	/	14 AWG	2.48			4	PORTAROLLOS 1 (6HP)
5		2.11	14 AWG	/	/	16	0.70%	20	3	10	STD	5		4.59		6	STD	10	3	20	1.08%	16	/	/	14 AWG	2.48			6	
7		2.48	14 AWG	/	14 AWG	16	0.97%	20	3	10	STD	7	4.97			8	STD	10	3	20	0.86%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.48			8	
9	PORTAROLLOS 1 (6HP)	2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	9		4.97		10	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			10	PORTAROLLOS 1 (6HP)
11		2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	11		4.97		12	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			12	
13		2.48	14 AWG	/	14 AWG	16	0.97%	20	3	10	STD	13	4.97			14	STD	10	3	15	0.86%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.48			14	
15	PORTAROLLOS 2 (6HP)	2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	15		4.97		16	STD	10	3	15	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			16	PORTAROLLOS 2 (6HP)
17		2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	17		4.97		18	STD	10	3	15	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			18	
19		2.48	14 AWG	/	14 AWG	16	0.97%	20	3	10	STD	19	4.59			20	STD	10	3	15	0.86%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.11			20	
21	PORTAROLLOS 2 (6HP)	2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	21		4.59		22	STD	10	3	15	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.11			22	EMPALMADOR 2 (6HP)
23		2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	23		4.59		24	STD	10	3	15	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.11			24	
25		2.11	14 AWG	/	14 AWG	16	0.97%	20	3	10	STD	25	4.59			26	STD	10	3	20	0.86%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.48			26	
27	EMPALMADOR 3 (5HP)	2.11	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	27		4.59		28	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			28	PORTAROLLOS 3 (6HP)
29		2.11	14 AWG	/	/	16	0.97%	20	3	10	STD	29		4.59		30	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			30	
31		2.48	14 AWG	/	14 AWG	16	0.97%	15	3	10	STD	31	4.97			32	STD	10	3	20	0.86%	16	14 AWG	/	14 AWG	2.48			32	
33	PORTAROLLOS 3 (6HP)	2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	15	3	10	STD	33		4.97		34	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			34	PORTAROLLOS 3 (6HP)
35		2.48	14 AWG	/	/	16	0.97%	15	3	10	STD	35		4.97		36	STD	10	3	20	0.86%	16	/	/	14 AWG	2.48			36	
37	PC-5 MINIPOWER	5.00	8 AWG	/	10 AWG	21	0.55%	40	3	10	STD	37	5.00																38	
39		5.00	8 AWG	/	/	21	0.55%	40	3	10	STD	39		5.00															40	
41		5.00	8 AWG	/	/	21	0.55%	40	3	10	STD	41		5.00															42	
Cargas por Fase L1:		33.7	KVA	121.55	Amps	Carga Estimada:				101.01	KVA	Factor de uso:				90%														
Cargas por Fase L2:		33.7	KVA	121.55	Amps	Reserva:				10%	10.10	KVA	Carga Neta Total (KVA):				100.00													
Cargas por Fase L3:		33.7	KVA	121.55	Amps	Carga Total Estimada:				111.11	KVA	I Neta Total (Amps):				120.28														

Para el tablero TC2, se determinó mantener la infraestructura física existente (gabinete y barras), centrandose la actualización en la sustitución del alimentador principal y la corrección de protecciones críticas. El nuevo alimentador consistirá en un paralelo de conductores 1/0 AWG, dimensionado para reducir las pérdidas por transporte y asegurar una caída de tensión de apenas 0.68% bajo carga máxima.

Una intervención prioritaria en este tablero es la sustitución del dispositivo de protección (OCPD) del circuito PC-5 MINIPOWER por un interruptor de 40 A. Durante el levantamiento físico, se detectó que el conductor #8 AWG se encontraba subprotegido por un breaker sobredimensionado, lo que representaba un riesgo latente de falla térmica.

Beneficios:

La corrección técnica del circuito PC-5 garantiza que la protección actúe antes de que el conductor alcance su temperatura de degradación, cumpliendo con el Artículo 240.4 del NEC 2020. Esta mejora mitiga significativamente el riesgo de incendios de origen eléctrico y protege la integridad de los activos de la planta ZERO, asegurando que cada conductor esté debidamente coordinado con su dispositivo de interrupción.

Transformador Seco 480 V a 240/120 V de 150 kVA.

Para las cargas de 240 V que suman 146 kVA se necesita un sistema de transformación interno dentro de la empresa para poder conectarlas, se seleccionó un transformador tipo seco de 150 kVA para bajar de 480 V a una configuración delta 240/120 V. Este transformador será alimentado en el primario con voltaje 480 V, con conductores en paralelo 2 – 2/0 AWG por fase, protegidos por un OCPD de 250 A y del secundario saldrán 2-250 MCM por fase para alimentar un nuevo Panel Board denominado “TN”, desde el cual se alimentará el TC1 y el TC AUX 2.

Beneficios:

Esta configuración permite una transición controlada hacia el nuevo sistema de 480 V sin necesidad de sustituir de inmediato toda la maquinaria de 240 V. El uso de un transformador seco de aislamiento proporciona, además, un filtrado de ruidos eléctricos entre sistemas

Panel Board TN.

Este Panel Board será un nuevo panel de distribución para alimentar a los Panel Boards “TC1” y al “TC AUX 2”. Será alimentado desde el Transformador Seco anteriormente seleccionado y tendrá las especificaciones mostradas en la Tabla 17.

Tabla 18.

Panel Board TN.

Panel Board		TN					Voltaje:			240 / 120			Fases:			3			Hilos:			5							
Montaje:	Empotrado	Barra a tierra	100%	24 espacios		Nota:						Cable por Fase:	2	#	250 MCM	THHN													
Breaker Principal:	400 A	alimentador max	2/0 AWG	2/0 AWG		Es alimentado por el transformador seco de 150 kVA 480 a 240V						Cable de Neutro:	2	#	250 MCM	THHN													
Capacidad Principal:	65 KAIC	Barra de neutro	100%	24 espacios								Cable de Tierra:	2	#	2 AWG	THHN													
Barras:	600 A	alimentador max	2/0 AWG	2/0 AWG								Canalización:	2	X	78	mm	EMT												
Espacios:	12											Caída de Voltaje:			0.61	%													
Circ.	No.	Descripción	Carga kVA	Cable			Ø mm	% dv (V)	Breaker				Pos.	Carga x fase (KVA)			Pos.	Breaker				% dv (V)	Ø mm	Cable			Carga kVA	Descripción	Circ. No.
				F	N	T		Amp.	Polos	KAIC	TPO	Barra	L1	L2	L3	Barra	TPO	KAIC	Polos	Amp.			T	N	F				
1	TC1		32.7	2-2/0 AWG	2-2/0 AWG	2-4 AWG	63	1.19%	250	3	10	STD	1	49.00		2	STD	10	3	150	0.27%	63	6 AWG	1/0 AWG	1/0 AWG	16.3	TC AUX 2	2	
3	TC1		32.7	2-2/0 AWG	2-2/0 AWG	/	/	1.19%	250	3	10	STD	3		49.00	4	STD	10	3	150	0.27%	/	/	/	1/0 AWG	16.3	TC AUX 2	4	
5	TC1		32.7	2-2/0 AWG	/	/	/	1.19%	250	3	10	STD	5		49.00	6	STD	10	3	150	0.27%	/	/	/	1/0 AWG	16.3	TC AUX 2	6	
Cargas por Fase L1:			49.0	KVA	353.63	Amps	Carga Estimada:						147.00	KVA	Factor de uso:			90%											
Cargas por Fase L2:			49.0	KVA	353.63	Amps	Reserva:						10%	14.70	KVA	Carga Neta Total (KVA):			145.53										
Cargas por Fase L3:			49.0	KVA	353.63	Amps	Carga Total Estimada:						161.70	KVA	I Neta Total (Amps):			350.09											

Beneficios: La creación del tablero TN permite una segmentación clara entre los niveles de voltaje de 480 V y 240 V, facilitando la identificación de circuitos y reduciendo el riesgo de errores operativos durante el mantenimiento. Además, garantiza que cada alimentador secundario posea su propia protección independiente y debidamente coordinada con la ampacidad de sus conductores, optimizando la confiabilidad de la planta ZERO.

Panel Board TC1.

El tablero actual TC incumple con el dimensionamiento de sus protecciones, y cuenta con un tablero desactualizado que está en un estado de riesgo, por lo que se debe reemplazar por completo. Esta actualización se puede emplear en 2 etapas para dar tiempo a que la empresa pueda ajustar su presupuesto anual para poder realizar la actualización de forma parcial, sin dejar de asegurar la integridad del sistema eléctrico de potencia.

Tabla 19.

Panel Board TC1.

Panel Board		TC1		Voltaje:		240 / 120		Fases:		3		Hilos:		5															
Montaje:	Empotrado	Barra a tierra 100%	24 espacios					Cable por Fase:		2	#	2/0 AWG	THHN																
Breaker Principal:	250 A	alimentador max	2/0 AWG					Cable de Neutro:		2	#	2/0 AWG	THHN																
Capacidad Principal:	65 KAIC	Barra de neutro 100%	24 espacios					Cable de Tierra:		2	#	4 AWG	THHN																
Barras:	400 A	alimentador max	2/0 AWG					Canalización:		2	X	78	mm	EMT															
Espacios:	42							Caída de Voltaje:				1.19	%																
Circ. No.	Descripción	Carga kVA	Cable			Ø mm	% dv (V)	Amp.	Breaker				Pos. Barra	Carga x fase (KVA)			Pos. Barra	Breaker				% dv (V)	Ø mm	Cable			Carga kVA	Descripción	Circ. No.
			F	N	T				Polos	KAIC	TPO		L1	L2	L3		TPO	KAIC	Polos	Amp.			T	N	F				
1	CHILLER 1	4.00	10 AWG	/	10 AWG	21	1.89%	50	3	10	STD	1	7.67			2	STD	10	3	30	1.75%	21	10 AWG	/	10 AWG	3.67	PLANTA	2	
3		4.00	10 AWG	/	/	/	1.89%	50	3	10	STD	3		7.67		4	STD	10	3	30	1.75%	/	/	/	10 AWG	3.67		4	
5		4.00	10 AWG	/	/	/	1.89%	50	3	10	STD	5			7.67	6	STD	10	3	30	1.75%	/	/	/	10 AWG	3.67		6	
7	PALETERA	1.83	10 AWG	/	10 AWG	21	0.85%	30	3	10	STD	7	2.93			8	STD	10	3	30	0.53%	21	10 AWG	/	10 AWG	1.10	CALDERA	8	
9		1.83	10 AWG	/	/	/	0.85%	30	3	10	STD	9		2.93		10	STD	10	3	30	0.53%	/	/	/	10 AWG	1.10		10	
11		1.83	10 AWG	/	/	/	0.85%	30	3	10	STD	11			2.93	12	STD	10	3	30	0.53%	/	/	/	10 AWG	1.10		12	
13	PALETERA Y COMPRESOR	3.67	10 AWG	/	10 AWG	21	1.73%	50	3	10	STD	13	8.00			14	STD	10	3	60	2.00%	35	8 AWG	/	8 AWG	4.33	CHILLER 2	14	
15		3.67	10 AWG	/	/	/	1.73%	50	3	10	STD	15		8.00		16	STD	10	3	60	2.00%	/	/	/	8 AWG	4.33		16	
17		3.67	10 AWG	/	/	/	1.73%	50	3	10	STD	17			8.00	18	STD	10	3	60	2.00%	/	/	/	8 AWG	4.33		18	
19	TABLERO B	2.13	6 AWG	6 AWG	8 AWG	35	0.68%	40	3	10	STD	19	5.13			20	STD	10	3	40	1.43%	21	10 AWG	/	10 AWG	3.00	HOMOGENEIZADOR	20	
21		2.13	6 AWG	/	/	/	0.68%	40	3	10	STD	21		5.13		22	STD	10	3	40	1.43%	/	/	/	10 AWG	3.00		22	
23		2.13	6 AWG	/	/	/	0.68%	40	3	10	STD	23			5.13	24	STD	10	3	40	1.43%	/	/	/	10 AWG	3.00		24	
25	TANQUE YOGURT	1.67	10 AWG	/	10 AWG	21	0.79%	30	3	10	STD	25	3.40			26	STD	10	3	30	0.84%	21	10 AWG	/	10 AWG	1.73	CONTENEDOR 3	24	
27		1.67	10 AWG	/	/	/	0.79%	30	3	10	STD	27		3.40		28	STD	10	3	30	0.84%	/	/	/	10 AWG	1.73		28	
29		1.67	10 AWG	/	/	/	0.79%	30	3	10	STD	29			3.40	30	STD	10	3	30	0.84%	/	/	/	10 AWG	1.73		30	
31	CONTENEDOR 1	2.07	10 AWG	/	10 AWG	21	0.99%	30	3	10	STD	31	4.07			32	STD	10	3	30	0.96%	21	10 AWG	/	10 AWG	2.00	TORRE ENFRIAMIENTO	32	
33		2.07	10 AWG	/	/	/	0.99%	30	3	10	STD	33		4.07		34	STD	10	3	30	0.96%	/	/	/	10 AWG	2.00		34	
35		2.07	10 AWG	/	/	/	0.99%	30	3	10	STD	35			4.07	36	STD	10	3	30	0.96%	/	/	/	10 AWG	2.00		36	
37	CONTENEDOR 2	2.03	10 AWG	/	10 AWG	21	0.98%	30	3	10	STD	37	2.03																38
39		2.03	10 AWG	/	/	/	0.98%	30	3	10	STD	39		2.03															40
41		2.03	10 AWG	/	/	/	0.98%	30	3	10	STD	41			2.03														42
Cargas por Fase L1:		33.2	KVA	239.84		Amps	Carga Estimada:		99.70	KVA	Factor de uso:		90%																
Cargas por Fase L2:		33.2	KVA	239.84		Amps	Reserva:		10%	KVA	Carga Neta Total (KVA):		98.70																
Cargas por Fase L3:		33.2	KVA	239.84		Amps	Carga Total Estimada:		109.67	KVA	I Neta Total (Amps):		237.44																

Beneficios: Este tablero es uno de los puntos más riesgosos detectados en el diagnóstico, por lo que mejorarlo protege a la planta y al personal de la planta.

Panel Board TC AUX 2.

Tabla 20.

TC AUX 2.

Panel Board		TC AUX 2				Voltaje:			240 / 120			Fases:			3			Hilos:			5								
Montaje:	Empotrado	Barra a tierra 100%		12 espacios					Cable por Fase:			1	#	1/0 AWG	T-HHN														
Breaker Principal:	125 A	alimentador max		2/0 AWG					Cable de Neutro:			1	#	1/0 AWG	T-HHN														
Capacidad Principal:	65 KAIC	Barra de neutro 100%		12 espacios					Cable de Tierra:			1	#	6	T-HHN														
Barras:	225 A	alimentador max		2/0 AWG					Canalización:			2	X	78	mm	EMT													
Espacios:	12					Caída de Voltaje:					0.27	%																	
Circ.	Descripción	Carga	Cable			Ø	% dv	Breaker				Pos.	Carga x fase (KVA)			Pos.	Breaker				% dv	Ø	Cable			Carga	Descripción	Circ.	
No.		kVA	F	N	T	mm	(V)	Amp.	Polos	KAIC	TPO	Barra	L1	L2	L3	Barra	TPO	KAIC	Polos	Amp.	(V)	mm	T	N	F	kVA		No.	
1	T GERENCIA	1.8	8 AWG	8 AWG	10 AWG	35	0.28%	30	3	10	STD	1	7.50			2	STD	10	3	40	0.85%	35	10 AWG	8 AWG	8 AWG	5.7		TO	2
3		1.8	8 AWG	/	/	/	0.28%	30	3	10	STD	3		7.50		4	STD	10	3	40	0.85%	/	/	/	8 AWG	5.7			4
5		1.8	8 AWG	/	/	/	0.28%	30	3	10	STD	5			7.50	6	STD	10	3	40	0.85%	/	/	/	8 AWG	5.7			6
7	TC	5.8	6 AWG	6 AWG	10 AWG	35	0.59%	50	3	10	STD	7	9.17			8	STD	10	3	30	0.51%	35	10 AWG	8 AWG	8 AWG	3.3		TAUX1F	8
9		5.8	6 AWG	/	/	/	0.59%	50	3	10	STD	9	9.17			10	STD	10	3	30	0.51%	/	/	/	8 AWG	3.3			10
11		5.8	6 AWG	/	/	/	0.59%	50	3	10	STD	11			9.17	12	STD	10	3	30	0.51%	/	/	/	8 AWG	3.3			12
Cargas por Fase L1:		16.7	KVA		120.28	Amps		Carga Estimada:				50.00	KVA		Factor de uso:				90%										
Cargas por Fase L2:		16.7	KVA		120.28	Amps		Reserva:				10%	5.00	KVA		Carga Neta Total (KVA):				49.50									
Cargas por Fase L3:		16.7	KVA		120.28	Amps		Carga Total Estimada:				55.00	KVA		I Neta Total (Amps):				119.08										

Como parte del plan de modernización de la infraestructura de soporte, se proyecta la renovación total del tablero TC AUX 2. Este Panel Board de 24 espacios y barras de 225 A centraliza la alimentación de las áreas administrativas (Tablero Gerencia y Tablero de Oficinas) y servicios auxiliares de la planta.

La actualización incluye la sustitución de los alimentadores derivados para asegurar que la caída de tensión se mantenga en un nivel óptimo del 0.27%, garantizando la estabilidad del voltaje para equipos de oficina y sistemas de control sensibles. Se ha redimensionado el dispositivo de protección principal para coordinarse estrictamente con la ampacidad del conductor 1/0 AWG, eliminando riesgos de sobrecarga térmica en la canalización principal.

Beneficios:

La renovación completa de este tablero elimina puntos de falla por obsolescencia y asegura que las cargas administrativas no se vean afectadas por las fluctuaciones de las cargas de gran potencia en el área de proceso. Al contar con componentes certificados UL y una distribución de cargas

equilibrada entre fases, se mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de potencia y se facilita la expansión futura de los servicios de oficina de la planta ZERO.

4.4.5 Puesta a Tierra.

Malla a Tierras:

Para garantizar la seguridad del personal y la integridad de los equipos ante fallas de aislamiento o descargas atmosféricas, se proyecta la instalación de un sistema de electrodos de puesta a tierra interconectados. La malla principal estará conformada por un arreglo de tres varillas copperweld de 2.44 m (8 pies) de longitud y un diámetro nominal de 5/8".

Estas varillas se instalarán con una separación mínima de 1.80 m entre sí, cumpliendo con el Art. 250.53 (B) del NEC 2020. La interconexión se realizará mediante conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG, utilizando soldadura exotérmica para asegurar una unión permanente, de baja impedancia y resistente a la corrosión galvánica. Esta malla se vinculará directamente a la acometida principal y a la barra de tierra del tablero TA.

Para la validación del sistema de puesta a tierra, se establece un valor objetivo de entre 1 ohm y 5 ohm tras la instalación, cumpliendo con los valores recomendados en el apartado 4.1.3 de la IEEE 142-2007. No se aceptará una medición superior a los 5 ohm, en caso de que una vez instalado la medición super los 5 ohms se deberá añadir una varilla más respetando las distancias establecidas entre electrodos, asegurando así una disipación eficiente de corrientes de falla y la protección de los variadores de frecuencia y sistemas de control de la planta ZERO.

Tabla 21.

Selección Conductor y Electrodo de Malla a Tierra.

Malla a Tierra Acometida Principal	
Calibre de Conductor	2 - 350 MCM
Calibre Equivalente	700 MCM
Calibre Puesta a Tierra	2/0 AWG
3 x Varilla Copperweld 2.44	5/8"

Puesta a Tierra TN (Nodo 240 V, después de Transformador Seco).

El panel de distribución TN, al ser alimentado por el secundario de un transformador seco, se clasifica técnicamente como un Sistema Derivado Independiente de corriente alterna. En estricto cumplimiento con el Artículo 250.30 (A) del NEC 2020, este sistema debe establecer su propia referencia de tierra física para estabilizar las tensiones de fase a neutro y proporcionar una trayectoria efectiva para las corrientes de falla.

Por tal motivo, el tablero TN contará con una conexión directa hacia la malla de tierras principal mediante un conductor del electrodo de puesta a tierra (GEC) calibre 2/0 AWG. Adicionalmente, se realizará el puente de unión principal (Neutro-Tierra) en este punto para garantizar la actuación inmediata de las protecciones del sistema de 240/120 V.

4.4.6 Fusibles de Media Tensión.

Figura 6.

Capacidad en Amperios de los Fusibles Primarios para Transformadores Monofásicos.

Capacidad Transform. KVA	Fusibles SLOFAST o Echostar			Fusibles Tipo "K"		
	4KV	13KV	34,5KV	4KV	13KV	34,5KV
3 ó menos	1,3	—	—	2	—	—
5	2,1	0,7	0,2	2	2	—
7,5	3,1	—	0,3	2	—	—
10	4,2	1,4	0,4	3	2	—
15	6,3	2,1	0,6	3	2	1
25	10,4	3,5	1,3	8	3	1
37,5	14	5,2	1,6	10	6	1
50	21	7,0	2,1	12	8	1
75	32	10,4	3,5	20	12	2
100	46	14	5,2	30	12	3
167	—	21	7,8	40	20	3
250	—	32	14	65	40	6
333	—	46	—	80	40	8

Los fusibles tipo "K" se deben usar únicamente cuando no se dispone del tipo SLOFAST o similar.

Nota: Con los datos encontrados en la figura se escogen los valores de fusible aceptados y previamente estudiados para cumplir con la correcta coordinación de protecciones, suministrado por el CNFL.

Siguiendo los parámetros de la tabla para selección de fusibles de media tensión del lado primario, se disponen de tres transformadores de 100 kVA, se seleccionan los Fusibles para 34,5 kV con valor nominal de 5,2 A.

4.4.7 Especificaciones de Poste de Media Tensión.

Para el poste de media tensión se deben seguir los lineamientos especificados por el Manual de Acometidas Eléctricas ARESEP, Por lo que se realizará con un poste de 13 m, cumpliendo con los elementos mostrados en la siguiente figura del Manual de Acometidas.

4.4.8 Requisitos de Obra Civil: Bóveda de Transformadores (Tipo A)

El diseño de la infraestructura civil para el banco de transformación de 300 kVA se fundamenta en los lineamientos técnicos del Manual de Acometidas Eléctricas (ARESEP). Se selecciona una Bóveda Tipo A como la solución óptima para el espacio disponible, garantizando el cumplimiento normativo de seguridad y operación.

4.4.8.1 A. Dimensionamiento Estructural (Norma ARESEP)

Tipo de Bóveda: Tipo A.

Dimensiones Internas: Largo: 4.0 m | Ancho: 3.0 m | Alto: 2.5 m.

Materiales: Paredes de concreto armado o bloque relleno (15 cm mín.) y losa de techo (10 cm mín.) con desnivel del 1%, según el Código Sísmico Nacional.

Puertas de Acceso: Doble hoja de acero laminado (3 mm), medidas de 0.75 m x 2.10 m cada una, con apertura hacia afuera y rotulación de seguridad reglamentaria.

4.4.8.2 B. Control de Seguridad y Medio Ambiente

Gestión de Aceite: Piso con desnivel del 1% hacia un ducto de 76 mm que conecta a un depósito de recolección de aceite.

Fosa Colectora: El depósito incluye un filtro de piedra cuarta (20 cm mín.) para sofocar posibles llamas y evitar derrames al sistema de alcantarillado público.

Umbral de Contención: Murete de concreto de 10 cm de altura en el acceso para evitar la salida de líquidos al exterior.

4.4.8.3 C. Ventilación Natural

Cálculo de Área: Se destinan 6,000 cm² totales de ventilación (20 cm² por kVA instalado).
Distribución de Boquetes: 50% en la parte inferior (entrada de aire) y 50% en la parte superior (salida de calor), protegidos con celosía y cedazo fino de 25 mm². (ARESEP)

4.4.8.4 D. Canalizaciones y Puesta a Tierra

Ductería Primaria: Dos tubos de 150 mm (6") a 1 metro de profundidad, recubiertos con 10 cm de concreto y cinta de advertencia de alto voltaje.

Sistema de Tierra: Todas las partes metálicas (puertas, ductos, canastas) deben estar interconectadas al sistema de puesta a tierra, garantizando una resistencia no mayor a 10 ohm (cumpliendo con el diseño de 3-5 ohm de la planta ZERO).

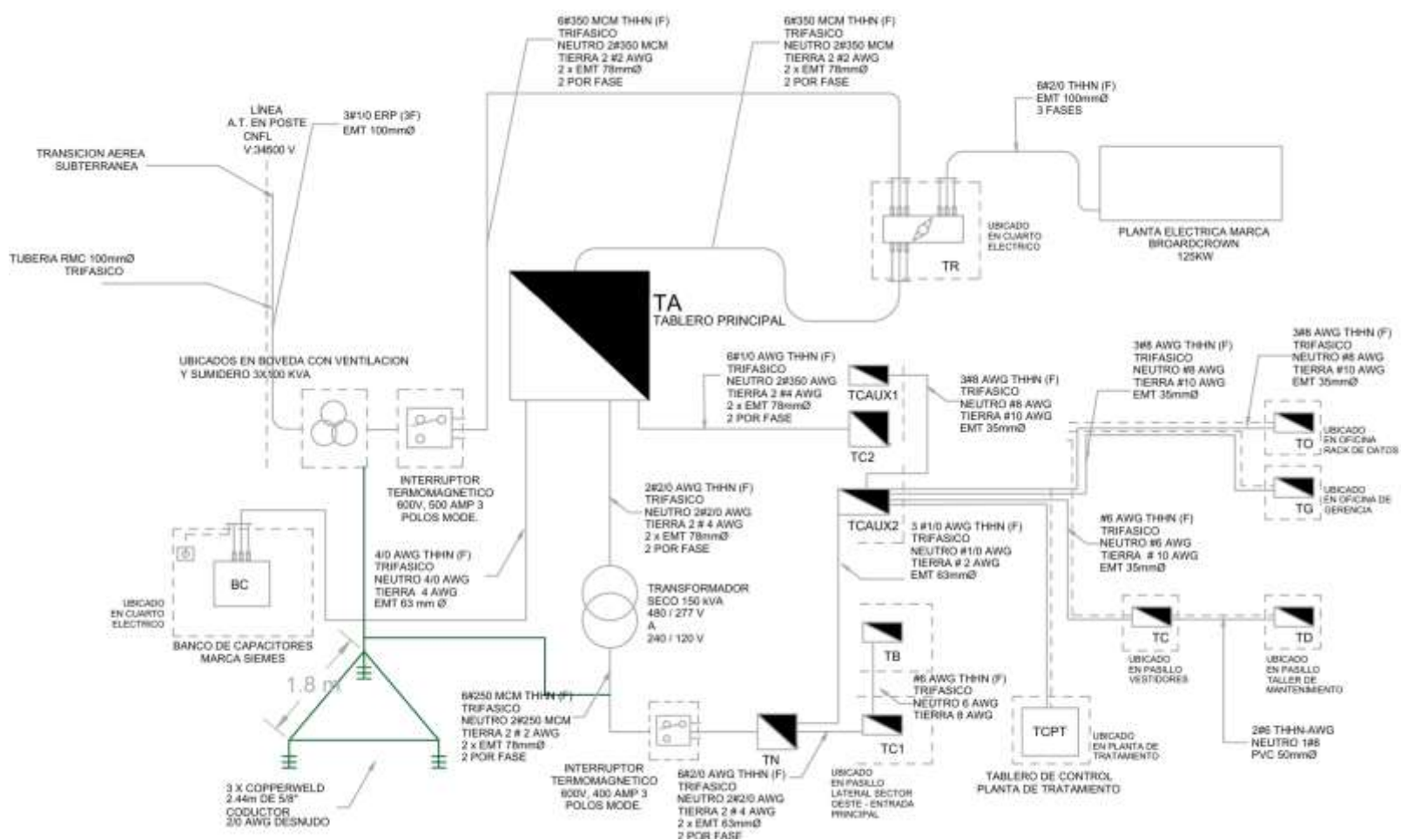
(Figuras Informativas de la Bóveda en Anexo 1.)

4.4.9 Diagrama Unifilar General Proyecto.

Como síntesis de la arquitectura eléctrica diseñada para la Planta ZERO, se presenta el diagrama unifilar que integra desde la acometida de media tensión en 34.5 kV hasta los subtableros de distribución final. Este esquema detalla la jerarquía de las protecciones, los calibres de los alimentadores principales y la configuración de los sistemas derivados.

Figura 7.

Diagrama Unifilar Proyecto.



4.4.10 Capacidad de Crecimiento

El diseño del nuevo sistema de 300 kVA garantiza una capacidad de expansión inmediata del 26.2%, al situarse la demanda máxima proyectada en 237.68 kVA. Este margen de reserva de 62.32 kVA cumple con el objetivo general de la investigación, permitiendo que la Planta ZERO incorpore nueva maquinaria de refrigeración o procesos industriales sin el riesgo de disparos en las protecciones de media tensión que limitaban su operatividad histórica. Este 26.2% es suficiente en

especial tomando en cuenta que la empresa no tiene planeado compra de nueva maquinaria y se ven limitados por el espacio físico de la planta.

Técnicamente, esta escalabilidad se ve potenciada por la migración a 480/277 V, lo que reduce las corrientes de operación y permite el uso de conductores más eficientes para futuras cargas. Los tableros diseñados cuentan con barras y espacios de reserva física suficientes para absorber este crecimiento proyectado, eliminando la necesidad de inversiones estructurales adicionales en el mediano plazo y asegurando la continuidad del negocio.

4.4.11 Consideraciones sobre la Calidad de Energía

Durante la fase de diagnóstico, se evaluó la pertinencia de realizar un estudio formal de calidad de energía (armónicos, transitorios y factor de potencia). Sin embargo, tras el levantamiento técnico, se determinó que las condiciones actuales de la planta invalidan la ejecución de dicho estudio por las siguientes razones:

- **Saturación Crítica del Sistema:** Al operar el banco de transformación a un 158.4% de su capacidad nominal, los parámetros de red se encuentran distorsionados por el estrés térmico y la caída de tensión extrema. Realizar mediciones en estas condiciones no arrojaría datos representativos, sino que reflejaría los efectos secundarios de una sobrecarga severa ya diagnosticada.
- **Efecto de Filtrado del Diseño Propuesto:** El nuevo diseño incorpora un transformador seco de 150 kVA (480 V a 240/120 V) para las cargas remanentes. Técnicamente, este equipo actúa como una barrera de aislamiento galvánico, lo que proporciona un filtrado natural de armónicos de alta frecuencia y ruidos eléctricos entre el sistema de potencia principal y las cargas de distribución secundaria. Este beneficio intrínseco del diseño mitiga parte de las perturbaciones que podrían haberse detectado en un estudio previo.
- **Cambio de Arquitectura de Red:** Debido a la transición de 240 V a 480 V, los perfiles de carga y el comportamiento de los equipos cambiarán drásticamente. Por tanto, cualquier medición realizada en el sistema antiguo carecería de valor técnico para la operación del nuevo sistema diseñado, siendo más eficiente realizar dicho análisis como una fase de post-instalación para ajustar el factor de potencia final.

4.4.12 Consolidación de Diseño.

La configuración eléctrica detallada en los apartados anteriores constituye la base técnica sobre la cual se cimentará la operatividad de la Planta “ZERO”. Al integrar los estándares del Manual de Acometidas de la ARESEP y el Código Eléctrico Nacional, el diseño propuesto trasciende el simple cumplimiento normativo para convertirse en una estrategia de continuidad del negocio. La implementación de una Bóveda Tipo A, junto con un sistema de puesta a tierra de baja impedancia ($\leq 5\text{ohm}$) y una coordinación de protecciones precisa en 34.5 kV, garantiza un entorno de trabajo seguro y una infraestructura capaz de soportar la demanda industrial actual y futura. Esta robustez técnica es la que asegura que los activos de la empresa estén protegidos contra disturbios eléctricos y fallas catastróficas. Una vez validada la arquitectura del sistema, su escalabilidad y su cumplimiento con el marco legal vigente, el siguiente segmento presenta el Análisis de Costos y Presupuesto. En dicha sección, se desglosará la inversión económica requerida para transformar este diseño en una solución real, segura y viable para la compañía.

4.5 Análisis de Costos y Presupuesto.

Para la valoración económica de la infraestructura eléctrica de la Planta ZERO, se realizó un levantamiento técnico de materiales basado en el diseño expuesto anteriormente. Los precios presentados corresponden a cotizaciones de mercado actualizadas y recientes, utilizando como referencia proveedores líderes en Costa Rica y elementos certificados con el sello UL y cumpliendo con los lineamientos del Manual de Acometidas de la ARESEP.

El presupuesto se ha estructurado en dos etapas lógicas de ejecución para facilitar la gestión del flujo de caja y la prioridad técnica de la obra:

Etapas 1: Infraestructura de Potencia y Obra Civil

Etapas 2: Distribución Secundaria y Centros de Carga

4.5.1 Etapas 1: Infraestructura de Potencia y Obra Civil

La Etapa 1 representa la columna vertebral del proyecto, abarcando desde la interconexión con la red de media tensión de la CNFL hasta la distribución principal en baja tensión (480 V y 240/120 V). Esta fase concentra el 87% de la inversión total, con un monto de ₡ 42,400,153.66 según se desglosa a continuación, sustentado por cotizaciones realizadas a distintas empresas (ver Anexo 2).

4.5.1.1 Componentes Principales (Etapas 1):

- **Acometida y Transformación:** Suministro de poste de 13 m, protecciones de 34.5 kV y el banco de tres transformadores de 100 kVA cada uno.
- **Obra Civil de Bóveda:** Construcción de la Bóveda Tipo A bajo normativa de ARESEP, incluyendo fosa de aceite y ventilación natural.
- **Gestión de Voltajes Auxiliares:** Instalación del Transformador Seco de 150 kVA (480 V a 240/120 V), vital para el Tablero TN y cargas monofásicas.
- **Tableros de Potencia:** Suministro de paneles EATON (TA y TN) con interruptores de 500 A y 400 A respectivamente.

- **Sistemas de Protección:** Instalación de supresor de transientes de 120 kA y conductores de gran calibre (350 MCM y 250 MCM) para minimizar caídas de tensión.

4.5.1.2 Resumen de Costos Etapa 1

Tabla 22.

Resumen de Costos Etapa 1 (Página 1 de 2).

ETAPA 1 Página 1/2						
Item	Descripción	Cantidad	Tipo	Precio Unitario	Precio Total	Moneda
1	POSTE CONCRETO	1	13 m	€850,000.00	€850,000.00	CRC
2	TRANSFORMADOR 100KVA	3	Monofásico (100 kva)	€2,900,840.00	€8,702,520.00	CRC
3	Kit Instalación Media Tensión (Para rayos, Fusibles 2.5 A, cut-outs)	1	KIT	€3,100,000.00	€3,100,000.00	CRC
4	Conductor 1/0 AWG Media tensión	120	EPR	€8,235.00	€988,200.00	CRC
5	Transformador Seco 150 kva	1	480 a 240/120 V	€1,227,610.80	€1,227,610.80	CRC
6	Bóveda de Concreto Materiales	1	Boveda concreto con ventilación y zumidero	€685,000.00	€685,000.00	CRC
7	Mano de Obra (Poste y Bóveda)	1	Instalación de Poste, Construcción Bóveda y Backhoe	€1,355,000.00	€1,355,000.00	CRC
8	Panel Board TA	1	EATON PRL4X Barras de 600 A 38 Espacios	€567,156.03	€567,156.03	CRC
9	Panel Board TN	1	EATON PRL3 Barras de 600 A 38 Espacios	€567,156.03	€567,156.03	CRC
10	Conductor 4/0 AWG (m)	80	THHN	€11,000.00	€880,000.00	CRC
11	Conductor 2/0 AWG (m)	300	THHN	€7,298.96	€2,189,688.00	CRC
12	Conductor 1/0 AWG (m)	250	THHN	€5,285.87	€1,321,467.50	CRC
13	Conductor 2/0 desnudo cobre (m)	35	THHN	€8,051.00	€281,785.00	CRC
14	Conductor 4 AWG verde (m)	30	THHN	€2,419.00	€72,570.00	CRC
15	Conductor 6 AWG verde (m)	60	THHN	€1,840.00	€110,400.00	CRC
16	Conductor 2 AWG verde (m)	30	THHN	€4,037.00	€121,110.00	CRC
17	Conductor 350 MCM (m)	150	THHN	€16,889.90	€2,533,485.00	CRC
18	Conductor 250 MCM (m)	150	THHN	€13,212.00	€1,981,800.00	CRC
19	Varilla Copperweld	3	3 m x 5/8 UL	€10,400.00	€31,200.00	CRC
20	Conector Barril Cobre	12	RKS-25	€1,875.00	€22,500.00	CRC
21	Supresor de Transientes	1	120 KA EATON	€132,975.70	€132,975.70	CRC
22	Canalizaciones Eléctricas (EMT)	/	Toda la Canalización Con Soportes Necesarios Para el Proyecto	€1,031,253.45	€1,031,253.45	CRC
23	Canalizaciones Eléctricas (PVC)	/	Toda la Canalización Con Soportes Necesarios Para el Proyecto	€136,169.74	€136,169.74	CRC
24	Soldadura Exotérmica Puesta a Tierra	3	Union Conductor a Tierra Soldadura Exotérmica	€31,191.57	€93,574.71	CRC
25	Breaker TA 500 A + Kit de Breaker en Tablero	1	Breaker 500 A 35kA y Kit de Montaje Breaker en PRL4X	€1,356,000.00	€1,356,000.00	CRC

Tabla 23.

Resumen de Costos Etapa 1 (Página 2 de 2).

ETAPA 1 Página 2/2						
Item	Descripción	Cantidad	Tipo	Precio Unitario	Precio Total	Moneda
26	Montaje Panel Board TA + Protecciones de Circuitos	1	Todos los elementos para el Tablero con sus Respectivas Protecciones de Ramales	€809,312.51	€809,312.51	CRC
27	Breaker 400 A TN	1	Breaker 35 KAIC 400 A + Kit de montaje de Breaker	€435,320.00	€435,320.00	CRC
28	Montaje Panel Board TN + Protecciones de Circuitos	/	Todos los elementos para el Tablero con sus Respectivas Protecciones de Ramales	€661,570.56	€661,570.56	CRC
29	Breaker 40 A para PC5 MINIPOWER	1	40 A 3P 10kA	€54,237.00	€54,237.00	CRC
30	Imprevistos	/	Resguardo Imprevistos	/	€4,836,723.76	CRC
31	Mano de Obra (Instalación Eléctrica)	/	Contempla Toda la Etapa 1	/	€5,264,367.87	CRC
				TOTAL	€42,400,153.66	

Beneficios: Esta etapa garantiza la estabilidad eléctrica de la planta. Al incluir el transformador seco de 150 kVA y protecciones de marca líder, se asegura que tanto la maquinaria pesada como los equipos de control operen sin interferencias y con un respaldo de potencia escalable.

También, se solucionó el problema de la protección del PC5 MINIPOWER que se encuentra sobredimensionado su OCPD, en esta etapa eso será solucionado.

Nota: TCAUX2 y TC1 serán alimentados para mantener su funcionamiento hasta su sustitución en Etapa 2.

4.5.2 Etapa 2: Distribución y Ramales

La segunda etapa del proyecto comprende la distribución de energía desde los tableros principales hacia los equipos específicos de producción y servicios. Con una inversión de ¢ 5,673,340.47, esta fase asegura que cada sector de la planta cuente con una alimentación eléctrica independiente y protegida.

4.5.2.1 Componentes Principales (Etapa 2):

- **Tableros de Distribución Secundaria:** Suministro e instalación de los gabinetes TC1 (Barras 400 A) y TC AUX 2 (Barras 225 A) para la segregación de cargas de proceso.
- **Protecciones de Ramales:** Incorporación de interruptores de 250 A y 125 A con alta capacidad de interrupción (35 kAIC) para una selectividad de disparo precisa.
- **Red de Conductores:** Suministro de cableado en calibres #6, #8 y #10 AWG, utilizando el código de colores normativo (incluyendo naranja para fase elevada) para una fácil identificación en mantenimiento.
- **Canalizaciones y Soportería:** Instalación de tubería EMT y PVC donde sea necesaria.
- **Puesta en Marcha:** Contempla la mano de obra especializada para el peinado de tableros, rotulación de circuitos y pruebas de aislamiento finales.

4.5.2.2 Resumen de Costos Etapa 2

Tabla 24.

Resumen de Costos Etapa 2.

ETAPA 2						
Página 1/1						
Item	Descripción	Cantidad	Tipo	Precio Unitario	Precio Total	Moneda
1	Panel Board TC1	1	Barras de 400 A	€333,806.73	€333,806.73	CRC
2	Panel Board TC AUX 2	1	Barras de 225 A	€254,305.31	€254,305.31	CRC
3	Breaker 250 A	1	Breaker 35 KAIC 250 A + Kit de montaje de Breaker	€265,000.00	€265,000.00	CRC
4	Montaje Panel Board TC1 + Protecciones de Circuitos	1	Todos los elementos para el Tablero con sus Respectivas Protecciones de Ramales	€769,903.41	€769,903.41	CRC
5	Montaje Panel Board TCAUX2 + Protecciones de Circuitos	1	Todos los elementos para el Tablero con sus Respectivas Protecciones de Ramales	€383,501.15	€383,501.15	CRC
6	Breaker 125 A	1	Breaker 35 KAIC 125 A + Kit de montaje de Breaker	€270,360.87	€270,360.87	CRC
7	Conductor 8 AWG Naranja (Fase Elevada) (m)	250	THHN	€837.00	€209,250.00	CRC
8	Conductor 8 AWG Azul (m)	250	THHN	€837.00	€209,250.00	CRC
9	Conductor 8 AWG Negro (m)	250	THHN	€837.00	€209,250.00	CRC
10	Conductor 10 AWG Verde (m)	100	THHN	€573.89	€57,389.00	CRC
11	Conductor 8 AWG Blanco (m)	60	THHN	€837.00	€50,220.00	CRC
12	Conductor 6 AWG Naranja (Fase Elevada) (m)	85	THHN	€1,410.00	€119,850.00	CRC
13	Conductor 6 AWG Azul (m)	85	THHN	€1,410.00	€119,850.00	CRC
14	Conductor 6 AWG Negro (m)	85	THHN	€1,410.00	€119,850.00	CRC
15	Conductor 10 AWG Naranja (m)	500	THHN	€573.89	€286,945.00	CRC
16	Conductor 10 AWG Azul (m)	500	THHN	€573.59	€286,795.00	CRC
17	Conductor 10 AWG Negro (m)	500	THHN	€573.89	€286,945.00	CRC
18	Conductor 10 AWG Blanco (m)	100	THHN	€573.89	€57,389.00	CRC
19	Imprevistos	/	Resguardo Imprevistos	/	€643,479.07	CRC
20	Mano de Obra (Instalación Eléctrica)	/	Conemple Toda la Etapa 2	/	€740,000.93	CRC
TOTAL					€5,673,340.47	

Beneficios: La importancia de esta etapa radica en la continuidad operativa. Al independizar los sectores (como la planta de tratamiento o áreas auxiliares), se garantiza que una falla local no detenga la producción principal en el tablero TA. Además, el uso de conductores certificados previene paros por sobrecalentamiento, asegurando una vida útil prolongada de la instalación.

También, se solucionará el TC1 que presentó, varios incumplimientos técnicos que ponen en riesgo la seguridad de la empresa. Y se soluciona el dimensionamiento de los alimentadores de los tableros derivados de TCAUX2.

Nota: Para una revisión detallada de las especificaciones técnicas y los desgloses de precios por proveedor, favor remitirse al **Anexo 2: Cotizaciones y Fichas Técnicas**, donde se encuentran los documentos que respaldan cada partida presupuestaria de este capítulo.

4.6 Síntesis de Resultados.

Tras completar el análisis técnico y el desglose presupuestario, se presentan los resultados consolidados que validan la implementación de la infraestructura eléctrica para la Planta ZERO:

- **Capacidad y Suficiencia Energética:** El diseño del banco de transformación de 300 kVA asegura una potencia firme para la operación simultánea de la maquinaria industrial. Esto garantiza que el sistema soporte las corrientes de arranque sin afectar la estabilidad del voltaje en el resto de la planta.
- **Garantía de Seguridad y Cumplimiento:** La construcción de la Bóveda Tipo A y la red de puesta a tierra cumplen estrictamente con el Manual de ARESEP. Estos elementos no son solo requisitos legales, sino barreras físicas que protegen la integridad del personal y los equipos ante fallas críticas o descargas atmosféricas.
- **Continuidad Operativa mediante Segregación:** Al dividir la distribución en dos etapas y utilizar tableros independientes (TC1 y TC AUX 2), se logra un sistema selectivo. Esto permite que una eventualidad en un sector secundario no interrumpa la producción principal, facilitando además el mantenimiento preventivo.
- **Sostenibilidad de la Inversión:** El presupuesto total de ₡ 48,073,494.13 está respaldado por el uso de materiales de alta calidad y conductores dimensionados para reducir pérdidas por calor. Esta selección técnica asegura una larga vida útil de la instalación y reduce la necesidad de reinversiones por fallas prematuras en los componentes.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó que el sistema eléctrico de la Planta ZERO se encuentra en un estado de obsolescencia crítica. El hallazgo más significativo fue una demanda real proyectada de 237.68 kVA, lo que representa una sobrecarga del 158.4% respecto a la capacidad nominal instalada de 150 kVA. Esta saturación extrema valida técnicamente la inestabilidad del sistema y la urgencia de la intervención.

El estudio de ingeniería basado en el NEC 2020 reveló una brecha de seguridad alarmante, con un promedio de cumplimiento general de apenas el 60.7%. Se identificaron riesgos severos de incendio en los tableros TA, TC1 y TC AUX 2, donde la mayoría de los conductores carecen de una protección térmica coordinada, contraviniendo el Artículo 240.4 del código eléctrico.

Se confirmó que la causa raíz de las fallas en las protecciones de media tensión y los parpadeos de voltaje es el déficit de potencia. Al superar la capacidad del banco de transformación en más de un 50%, el sistema opera bajo una condición de estrés térmico permanente, lo que provoca la degradación acelerada de los aislamientos y disparos por sobrecarga.

Se diseñó una solución integral de 300 kVA en 480/277 V, la cual cubre la demanda de 237.68 kVA y provee un margen de reserva del 26.2% para futuras expansiones. La transición a 480/277 V y la implementación de una Bóveda Tipo A garantizan una infraestructura de alto desempeño, reduciendo las corrientes de operación y optimizando la eficiencia energética.

Se concluye que el diseño propuesto dota a la Planta ZERO de una reserva de potencia del 26.2% (62.32 kVA adicionales), eliminando las barreras técnicas que históricamente frenaron la expansión de la línea de producción. La infraestructura diseñada permite la integración inmediata de nuevos activos industriales sin comprometer la estabilidad del sistema ni requerir inversiones estructurales en el mediano plazo.

Se determinó que la inclusión de un transformador seco de 150 kVA para las cargas secundarias funciona como una barrera de aislamiento galvánico, lo que proporciona un filtrado natural de

ruidos y armónicos de alta frecuencia. Esta solución técnica mejora la calidad de la energía interna y protege los equipos electrónicos sensibles, invalidando la necesidad de un estudio de calidad previo bajo las actuales condiciones de saturación crítica del sistema.

Se detalló una inversión total de ¢ 48,073,494.13, desglosada en dos etapas estratégicas. Este presupuesto demuestra ser una inversión necesaria, ya que mitiga los costos por paros de producción, previene daños catastróficos en activos críticos y asegura la continuidad operativa bajo estándares de seguridad normativos rigurosos.

5.2 Recomendaciones

Con el fin de asegurar la sostenibilidad técnica y operativa de la nueva infraestructura eléctrica, se proponen las siguientes recomendaciones:

- **Ejecución Prioritaria de la Etapa 1:** Se recomienda iniciar la implementación de la Bóveda Tipo A y el cambio del banco de transformación a 300 kVA de forma inmediata. Dado que el sistema actual opera con una sobrecarga del 158%, cualquier retraso en la inversión primaria aumenta exponencialmente el riesgo de una falla catastrófica en la acometida de media tensión.
- **Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP):** Superar la cultura del mantenimiento correctivo mediante la programación de termografías anuales en los tableros TA, TC1 y TC2. Esto permitirá detectar puntos calientes antes de que se conviertan en fallas por arco eléctrico, protegiendo la inversión de \$48.1 millones.
- **Migración Progresiva a Cargas de 480 V:** Aprovechar la nueva disponibilidad de voltaje para que toda nueva adquisición de maquinaria pesada (compresores o chillers) sea en 480 V trifásico. Esto permitirá descargar paulatinamente el transformador seco de 150 kVA, reduciendo las pérdidas por transformación y optimizando la eficiencia energética global de la planta.
- **Estudio de Coordinación de Protecciones y Arc Flash:** Una vez finalizada la instalación física: se recomienda realizar un estudio de ingeniería de detalle para el ajuste fino de los breakers electrónicos. Esto garantizará una selectividad total, asegurando que, ante una falla local, solo se desconecte el circuito afectado y no toda la planta.
- **Capacitación Técnica del Personal:** Instruir al personal de mantenimiento sobre la nueva arquitectura del sistema y la importancia de respetar la rotulación de los tableros. La seguridad operativa depende de que no se realicen conexiones empíricas o "puentes" que invaliden la coordinación de protecciones diseñada en esta tesis.
- **Monitoreo del Factor de Potencia:** Tras la actualización de los tableros, es vital realizar una medición del factor de potencia para recalibrar el banco de capacitores existente. Un sistema eficiente debe mantenerse por encima de 0.90 para evitar penalizaciones en la facturación eléctrica de la CNFL.

- Gestión de la Reserva de Potencia para Expansión: Se recomienda a la administración de la Planta ZERO que cualquier expansión de la línea de producción se planifique dentro del margen del 26.2% (62.32 kVA) de reserva técnica diseñado. Superar este límite sin una reevaluación previa del banco de transformación de 300 kVA podría comprometer la vida útil de los equipos y reducir los niveles de eficiencia energética alcanzados con esta propuesta.
- Estudio de calidad de Energía: se recomienda programar un estudio formal de calidad de energía una vez que la nueva infraestructura de 300 kVA se encuentre en operación plena. Dado que la saturación crítica del sistema antiguo impedía obtener datos representativos, esta auditoría permitirá realizar el ajuste final de la compensación de reactivos para el nuevo perfil de carga de 480 V y establecer una línea base técnica de distorsión armónica que garantice la confiabilidad operativa a largo plazo.

Referencias Bibliográficas

- ARESEP. (n.d.). *INSTALACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS*. ARESEP.
- Chapman. (2012). *Máquinas Eléctricas (5.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Chaves, S. A. (Julio, 2025). Rediseño Eléctrico y Análisis Comparativo de Costos para el cambio de un Sistema. 182.
- CIEMI. (2011). *RTCR 458*. Retrieved from CIEMI: <https://ciemicr.org/wp-content/uploads/2020/03/Decreto-del-Codigo-Elctrico-de-Costa-Rica.pdf>
- CIEMI. (2021, Marzo 10). *Coordinación de Protecciones de Sobrecorriente y Sobretensión en Media*. Retrieved from CFIA, CIEMI: https://servicios.cfia.or.cr/CFIAMAIL/Archivos/Programa%20Coordinación%20de%20Protecciones_8V509AItUW.pdf
- EATON. (2021). *Paneles: fundamentos de los paneles de distribución eléctrica*. Retrieved from EATON.
- EATON. (2022, Enero). *EATON*. Retrieved from Cordination Guide : <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/company/partnering-with-eaton/channel-panel-builder-programme/documents/eaton-selectivity-filiation-catalogue-ps015002en-en-us.pdf>
- ELAND. (2026). *¿Cuáles son las ventajas de los cables con aislamiento EPR?* Retrieved from ELANDCABLES: https://www-elandcables-com.translate.goog/the-cable-lab/faqs/faq-what-are-the-benefits-of-epr-insulated-cables?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- FLUKE. (2025). *FLUKE*. Retrieved from FLUKE: <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/electrica/las-verdaderas-medidas-de-cargas-no-lineales-exigen-un-instrumento-de-medida-de-verdadero-valor-eficaz#:~:text=Las%20cargas%20no%20lineales%20proceden,lugar%20de%20una%20onda%20sinusoidal>.
- Glover, J., Overbye, T., & Sarma, M. (2011). *Power System Analysis and Design (5th ed.)*. Cengage Learning.
- Grupo ORS. (2024). *Guía Esencial sobre la Coordinación de Protecciones Eléctricas*. Retrieved from Grupo ORS: <https://grupoors.com.mx/2024/04/23/guia-esencial-sobre-la>

coordinacion-de-protecciones-electricas

Harper, E. (2004). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. Limusa.

Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.

HONREY. (2026). *Cable THW vs. THHN vs. THWN: ¿Cuál es la diferencia?* Retrieved from HONREY CABLE : <https://es.honreycable.com/blog/cable-thw-vs-thhn-vs-thwn-cual-es-la-diferencia/>

IEE 551. (2006). *Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*. Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.

Industronic. (2023, Diciembre 1). *Diferencias entre un supresor de picos o regulador de voltaje*. Retrieved from Industronic: <https://grupoindustronic.com/diferencias-entre-un-regulador-y-un-supresor-de-picos>

INGENIO ELECTROCIVIL. (2025, 09 25). *Tipos de protección eléctrica en instalaciones y su relevancia en el diseño*. Retrieved from INGENIO ELECTROCIVIL: <https://www.ingenioelectrocivil.com/publicaciones/electrico/tipos-de-proteccion-electrica-en-instalaciones-y-su-relevancia-en-el-diseno>

Javeri, A. (2026). *Tipos de carga eléctrica: resistiva, inductiva y capacitiva*. Retrieved from NY-Engineers: https://www-ny--engineers-com.translate.google.com/blog/top-3-types-of-electrical-load-resistive-inductive-capacitive?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Kuphaldt, T. R. (n.d.). *Configuraciones trifásicas Y y Delta*. Retrieved from libretxts: https://espanol.libretxts.org/Bookshelves/Vocacional/Tecnologia_Electronica/Libro%3A_Circuitos_electricos_II_-_Corriente_alterna_%28Kuphaldt%29/07%3A_Circuitos_de_CA_polifasicos/7.05%3A_Configuraciones_trifasicas_Y_y_Delta

MacNeil, C. (2025, Enero 25). *asana*. Retrieved from <https://asana.com/es/resources/project-budget>

NEC. (2020). *Código Eléctrico Nacional (NFPA 70)*. NFPA.

Nilsson, & Riedel. (2019). *Electric Circuits, 12th edition*. Pearson.

Post, H. (2024, 06 30). *Códigos de colores de cableado*. Retrieved from <https://trdsf.com/es/blogs/news/una-guia-para-principiantes-sobre-codigos-de-colores-de-cableado?srsId=AfmBOopU4o->

OPNBgJatHujAkVO8vBqSx2v3yNxQUFGH8o7xBKWbtNqe0

Rashid, M. (2017). *Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications (4th ed.)*. Pearson.

Retana Tenorio, A. (2024). *Propuesta de mejoras al sistema eléctrico de la planta FHACASA en Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Soucy, C. (2020, 09 08). *Función y características de los dispositivos de protección contra sobrecorriente*. Retrieved from Interplay Learning: https://www-interplaylearning-com.translate.goog/blog/the-functions-and-features-of-overcurrent-protection/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Theodore, W. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: Pearson .

WINDER. (2025, 05 08). *Cable de cobre y de aluminio: una guía comparativa detallada*. Retrieved from GRJGRXJ: <https://grwinding.com/es/alambre-de-cobre-vs-alambre-de-aluminio/>

APENDICE

6 APÉNDICE

6.1 APENDICE A Entrevista.

Entrevista al equipo técnico de ZERO

Entrevistado: Técnico - Planta ZERO.

Pregunta 1: Según los registros de operación, el transformador de 150 kVA actual muestra índices de carga elevados. ¿Con qué frecuencia se presentan disparos en las protecciones principales o fallas en el suministro durante los periodos de alta producción?

Respuesta: Se dispara más que todo en verano, porque tenemos que conectar casi todas las maquinas, a veces se desconectan los transformadores y tenemos que llamar a la compañía para que los reconecten y a veces se dispara el breaker de nosotros.

Pregunta 2: Respecto al Tablero TC1, que alimenta los sistemas de enfriamiento, las mediciones indican una carga superior a la capacidad teórica registrada. ¿Se ha observado algún signo de fatiga térmica, como puntos calientes, deformación de conductores o necesidad de sustitución de protecciones en este nodo?

Respuesta: No lo he notado, el cable de ese tablero es 1/0 me parece, pero no sé si estará recalentado.

Pregunta 3: En relación con los eventos de interrupción en la postación que mencionó anteriormente, ¿podría confirmar si estos fallos se deben específicamente a la fusión de los dispositivos de protección de media tensión de la distribuidora?

Respuesta: Se queman las candelas sí, pero casi siempre se dispara primero el breaker, pero ha pasado también.

Pregunta 4: Durante el arranque de motores de gran capacidad o de los contenedores refrigerados, ¿se perciben fluctuaciones de voltaje o parpadeos en los sistemas de iluminación o equipos de oficina?

Respuesta: A veces hay parpadeos, pero nada serio, los equipos de los contenedores suelen estar funcionando siempre, entonces no se notan cambios así.

Pregunta 5: En cuanto a la expansión de la planta, ¿existe una planificación para la integración de nueva maquinaria o ampliación de líneas de producción a corto plazo?

Respuesta: Por espacio ya no podemos meter más maquinaria, sería con el tiempo ir sustituyendo equipos o ampliarnos en otro lado, pero estamos hablando dentro de más de 5 años.

Pregunta 6: Sobre la compensación de energía reactiva, ¿cuál es el estado y lectura actual del factor de potencia en el sistema de medición del tablero principal?

Respuesta: El banco de capacitores del tablero principal marca 0,96 de factor de potencia.

Pregunta 7: De los nodos de distribución inspeccionados (TA, TC1, TC2 y TC AUX 2), ¿cuál ha requerido mayor volumen de intervenciones técnicas o modificaciones por cambios en la carga instalada?

Respuesta: El TC1, pero más que todo no de apretar si no que es al que más cambios le hemos hecho porque hemos metido equipos nuevos ahí. El 480 lo instaló una empresa, ellos hicieron el unifilar de hecho entonces eso lo que le hicimos fue pegarlo al principal nosotros, pero no hemos tenido que hacerle nada.

Pregunta 8: ¿Para terminar, ustedes cuentan con un presupuesto para mejorar el sistema eléctrico?

Respuesta: No tenemos un presupuesto designado para eso, es que nosotros arreglamos si algo falla, pero mientras no tengamos problemas solo vamos dando mantenimiento. Pero si algo se ocupa se le pide a la empresa y el dueño ve si se puede o si tenemos que solucionar de otra forma.

6.2 APENDICE B. Tablas de Mediciones de Campo

Tabla 12.

Mediciones tablero TC2.

TABLERO TC2									
	Alimentador								
	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
	104.6	105.7	96.4	3/0	400	102.23	480	0.9	94.44
Mediciones									
Descripción	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
EMPALMADOR 1 (5HP)	5.80	4.32	5.69	14	20	5.3	480	0.90	4.9
EMPALMADOR 2 (5HP)	5.96	5.63	4.98	14	15	5.5	480	0.90	5.1
EMPALMADOR 3 (5HP)	5.84	5.48	5.12	14	20	5.5	480	0.90	5.1
PORTAROLLOS 1 (6HP)	7.60	7.69	7.83	14	20	7.7	480	0.90	7.1
PORTAROLLOS 2 (6HP)	7.54	7.13	7.54	14	20	7.4	480	0.90	6.8
PORTAROLLOS 3 (6HP)	7.46	7.24	7.51	14	20	7.4	480	0.90	6.8
PORTAROLLOS 1 (6HP)	7.60	7.69	7.83	14	20	7.7	480	0.90	7.1
PORTAROLLOS 2 (6HP)	7.95	8.21	7.54	14	20	7.9	480	0.90	7.3
PORTAROLLOS 3 (6HP)	7.46	7.89	7.51	14	20	7.6	480	0.90	7.0
PORTAROLLOS 1 (6HP)	7.60	7.69	7.83	14	20	7.7	480	0.90	7.1
PORTAROLLOS 2 (6HP)	7.95	8.21	7.54	14	15	7.9	480	0.90	7.3
PORTAROLLOS 3 (6HP)	7.46	7.89	7.51	14	15	7.6	480	0.90	7.0
PC-5 Mini Power	13.86	13.12	12.69	8	60	13.2	480	0.90	12.2

Tabla 13.*Mediciones tablero TCI.*

TABLERO TC1									
	Alimentador								
	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
		186.56	192.73	184.26	1/0	400	187.85	240	0.8
Mediciones									
Descripción	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	Calibre AWG	OCPD	Corriente Promedio / Fase	Voltaje	Factor de Potencia	Potencia demandada (kVA)
CHILER	23.2	22.7	22.3	10	100	22.7	240	0.80	11.8
PALETERA	10.5	9.3	10.8	10	80	10.2	240	0.80	5.3
PALETERA Y COMPRESOR	19.7	22.5	20.1	10	80	20.8	240	0.80	10.8
TABLERO B	12.6	12.6	11.6	10	100	12.3	240	0.80	6.4
TANQUE DE YOGURT	9.0	8.4	10.9	10	100	9.4	240	0.80	4.9
CONTENEDOR 1	12.2	12.7	10.6	2x8 AWG	100	11.8	240	0.80	6.2
CONTENEDOR 2	10.9	12.5	11.7	6	80	11.7	240	0.80	6.1
PLANTA	20.6	21.3	21.0	6	80	21.0	240	0.80	10.9
CALDERA	6.0	7.9	5.3	6	80	6.4	240	0.80	3.3
CHILER	23.4	24.5	24.0	6	80	24.0	240	0.80	12.5
HOMOGENEIZADOR	18.3	18.2	15.2	6	80	17.2	240	0.80	8.9
CONTENEDOR 3	9.5	10.3	10.5	6	60	10.1	240	0.80	5.2
TORRE ENFRIAMIENTO	10.2	10.0	10.9	6	100	27.4	240	0.80	6.0

6.3 APENDICE C. Memorias de Calculo

Diseño de Calibres Tablero TA.

Tabla C.1.

Diseño Calibre y OCPD Alimentador TA.

Diseño de Calibres Alimentador TA	
Calibre (Cu)	350 MCM
Ampacidad 75° (A)	310
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	248
Ampacidad 2 x Fase (A)	496
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	2 AWG
OCPD	500

Tabla C.2

Diseño Calibre y OCPD Alimentador Transf. 480 a 240.

Diseño de Calibres Alimentador Transf. 480-240/120	
Calibre (Cu)	2/0
Ampacidad 75° (A)	175
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	140
Ampacidad 2 x Fase (A)	280
Calibre puesta a tierra equipos	4 AWG
OCPD	250

Caídas de Tensión Tablero TA.

Tabla C.3.

Caídas de Tensión TA.

Tablero TA		Calibres		Tabla 9				Caída de Tensión	
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Fases	Distancia (m)	FP	Resistencia (ohm/km)	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv	
Alimentador Tablero TA	451.05	2- 350 MCM	15	0.96	0.128	0.164	0.16	0.61%	
Tablero TC2	180.42	2-1/0 AWG	16	0.9	0.39	0.18	0.41	0.68%	
Transformador Seco 480-240/120	225.53	2-2/0 AWG	18	0.8	0.33	0.177	0.34	0.80%	

Diseño Calibres TC2

Tabla C.4

Diseño Calibre y OCPD Alimentador TC2.

Diseño de Calibres Alimentador TC2	
Calibre (Cu)	1/0
Ampacidad 75° (A)	150
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	120
Ampacidad 2 x Fase (A)	240
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	4 AWG
OCPD	225

Tabla C.6.

Diseño Calibre y OCPD Portarrollos (6HP).

Diseño de Calibres Circuito Portarrollos (6HP)	
Calibre (Cu)	14 AWG
Ampacidad 75° (A)	20
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	20
Calibre puesta a tierra equipos	12 AWG
OCPD	20

Tabla C.5.

Calibre y OCPD Empalmador (5HP). 480 a 240 V.

Diseño de Calibres Circuitos Empalmador (5HP)	
Calibre (Cu)	14 AWG
Ampacidad 75° (A)	20
Factor de Ajuste por numero de conductores	N/A
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	20
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	12 AWG
OCPD	20

Tabla C.7.

Diseño Calibre y OCPD PC5 MiniPower

PC-5 Mini Power	
Calibre (Cu)	8 AWG
Ampacidad 75° (A)	50
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	40
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	40

Caídas de Tensión TC2.

Tabla C.8.

Caídas de Tensión TC2.

Tablero TC2		Calibres			Tabla 9			Caída de Tensión	
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Con 2.5 para OCPD	Fases	Distancia (m)	FP	Resistencia (ohm/km)	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv
EMPALMADOR 1 (5HP)	8.55	15.80	14 AWG	15	0.90	10.2	0.190	9.24	0.7%
EMPALMADOR 2 (5HP)	8.55	15.80	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.7%
EMPALMADOR 3 (5HP)	8.55	15.80	14 AWG	18	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8%
PORTAROLLOS 1 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	18	0.90	10.2	0.190	9.24	0.968%
PORTAROLLOS 2 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	18	0.90	10.2	0.190	9.24	0.968%
PORTAROLLOS 3 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	18	0.90	10.2	0.190	9.24	0.968%
PORTAROLLOS 1 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PORTAROLLOS 2 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PORTAROLLOS 3 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PORTAROLLOS 1 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PORTAROLLOS 2 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PORTAROLLOS 3 (6HP)	10.08	18.62	14 AWG	16	0.90	10.2	0.190	9.24	0.8604%
PC-5 Mini Power	20.3	37.50	8 AWG	20	0.90	2.56	0.171	2.36	0.553%

Diseño Calibres Tablero TN

Tabla C.9.*Diseño Calibre y OCPD Alimentador TN.*

Diseño de Calibres Alimentador TN	
Calibre (Cu)	250 MCM
Ampacidad 75° (A)	255
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	204
Ampacidad 2 x Fase (A)	408
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	4 AWG
OCPD	350

Tabla C.10.*Diseño Calibre y OCPD Alimentador TC1.*

Diseño de Calibres Alimentador TC1	
Calibre (Cu)	2/0 AWG
Ampacidad 75° (A)	175
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	140
Ampacidad 2 x Fase (A)	280
Calibre puesta a tierra equipos	4 AWG
OCPD	250

Tabla C.11.*Diseño Calibre y OCPD Alimentador TC AUX 2.*

Diseño de Calibres Alimentador TC AUX 2	
Calibre (Cu)	1/0
Ampacidad 75° (A)	150
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	120
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	6 AWG
OCPD	125

Caídas de Tensión TN.

Tabla C.12.*Caídas de Tensión TC2.*

Tablero TN		Calibres			Tabla 9			Caída de Tensión
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Fases	Neutro	FP	Resistencia	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv
Alimentador Tablero TN	350.02	2- 250 MCM	2-250 MCM	0.8	0.177	0.135	0.14	0.86%
Alimentador Tablero TC1	235.75	2-2/0 AWG	2-2/0 AWG	0.8	0.39	0.18	0.31	1.19%
Alimentador Tablero TC AUX 2	117.88	1/0 AWG	1/0 AWG	0.8	0.33	0.177	0.26	0.27%

Diseño Calibres TC1.

Tabla C.13.*Diseño Calibre y OCPD Alimentador TC1.*

Diseño de Calibres CHILLER	Alimentador PALETERA
Calibre (Cu)	10
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.14.*Calibre y OCPD Alimentador Tanque Yogurt.*

Diseño de Calibres Alimentador TABLERO B	Alimentador TANQUE DE YOGURT
Calibre (Cu)	10
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.15.*Diseño Calibre y OCPD Contenedor 1.*

Alimentador CONTENEDOR 1	Alimentador CONTENEDOR 1
Calibre (Cu)	10
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.17.*Diseño Calibre y OCPD Planta.*

Diseño de Calibres PLANTA	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.16.*Calibre y OCPD Paletera y Compresor.*

Alimentador PALETERA Y COMPRESOR	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos	10 AWG
OCPD	50

Tabla C.18.*Calibre y OCPD Chiller 2.*

Diseño de Calibres CHILLER 2	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	60

Tabla C.19.*Diseño Calibre y OCPD Contenedor 3.*

Alimentador CONTENEDOR 3	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.21.*Diseño Calibre y OCPD Homogeneizador.*

Alimentador HOMOGENEIZADOR	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos	10 AWG
OCPD	40

Tabla C.20.*Diseño Calibre y OCPD Caldera.*

Alimentador CALDERA	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.22.*Calibre y OCPD Torre de Enfriamiento*

Alimentador TORRE DE ENFRIAMIENTO	
Calibre (Cu)	10 AWG
Ampacidad 75° (A)	35
Factor de Ajuste por numero de conductores	1.00
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	35
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Caídas de Tensión TC1

Tabla C.23.*Caídas de Tensión TCI.*

TC1		Calibres		Tabla 9				Caída de Tensión	
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Corriente x 2.5 MTR	Fases	Distancia (m) FP	Resistencia (ohm/km)	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv	
CHILER	28	56.8	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	1.89%
PALETERA	13	25.4	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.85%
PALETERA Y COMPRESOR	25.95	51.9	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	1.73%
TABLERO B	15.33	30.7	6 AWG	18	0.8	2.56	0.171	2.140	0.68%
TANQUE DE YOGURT	11.78	23.6	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.79%
CONTENEDOR 1	14.80	29.6	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.99%
CONTENEDOR 2	14.65	29.3	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.98%
PLANTA	26.21	52.4	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	1.75%
CALDERA	7.98	16.0	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.53%
CHILER 2	29.96	59.9	8 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	2.00%
HOMOGENEIZADOR	21.49	43.0	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	1.43%
CONTENEDOR 3	12.62	25.2	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.84%
TORRE ENFRIAMIENTO	14.43	28.9	10 AWG	18	0.8	3.9	0.164	3.208	0.96%

Diseño de Calibres TCAUX2

Tabla C.24.*Diseño Calibre y OCPD Alimentador TCAUX2.*

Diseño de Calibres T Gerencia	
Calibre (Cu)	8 AWG
Ampacidad 75° (A)	50
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	40
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	30

Tabla C.25.*Calibre y OCPD Alimentador TO.*

Alimentador TO	
Calibre (Cu)	8 AWG
Ampacidad 75° (A)	50
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	40
Calibre puesta a tierra equipos	10 AWG
OCPD	40

Tabla C.26.*Diseño Calibre y OCPD TC*

Diseño de Calibres Alimentador TC	
Calibre (Cu)	6 AWG
Ampacidad 75° (A)	65
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	52
Calibre puesta a tierra equipos (Cu)	10 AWG
OCPD	50

Tabla C.27.*Calibre y OCPD TAUX 1F.*

Alimentador T AUX 1F	
Calibre (Cu)	8 AWG
Ampacidad 75° (A)	50
Factor de Ajuste por numero de conductores	0.80
Factor de Ajuste por Temperatura Ambiente (26°)	1
Ampacidad de Diseño	40
Calibre puesta a tierra equipos	10 AWG
OCPD	30

Caídas de Tensión TCAUX2

Tabla C.28.*Caídas de Tensión TC AUX 2.*

TCAUX2		Calibres			Tabla 9		Caída de Tensión	
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Fases	Distancia (m)	FP	Resistencia (ohm/km)	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv
TABLERO T Gerencia	12.76	8 AWG	14	0.8	2.56	0.171	2.12	0.28%
TABLERO TO	38.47	8 AWG	14	0.8	2.56	0.171	2.12	0.85%
TABLERO TC	41.46	6 AWG	14	0.8	1.61	0.167	1.36	0.59%
TABLERO T AUX 1F	22.975	8 AWG	14	0.8	2.56	0.171	2.12	0.51%

Caída de Tensión Acometida de Media Tensión.

Tabla C.29.*Caídas de Tensión Acometida Media Tensión.*

ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN		Calibres			Tabla 9		Caída de Tensión	
Descripción	Corriente de Diseño (A)	Fases	Distancia (m)	FP	Resistencia (ohm/km)	Reactancia (ohm/km)	Impedancia (ohm/km)	%dv
ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN	6.02	1/0 AWG	20	0.96	0.39	0.144	0.40	0.000390%

Figura D.1.

Plano Ubicación Tableros Nuevos / Poste / Bóveda / Transformadores.

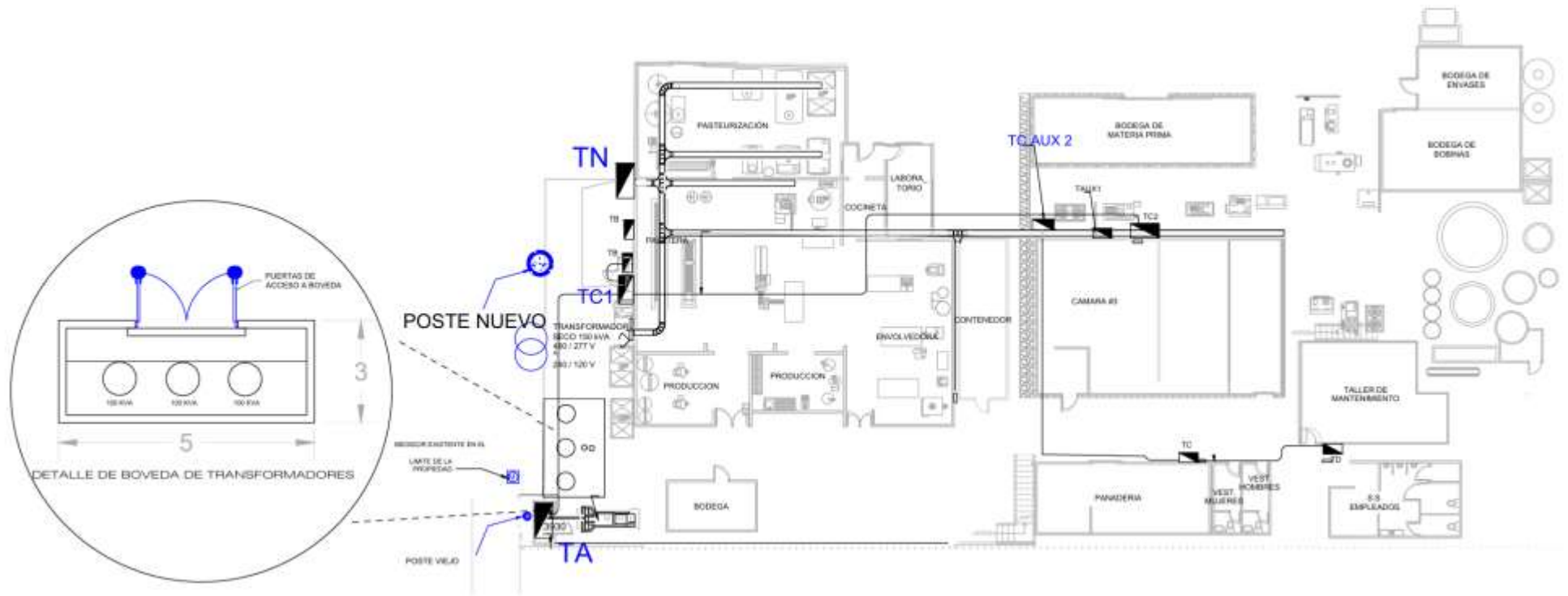


Tabla D.1.*Tabla de Resumen de Proyecto.*

TABLA RESUMEN DEL PROYECTO		
	BANCO TRANSFORMADORES	TABLERO PRINCIPAL (TA)
KVA	300	
IMPEDANCIA	4.75%	
FASES	3	
CORRIENTE DE C.C.	6 kA	
KVA TOTALES		263.53
KVA DEMANDADOS		237.18
FACTOR DE DEMANDA		0.9
FACTOR DE POTENCIA		0.96
LINEAS VIVAS		2x350 MCM
NEUTRO		350 MCM
TIERRA		2/0 AWG
CANALIZACION		RMC 4"
DISTANICA (m)		15
VOLTAJE NOMINAL		480/277
CAIDA DE VOLTAJE		0.68%

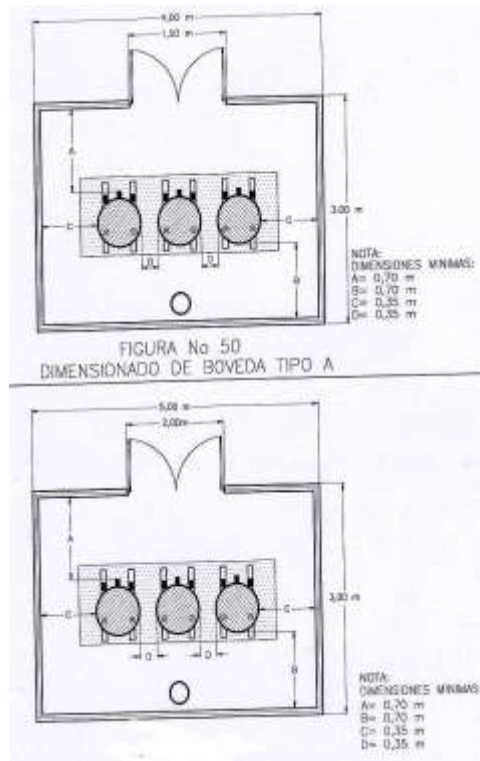
ANEXOS

7 Anexos

7.1 Anexo 1. Especificaciones Bóveda Tipo A y Poste.

Figura 1.1.

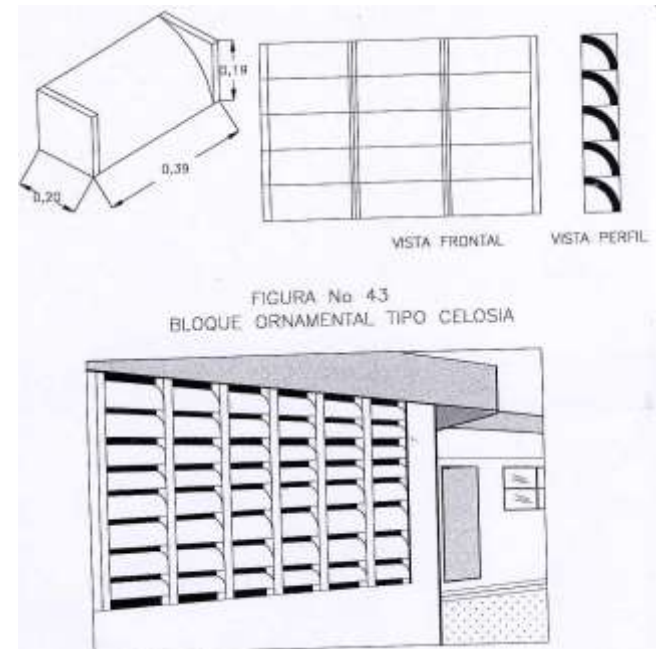
Dimensiones Bóveda Tipo A.



Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

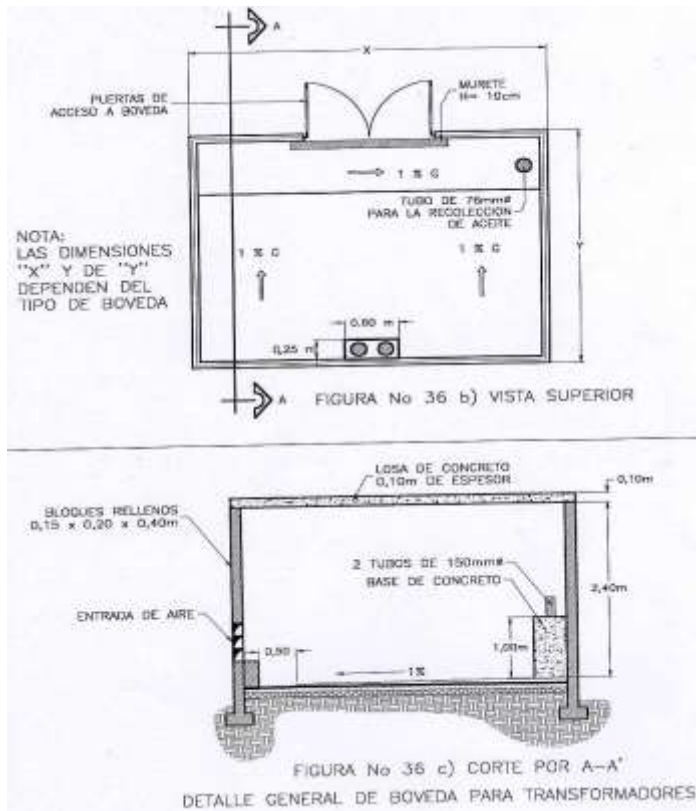
Figura 1.2.

Ventilación Obligatoria



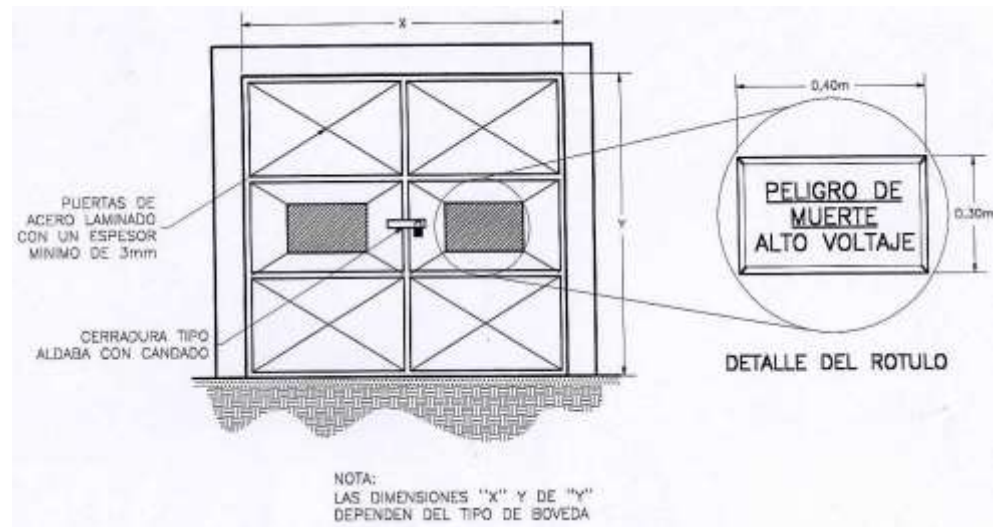
Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

Figura 1.3.
Disposición Bóveda Tipo A.



Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

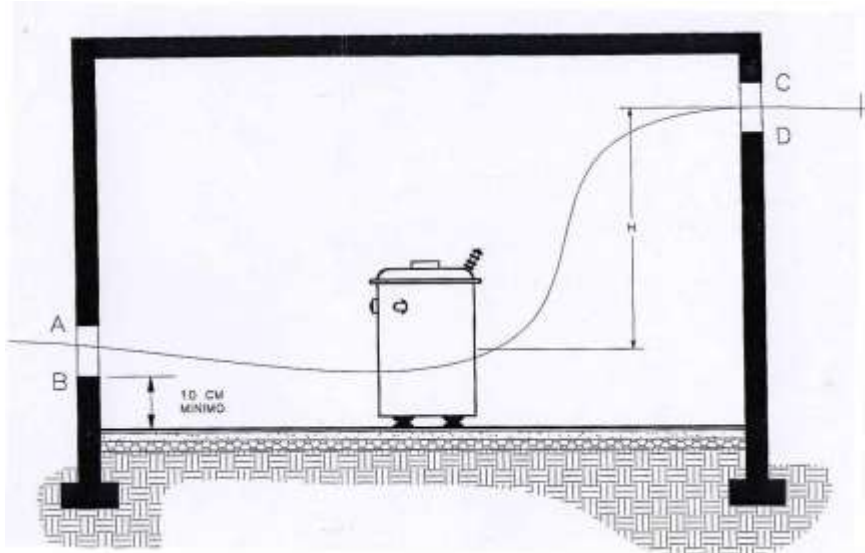
Figura 1.4.
Aviso Alto Voltaje.



Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

Figura 1.5.

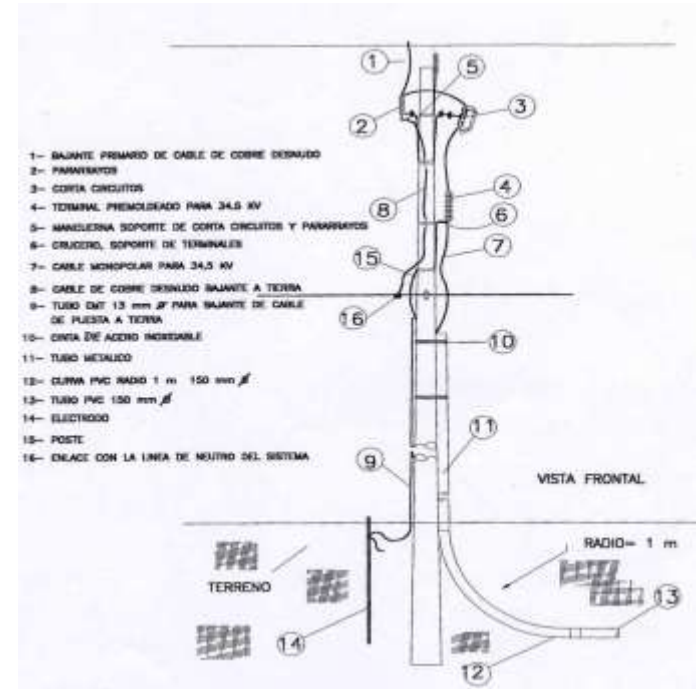
Flujo de Aire y Disposición de Ventil.



Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

Figura 1.6.

Elementos del Poste de Media Tensión

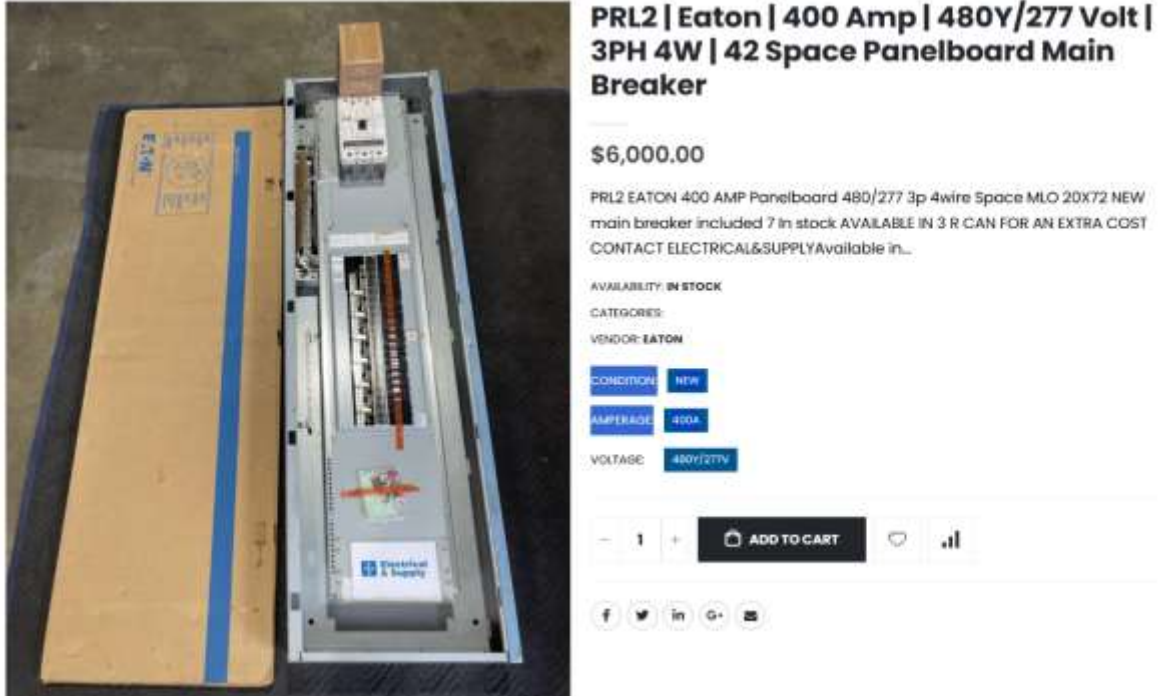


Nota: Recuperado del Manual de Acometidas ARESEP.

7.2 Anexo 2. Cotizaciones (Referencias de Costos).

Figura 2.1.

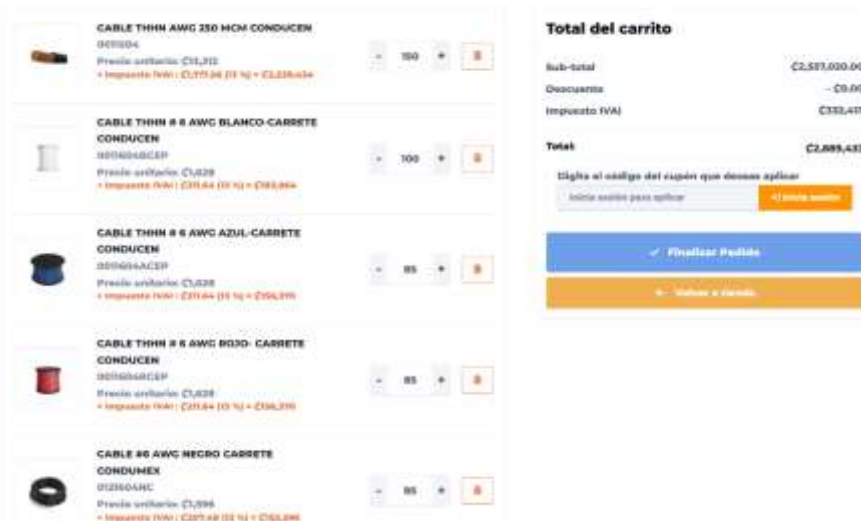
Precio en dólares tablero PRL2 Barras de 400 Amperios.



Nota: Cotización de Electrical and Supply.

Figura.2.2

Precio en Colones Algunos Conductores.



Nota: Precios obtenidos en Ditesa.

Figura.2.3

Precio en colones Proceso de Soldadura Exotérmica

	ENERSYS MVA Costa Rica S.A Cédula Jurídica: 3-101-343092 Teléfono: 4111-0000 - Fax 2430-9002 Apartado Postal: 50-8060 Outlet Mail, 20101 Costa Rica info@enersyscr.com																																		
	SC-CER295191 Sistema de Gestión certificado bajo la norma ISO 9001:2015																																		
Oferta Venta No: 511901																																			
		FECHA: 26 MARZO 2026																																	
Señores: C1917 TIQUETE ELECTRONICO		Valido Hasta: 26/4/2026																																	
Dirección: GREACIA, ALAJUELA, San José		Condición de Pago: contado																																	
Contacto:		Teléfono: 41110000 Fax																																	
Agente: Servicio al Cliente Uruca		Orden Compra: SN																																	
Observaciones:																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Lin</th> <th>CodBar</th> <th>Codigo</th> <th>Cantidad</th> <th>Descripción</th> <th>Tiempo Entrega OV</th> <th>Precio Unit</th> <th>Total Linea</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>21242</td> <td>GTC-162G</td> <td>1</td> <td>Molde Para Cable 2/0 - Vanilla 5/8" En T SW115 ERICO</td> <td>1 dia habil</td> <td>119,64</td> <td>55 831,20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>21263</td> <td>115</td> <td>1</td> <td>Carga 115g para soldadura exotérmica manual 115F20 ERICO</td> <td>1 dia habil</td> <td>11,82</td> <td>5 515,92</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>21245</td> <td>T320</td> <td>1</td> <td>Chispero para soldadura exotérmica manual ERICO</td> <td>1 dia habil</td> <td>15,14</td> <td>7 065,23</td> </tr> </tbody> </table>				Lin	CodBar	Codigo	Cantidad	Descripción	Tiempo Entrega OV	Precio Unit	Total Linea	1	21242	GTC-162G	1	Molde Para Cable 2/0 - Vanilla 5/8" En T SW115 ERICO	1 dia habil	119,64	55 831,20	2	21263	115	1	Carga 115g para soldadura exotérmica manual 115F20 ERICO	1 dia habil	11,82	5 515,92	3	21245	T320	1	Chispero para soldadura exotérmica manual ERICO	1 dia habil	15,14	7 065,23
Lin	CodBar	Codigo	Cantidad	Descripción	Tiempo Entrega OV	Precio Unit	Total Linea																												
1	21242	GTC-162G	1	Molde Para Cable 2/0 - Vanilla 5/8" En T SW115 ERICO	1 dia habil	119,64	55 831,20																												
2	21263	115	1	Carga 115g para soldadura exotérmica manual 115F20 ERICO	1 dia habil	11,82	5 515,92																												
3	21245	T320	1	Chispero para soldadura exotérmica manual ERICO	1 dia habil	15,14	7 065,23																												
1. No se aceptan devoluciones de productos después de 3 días de recibida la mercadería. 2. Toda devolución realizada en el plazo definido tendrá un recargo por comisión de re-stock de un 10%. 3. No se aceptan devoluciones en cortes de cables. 4. Para equipos cubiertos por garantía dentro del plazo establecido, referirse a Certificado de Garantía						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sub-Total</td> <td style="text-align: right;">68 412,36 COL</td> </tr> <tr> <td>Imp.V. 13%</td> <td style="text-align: right;">8 893,61 COL</td> </tr> <tr> <td>Descuento</td> <td style="text-align: right;">0,00 COL</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td style="text-align: right;">77 305,96 COL</td> </tr> </table>		Sub-Total	68 412,36 COL	Imp.V. 13%	8 893,61 COL	Descuento	0,00 COL	Total	77 305,96 COL																				
Sub-Total	68 412,36 COL																																		
Imp.V. 13%	8 893,61 COL																																		
Descuento	0,00 COL																																		
Total	77 305,96 COL																																		
Condiciones Comerciales:																																			

Nota: Cotizado por ENERSYS.

Figura.2.4.

Cotización en dólares Transformadores.



PROFORMA No.	
FECHA: 23 setiembre 2026	
CLIENTE	David Solorzano Cerdas
PROYECTO	Venta
UBICACIÓN	Retiran en San José.
Descripción	Valor
3 Transformadores [TRAFM-1005009] Transformador de 100 kVA 5 34.5kV 277/480V Eagleise Transformador monofásico para instalar en poste, tipo convencional (S), enfriamiento OA, VP: 19.9/34.5Y, 150 kV BL. Taps: 2 @ 2,5 % + - del voltaje nominal. VS: 277/480 V. Con dos aisladores de alto voltaje tipo normal. Cumple con las normas solicitadas por la CNFL.	\$ 18 800
	=

COSTO TOTAL DE LA OFERTA: DIECIOCHO MIL OCHOCIENTOS DOLARES: (\$ 18 800) IVAI, VIGENCIA DE LA OFERTA 15 DIAS NATURALES.

FORMA DE PAGO: 85% al aceptar la oferta, 15% al ser entregado el transformador.

GARANTIA DE MATERIALES Y MANO DE OBRA: 1 AÑO.

Tiempo de Entrega: de 4 a 6 semanas, sujeto a venta previa.

La oferta no incluye el transporte.

Verónica.

Nota: Cotizado por GUSMARcr.

Figura.2.5.

Precio en pesos mexicanos Transformador Seco.



Transformador Zetrak 150 Kva Tipo Seco Trifásico 440v 220/127

★★★★★

MXN \$ 47,500.00

Estatus: **Hay Stock**

[Revisar Disponibilidad](#)

Cantidad: [Añadir al carrito](#)

[Comprar Ahora](#)

Categorías: [Transformadores](#), [Transformadores Secos](#)

[f](#) [X](#) [WhatsApp](#)

Nota: Precio obtenido de RTE.MX

Figura.2.6.

Cotización Elementos Media Tensión.

CORPORACION SUMMATEL S. A.**Proforma #: 00149921**Ced. Juridica: 3-101-492990
CONDominio INDUSTRIAL PAVAS BODEGA No. 29**Condiciones:** Contado
Tiempo de Vigencia de la Inmediato al día de hoy
8 días
Vendedor: Manfred Bogantes Morera

Teléfono: 2232-8181 Fax: 2291-8602

Fecha: 26/03/2026**Atención:** Sr. David Solórzano.
Cliente: 0471 BELTRAN INGENIERIA S.A

Página: 1 de 1

Cantida	Bo	Código	Descripción del Producto	Impuesto	Precio	Precio Total
120.00	01	9303	Cable EPR 1/0 AL 35kV NA:100%, Neutro: 33%	0.13	8,235.00	988,200.00
3.00	01	1294	Kit Terminacion 35kV QTIII 7664-S-8 (2-4/0) Completa	0.13	136,400.00	409,200.00
3.00	01	4193	Cortacircuito rompecarga 36kV, 100 AMP BIL ARP	0.13	111,150.00	333,450.00
3.00	01	4196	Pararrayo 27kV URS2712-0A1C-1C1A (con H)	0.13	71,500.00	214,500.00
1.00	01	7272	Tubo Hierro Galvanizado 6 x 6 metros Ced.30 (con ros)	0.13	130,200.00	130,200.00
2.00	01	13126	Crucero metalico de 2.438 mts. (KH-4) tipo ICE	0.13	24,300.00	48,600.00
2.00	01	11535	Tirante metalico de 6.35x50.8x1304.5mm (FC-6)	0.13	27,000.00	54,000.00
4.00	01	11629	Perno de maquina 1/2" x 2" todo rosca (PE-2)	0.13	195.00	780.00
4.00	01	724	Perno todo rosca 5/8" x 14" (PK-2)	0.13	910.00	3,640.00
2.00	01	663	Abrazadera tipo A de 7" con 1 acc (4 y 3)	0.13	3,510.00	7,020.00
25.00	01	1659	Cable de cobre desnudo 1/0-19H (TV-9)	0.13	4,550.00	113,750.00
6.00	01	12108	Varilla Copperweld 3.00mts x 5/8 UL-13m (II-4)	0.13	10,400.00	62,400.00
4.00	01	979	Soporte para regleta plastica de 10 pulg.	0.13	24,300.00	97,200.00
2.00	01	7695	Espuma Selladora Expansion Triple 500 ml	0.13	5,400.00	10,800.00
3.00	01	46	Rollo de tape Scotch 130C (hasta 69kV) 19mm x9.1mt	0.13	10,540.00	31,620.00
3.00	01	50	Rollo de tape Super 33+ (Negro) 19mm x 20.1mt	0.13	3,100.00	9,300.00
1.00	01	8515	Rollo de tape Scotch 35 (Azul) 19mm x 20.1mt	0.13	3,348.00	3,348.00
1.00	01	8517	Rollo de tape Scotch 35 (Verde) 19mm x 20.1mt	0.13	3,348.00	3,348.00
1.00	01	5631	Rollo de tape Scotch 35 (Rojo) 19mm x 20.1mt	0.00 *	3,348.00	3,348.00
12.00	01	217	Conector Barril Cobre #1/0 RKS-25	0.13	1,875.00	22,500.00
3.00	01	4409	Fusible limitador de corriente 23kV, 40K	0.13	80,600.00	241,800.00

** Ultima Linea **

Sub Total:	2,789,004.00
Descuento:	0.00
Impuesto de	362,135.28
Monto	3,151,139.28

Firma Responsable:

Nota: Cotizado por SUMATEL

Figura.2.7.

Precio en Colones Conductores.



IESA
Calle Blancos, Goicoechea, de vidrios Macopa 300 mtrs al oeste, contiguo a Accesos Automáticos, 10803
San José, Costa Rica

Usuario público (sin cuenta) Número de cotización 500388

Fecha de cotización 26/03/2026	Vencimiento 25/04/2026
-----------------------------------	---------------------------

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
[124103] CABLE RHHW CU CAL 1/0 AWG PHELPS DODGE	250.00 m	5.285.87	IVA 13%	€ 1.321.467.50
[124108] CABLE RHHW CU CAL 2/0 AWG PHELPS DODGE	150.00 m	6.801.03	IVA 13%	€ 1.020.154.50
[1062000] CABLE THHN CAL 2/0AWG CARRETE PHELPS DODGE	300.00 m	7.298.96	IVA 13%	€ 2.189.688.00
[106350] CABLE THHN CAL 350MCM CARRETE PHELPS DODGE	150.00 m	16.889.90	IVA 13%	€ 2.533.485.00
[1062KVE] CABLE THHN CAL 2AWG VERDE CARRETE PHELPS DODGE	20.00 m	4.037.49	IVA 13%	€ 80.749.80
[1064KVE] CABLE THHN CAL 4AWG VERDE CARRETE PHELPS DODGE	20.00 m	2.418.99	IVA 13%	€ 48.379.80
[1068KROMX] CABLE THHN CAL 8AWGROJO CARRETE CONDUMEX	85.00 m	715.51	IVA 13%	€ 60.818.35
[10610KNE] CABLE THHN CAL 10AWG NEGRO CARRETE PHELPS DODGE	250.00 m	573.89	IVA 13%	€ 143.472.50
[10610KRO] CABLE THHN CAL 10AWG ROJO CARRETE PHELPS DODGE	250.00 m	573.89	IVA 13%	€ 143.472.50
[10610CAZMX] CABLE THHN CAL 10AWGAZUL CAJA CONDUMEX	2.00 Unidades	42.793.00	IVA 13%	€ 85.586.00
[1068CNEMX] CABLE THHN CAL 8AWGNEGRO CAJA CONDUMEX	2.00 Unidades	71.551.00	IVA 13%	€ 143.102.00
[1068KAZ] CABLE THHN CAL 8AWG AZUL CARRETE PHELPS DODGE	85.00 m	914.79	IVA 13%	€ 77.757.15
Subtotal				€ 7.848.133.10
IVA 13%				€ 1.020.257.32
Total				€ 8.868.390.42

Términos y condiciones: <https://www.iesacr.com/terms>
Términos de pago: pago inmediato

Nota: Cotizado por IESA.

Figura.2.8.

Cotización Conductores y Canalizaciones Página 1/2.

**Distribuidora Técnica S.A.**

Ced: 3-101-038605
 www.ditesacr.com
 servicioalcliente@ditesacr.com
 Cartago tel. 2573-5656 / 2573-5757
 Uruca tel. 2296-5000 / 2296-5050
 Pérez Zeledón tel. 2771-3344 / 2771-3274

Cotización 686906

Fecha de emisión:	27/03/2026
Validez de oferta:	3 días

Cliente:	35	DAVID SOLORIZANO	Condición de venta:	CONTADO
Atención:			Vendedor:	NATALIA HERNANDEZ- TELEMERCADEC
Dirección:			Teléfono:	
Cédula:	0-000-000000		Celular:	
Correo:				

#	Código	Cantidad	UM	Descripción	CABYS	Precio UN	TOTAL
1	0011500EP	60	MT	CABLE ECOPLUS THHN 1/0 AWG CARRETE CONDUCEN	4634002020100	5,019.54	€301,172.48
2	0011504	150	MT	CABLE THHN AWG 250 MCM CONDUCEN	4634002020100	11,450.02	€1,717,502.34
3	0011501EP	300	MT	CABLE ECOPLUS THHN 3/0 AWG CARRETE CONDUCEN	4634002020100	6,272.97	€1,881,890.01
4	0011500EP	250	MT	CABLE ECOPLUS THHN 1/0 AWG CARRETE CONDUCEN	4634002020100	5,019.54	€1,254,885.33
5	0011600VCEP	250	MT	CABLE THHN # 4 AWG VERDE-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	2,171.12	€542,780.36
6	0011604RCEP	200	MT	CABLE THHN # 6 AWG ROJO- CARRETE CONDUCEN	4634002020100	1,410.63	€282,125.59
7	0011604NCEP	200	MT	CABLE THHN # 6 AWG NEGRO-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	1,410.63	€282,125.59
8	0011604VCEP	20	MT	CABLE THHN # 6 AWG VERDE- CARRETE CONDUCEN	4634002020100	1,410.63	€28,212.56
9	0011603RCEP	250	MT	CABLE THHN # 8 AWG ROJO-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	837	€209,250.42
10	0011603NCEP	250	MT	CABLE THHN # 8 AWG NEGRO-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	837	€209,250.42
11	0011603VCEP	50	MT	CABLE THHN # 8 AWG VERDE-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	837	€41,850.08
12	0011602RCEP	800	MT	CABLE THHN # 10 AWG ROJO-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	524.38	€419,503.91
13	0011602NCEP	800	MT	CABLE THHN # 10 AWG NEGRO-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	524.38	€419,503.91
14	0011602VCEP	300	MT	CABLE THHN # 10 AWG VERDE-CARRETE CONDUCEN	4634002020100	524.38	€157,313.96
15	0081042R	10	UN	TUBO EMT 75mm 3" (UL) RYMCO	4128702010200	25,974.52	€259,745.19
16	0081041R	40	UN	TUBO EMT 63mm 2-1/2" (UL) RYMCO	4128702010200	19,264.77	€770,590.78
17	0081036R	40	UN	TUBO EMT 31mm 1-1/4" (UL) RYMCO	4128702010200	7,603.76	€304,150.37
18	0081036R	80	UN	TUBO EMT 18mm 3/4" (UL) RYMCO	4128702010200	3,190.71	€255,256.76
19	0031131TL	2	UN	TUBO CONDUIT 75mm 3" 3mts TIPO A LIVIANO CUMPLE UL	3632002039900	9,258.55	€18,517.1
20	0031130TL	10	UN	TUBO CONDUIT 62mm 2-1/2" 3mts TIPO A LIVIANO CUMPLE UL	3632002039900	6,708.01	€67,080.06
21	0031203TL	10	UN	TUBO CONDUIT 51mm 1-1/4" 3mts TIPO A LIVIANO UL	3632002039900	2,359.05	€23,590.52

Nota: Cotización realizada por DITESA, pag. 1/2.

Figura.2.9.

Cotización Conductores y Canalizaciones Página 2/2.



Distribuidora Técnica S.A.
Ced: 3-101-038605
www.ditesacr.com
servicioalcliente@ditesacr.com
Carago tel. 2073-5656 / 2073-5757
Liruca tel. 2296-5000 / 2296-5050
Pérez Zeledón tel. 2771-3344 / 2771-3274

Cotización 686906

Fecha de emisión:	27/03/2026
Validez de oferta:	3 días

Cliente:	35 DAVID SOLORZANO	Condición de venta:	CONTADO
Atención:		Vendedor:	NATALIA HERNANDEZ- TELEMERCADEO
Dirección:		Teléfono:	
Cédula:	0-000-000000	Celular:	
Correo:			

#	Código	Cantidad	UM	Descripción	CABYS	Precio UN	TOTAL
22	9031291TL	10	UN	TUBO CONDUIT 18mm 3/4" 3mts TIPO A LIVIANO UL	3632002039900	922.08	€9.220.79

NOTA: Precios sujetos a cambios sin previo aviso. Descuento Aplica para pago en Efectivo
NO se aceptan devoluciones por Cable Cortado ni de artículos Contra Pedido.
NO nos hacemos responsables de artículos facturados y No retirados en mas de 24 hrs..
BAC S.J. a la Cia - COL IBAN: CR1301020000905841031, USD IBAN: CR87010200009566250991.
Sinpe Mwll COLONES: +508-8028-1090

Observaciones:

Subtotal	€ 9,455,518.53
Impuestos:	€ 1,229,217.41
Total	€ 10,684,735.94

Nota: Cotización realizada por DITESA, pág. 2/2.

Figura.2.10.

Tape para Marca Cableado.



IESA
Calle Blancos, Goicoechea, de vidrios Macopa 300 mtrs al oeste, con figura a Accesos Automáticos. 10803
San José, Costa Rica

Usuario público (sin cuenta) Número de cotización 500387

Fecha de cotización	Vencimiento
26/03/2026	25/04/2026

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
[B1735NA] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20M (NARANJA)	4.00 Unidades	3,513.9498	IVA 13%	€ 14,055.80
[B1735G] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20 (GRIS)	2.00 Unidades	3,345.9522	IVA 13%	€ 4,691.90
[B1735M] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20 M (MARRON-CAFE)	2.00 Unidades	3,513.9498	IVA 13%	€ 7,027.90
[B1735V] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20M (VERDE)	2.00 Unidades	3,513.9498	IVA 13%	€ 7,027.90
[B1735R] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20M (ROJO)	2.00 Unidades	3,513.9498	IVA 13%	€ 7,027.90
[B1735AM] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20M (AMARILLO)	2.00 Unidades	3,345.9522	IVA 13%	€ 4,691.90
[B1735] TAPE SCOTCH #35 3/4" X 20M (BLANCO)	2.00 Unidades	3,513.9498	IVA 13%	€ 7,027.90
Subtotal				€ 55,551.20
IVA 13%				€ 7,221.67
Total				€ 62,772.87

Términos y condiciones: <https://www.iesacr.com/terminos>
Términos de pago: pago inmediato

Nota: Cotizado por IESA.

Figura 2.11.

Cotización Tableros y Elementos de Tablero (Página 1/3)

#	Código	Cantidad	UM	Descripción	CABYS	Precio UN	TOTAL
1				TABLERO TA			
2	006671	1	UN	TABLERO TRIFÁSICO PRL4X3J5B6CT 600A 3BX SUPERFICIAL 36"x73"	4621300009900	567,156.03	€567,156.03
3				TIEMPO APROX TABLERO LINEA 1 *4 A 6 SEMANAS*			
4	0066067	1	UN	KIT DE MONTAJE PI KPRL4X3365N PARA 1 BREAKER PD3 3POLOS /600A	4622000009900	150,896.99	€150,896.99
5	0064076	1	UN	BREAKER C/UNIDAD ELECTRÓNICA PDG33G50600E2N1 3P 250A-600A PAR20LSI 35KA@480V TERM (2) #2-500MCM	4621203009900	1,206,343.42	€1,206,343.42
6				*REGULABLE A 400A Y RESIBE 2 CABLES HASTA 350MCM*			
7	0066066	2	UN	KIT DE MONTAJE PI PRL4 PARA 1 BREAKER PD3 3POLOS / 400A KPRL4X3345SN	4622000009900	64,815.97	€129,631.95
8	0064051	1	UN	BREAKER PDG33G0250TFAJ 3P 250A CON TERMINALES	4621203009900	231,813.71	€231,813.71
9	0062310	2	UN	TERMINALES DE LINEA Y CARGA PARA PDG3 PDG33GTA400 ALUMINIO 400A (2) 3/0-250KCMIL INCLUYE 3 TERMINALES	4622000009900	55,597.81	€111,195.62
10	0064070	1	UN	BREAKER PDG33G0250TFAJ 3P 225A 65KA@240V / 35KA@480V C/TERMINALES (1) #3-350MCM	4621203009900	232,258.48	€232,258.48
11	0064112	9	UN	TAPA ESPACIO PL4BLK3X-L1 3 POLOS (3X) PI PRL4	4622000009900	10,776.59	€96,989.33
12	0065725	1	UN	TAPA ESPACIO PL4BLK1X-L1 1 POLO (1X) PI PRL4	4622000009900	7,423.19	€7,423.19
13				TABLERO TC2			
14	0060490	1	UN	TABLERO PRL1X424PD3400S 42 ESPACIOS TRIFASICO 400A	4621300009900	333,806.73	€333,806.73
15	0064096	1	UN	BREAKER KD3225L 3P 225AMP	4621203009900	231,813.71	€231,813.71
16				*PARA ESE MARCO 400A SOLO TENEMOS 225A PARA 2 CABLES DE 1/0"			
17	0064279	1	UN	BREAKER BAB3040H 3P40A P/PR4	4621203009900	54,237.57	€54,237.57
18				TABLERO TN			
19	006671	1	UN	TABLERO TRIFÁSICO PRL4X3J5B6CT 600A 3BX SUPERFICIAL 36"x73"	4621300009900	567,156.03	€567,156.03

Nota: Cotizado por DITESA

Figura.2.12.

Cotización Tableros y Elementos de Tablero (Página 2/3)

**Distribuidora Técnica S.A.**

Ced: 3-101-038605
 www.ditesa.com
 servicios@clientes@ditesa.com
 Cartago tel. 2573-5056 / 2573-5767
 Lince tel. 2296-5000 / 2296-5050
 Pérez Zeledón tel. 2771-5344 / 2771-5274

Cotización 686886

Fecha de emisión:	27/03/2026
Validez de oferta:	3 días

Cliente: 35	DAVID SOLORZANO	Condición de venta: CONTADO
Atención:		Vendedor: NATALIA HERNANDEZ- TELEMERCADEO
Dirección:		Teléfono:
Cédula: 0-000-000000		Celular:
Correo:		

#	Código	Cantidad	UM	Descripción	CABYS	Precio UN	TOTAL
20				TIEMPO ENTREGA APROX LINEA 20 *4-6 SEMANAS*			
21	006066	2	UN	KIT DE MONTAJE PI PRL4 PARA 1 BREAKER PD3 3POLOS / 400A KPRL4X34SSN	462200009900	64,815.97	€129,631.95
22	0062310	1	UN	TERMINALES DE LINEA Y CARGA PARA PDG3 PDG3X3TA400 ALUMINIO 400A (2) 30-250KCMIL INCLUYE 3 TERMINALES	462200009900	55,597.81	€55,597.81
23	0064640	1	UN	BREAKER PDG33G0400TFAJ 3P 400A CON TERMINALES	4621203009900	305,689.95	€305,689.95
24	0064051	1	UN	BREAKER PDG33G0250TFAJ 3P 250A CON TERMINALES	4621203009900	231,813.71	€231,813.71
25	0066650	1	UN	KIT DE MONTAJE KPRL4X32 PI PRL4 PARA 2 BREAKER PDG2 3POLOS I225A	462130009900	49,769.94	€49,769.94
26	0064344	1	UN	BREAKER PDG23G0225TFFJ 3P 225A CON TERMINALES	4621203009900	215,360.87	€215,360.87
27	0063731	3	UN	TAPA DE PLASTICO DE 1X PARA PREVISTA DE PRL3 Y PRL4 DE HASTA PDG2 225A 42C8083H01	462200009900	420.77	€1,262.31
28	0064112	10	UN	TAPA ESPACIO PL4BK3X-UL 3 POLOS (3X) PI PRL4	462200009900	10,776.58	€107,765.92
29				TABLERO TC1			
30	0066480	1	UN	TABLERO PRL1X424PD3400S 42 ESPACIOS TRIFASICO 400A	462130009900	333,806.73	€333,806.73
31	0064051	1	UN	BREAKER PDG33G0250TFAJ 3P 250A CON TERMINALES	4621203009900	231,813.71	€231,813.71
32	0064280	2	UN	BREAKER BAB3050H 3P50A R/PRL	4621203009900	54,237.57	€108,475.14
33	0064278	8	UN	BREAKER BAB3030H 3P30A R/PRL	4621203009900	54,237.57	€433,900.56
34	0064279	2	UN	BREAKER BAB3040H 3P40A R/PRL	4621203009900	54,237.57	€108,475.14
35	0064281	1	UN	BREAKER BAB3060H 3P60A R/PRL	4621203009900	54,237.57	€54,237.57
36				TABLERO TC AUX			
37	0066674	1	UN	TABLERO PD I/PRL1X424PD2225S 3F 120/208Y 42 CIRCUITOS 225A PARCHE	462130009900	254,305.31	€254,305.31
38	0064030	1	UN	BREAKER PDG23G0200TFFJ 3P 200A CON TERMINALES	4621203009900	215,360.87	€215,360.87
39	0064278	1	UN	BREAKER BAB3030H 3P30A R/PRL	4621203009900	54,237.57	€54,237.57

Nota: Cotizado por DITESA.

Figura.2.13.

Cotización Tableros y Elementos de Tablero (Página 3/3)



Distribuidora Técnica S.A.

Ced: 3-101-038605
 www.ditesacr.com
 servicioalcliente@ditesacr.com
 Cartago tel. 2573-5656 / 2573-5757
 Uruca tel. 2296-5000 / 2296-5050
 Pérez Zeledón tel. 2771-3344 / 2271-3274

Cotización 686886

Fecha de emisión:	27/03/2026
Validez de oferta:	3 días

Cliente:	35	DAVID SOLORZANO		
Atención:			Condición de venta:	CONTADO
Dirección:			Vendedor:	NATALIA HERNANDEZ- TELEMERCADEC
Cédula:	0-000-000000		Teléfono:	Celular:
Correo:				

#	Código	Cantidad	UM	Descripción	CABYS	Precio UN	TOTAL
40	0064280	2	UN	BREAKER BAB3050H 3P50A P/PR	4621203009900	54,237.57	€108,475.14
41	0064279	1	UN	BREAKER BAB3040H 3P40A P/PR	4621203009900	54,237.57	€54,237.57

NOTA: Precios sujetos a cambios sin previo aviso. Descuento Aplica para pago en Efectivo
 NO se aceptan devoluciones por Cable Cortado ni de artículos Contra Pedido.
 NO nos hacemos responsables de artículos facturados y No retirados en mas de 24 hrs.
 BAC SJ a la Cta - COL IBAN: CR13010200009005841031, USD IBAN: CR87010200009566250991
 Sirpe Movil COLONES : +506-8928-1090

Observaciones:

Subtotal	€ 6,974,940.53
Impuestos:	€ 906,742.27
Total	€ 7,881,682.80

Nota: Cotizado por DITESA.

Figura.2.14.

Cotización a proyecto similar de Transformación de Media Tensión.

ELECTRIZA DE SAN JOSE SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD

Nombre Comercial: ELECTRIZA DE SAN JOSE SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD
 Identificación: 3102391127
 Info. Contacto: Email: factura@electriza.com Tel: 506-22444783 Fax: 506-0
 Dirección: Provincia: Heredia Cantón: Santo Domingo Distrito: SANTO TOMÁS Barrio: Barquero
 Otras señas: De la entrada principal del InBio Parque 600 al este, al final de calle

electriza
suministros eléctricos

Tipo de Documento: Factura Electrónica | Consecutivo: 00100001010000033022 | Clave: 50627082100310239112700100001010000033022100056062 | Versión: Versión 4.3

Receptor Nombre: WALT PARAISO SA
 Fecha: Enero 27, 2025 04:14 PM
 Plazo: / Vence: 8
 Cond.Venta: CRÉDITO
 MedioPago: Efectivo
 Moneda: CRC ₡
 Tip.Cambio: 1.00000
 Vendedor: Mario G.

Identificación: 3101161931
 Info. Contacto: Email: facturas.electronica@hotelcostapacifica.com Tel: 506-22788060 Fax: 0-0
 Dirección: Provincia: Puntarenas Cantón: Parrita Distrito: PARRITA Barrio:
 Otras señas: Esterillos Oeste segunda entrada en el Hotel Costa Pacifica
 Orden de Compra:

Comentario: Software:www.SCAD.software|IdSCAD:56062|Vendedor:8|Digitador:8|FactorVenta:1|OrdenCompra:|Notas:|InfAdicional:E-FORMATO:01-FACTURA:E-CONDICION:00-CON/CRE:E-MODO:1-NORMAL:E-REFERENCIA-TIPO:99-OTROS:E-REFERENCIA-MODO:99-OTROS:E-ACTIVIDAD-ECONOMICA:523406:E-NOTA:DOCUMENTO-ELECTRONICO:EXONERA-TIPO:00-NO.HAY:EXONERA-DOCUMENTO:123456780123456780123456780123456780:EXONERA-FECHA:1900-01-01 00:00:00:EXONER

Envío: ENVIAR.

N°	CANTIDAD	CÓDIGO	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	DESC. TOTAL	% I.V.	I.V.	TOTAL
1	1	821	Unid	TAB TP PRL4 P4A800BT36TH01UL EATON	4,224,640.00	0.00	13.00	549,203.20	4,773,843.20
2	1	2211	Unid	SUPRESOR TRANSIENTE SPC160208Y1P 160KA EATON	1,158,635.00	0.00	13.00	150,622.55	1,309,257.55
3	1	1487	Unid	TAB PRL3 TB P3A600BT24TH01 UL EATON	3,236,430.00	0.00	13.00	420,735.90	3,657,165.90
4	1	1061	Unid	SUPRESOR 120/208 CVX100 208Y EATON	794,215.00	0.00	13.00	103,247.95	897,462.95
5	1	1463	Unid	TABLERO PB304FX2255/ED3125L EATON	222,580.00	0.00	13.00	28,935.40	251,515.40
6	11	637	Unid	BREAKER TORNI CHB220 2P/20AMP	14,520.00	0.00	13.00	20,763.60	180,483.60
7	1	211-5	Unid	TABLERO PB304FX2255 C/P FD3090L UL EATON	259,685.00	0.00	13.00	33,759.05	293,444.05
8	6	638	Unid	BREAKER TORNI CHB230 2P/30AMP	15,730.00	0.00	13.00	12,269.40	106,649.40
9	15	632	Unid	BREAKER TORNI CHB120 1P/20AMP	6,055.00	0.00	13.00	11,807.25	102,632.25
10	1	1685	Unid	TABLERO TB6 PB424FX2255 ED3200L EATON	266,260.00	0.00	13.00	34,613.80	300,873.80
11	3	641	Unid	BREAKER TORNI CHB270 2P/70AMP	19,995.00	0.00	13.00	7,798.05	67,783.05
12	1	642	Unid	BREAKER TORNI CHB260 2P/60AMP	19,230.00	0.00	13.00	2,499.90	21,729.90
13	1	1895	Unid	TAB PRL3 TN P3A400BT24CH01 EATON	2,284,680.00	0.00	13.00	297,008.40	2,581,688.40
14	1	2688	Unid	SUPRESOR TRANSIETE SPC120208Y1P 120KA EATON	1,022,890.00	0.00	13.00	132,975.70	1,155,865.70

INFORMACIÓN ADICIONAL

Total Servicios Gravados:	0.00
Total Servicios Exentos:	0.00
Total Mercancías Gravadas:	13,894,155.00
Total Mercancías Exentas:	0.00
Total Gravado:	13,894,155.00
Total Exento:	0.00
Total Venta:	13,894,155.00
Total Descuento:	0.00
Total Venta Neta:	13,894,155.00
Total Impuestos:	1,806,240.15
TOTAL COMPROBANTE:	15,700,395.15

MONTO EN LETRAS:

QUINCE MILLONES SETECIENTOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO 15/100 COLONES

Comprobante Electrónico Versión 4.3
 Tipo de Documento: Factura Electrónica
 Consecutivo: 00100001010000033022
 Clave: 5062708210031023911270010000033022100056062
 Autorizada mediante resolución N° DGT-R-033-2019 del 20 de Junio del 2019

NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES EN CORTES DE CABLE Y EQUIPO ESPECIAL PARA SU COMODIDAD, PUEDE EFECTUAR SUS PAGOS EN LA CTA. #100-01-031-000832-9 DEL B.N.C.R.

OFRECEMOS LAS MARCAS:
 -CONDUCEN -SYLVANIA -3M -SQUARE D -ETICNO -SIEMENS -CUTLER HAMMER -
 TUBERIAS Y ACCESORIOS P.V.C. Y E.M.T.

Nota: Suministrado por Equipos EI.

Figura.2.15.

Cotización Obra Gris de Proyecto.



OFERTA CONSTRUCTIVA

FOSA DE TRANSFORMADOR Y POSTE ELECTRICO

Sr. David Solórzano

Nosotros, Constructora BELSA SRL, cedula jurídica 3-1027-82861, presentamos la oferta formal para la etapa de anteproyecto y planos constructivos del proyecto "BOVEDA CON SUMIDERO Y POSTE ELECTRICO"

Valor del proyecto

Precio referencia del valor de la construcción para calcular honorarios profesionales.

Cantidad	Descripción	Costo
1,00	Poste de concreto 13 metros autosoportado	€850 000,00
1,00	Backhoe para excavación boveda	€385 000,00
1,00	Materiales Boveda con sumidero	€685 000,00
1,00	Mano de obra boveda	€745 000,00
1,00	Mano de obra otra obras	€225 000,00
	Total	€2 890 000,00

Notas

- El trabajo se realiza mediante un adelanto del 50% para inicio de los trabajos y un 50% una vez se finalicen las obras.
- En el costo de los trabajos se incluye la póliza del INS y los costos de obligaciones obrero patronales exigidas por la legislación vigente del Código de Trabajo.
- Cualquier obra adicional deberá ser solicitada y cancelada con antelación para ser realizada.

Nota: Cotizado por Constructora BELSA.

7.3 Anexo 3. Registro Tableros Actuales.

Tabla 3.1

Registro Tablero Principal Suministrado por la Empresa.

TABLERO: <i>TABLERO PRINCIPAL (TA)</i>												NOTAS: TABLERO TRIFASICO DE ENTONABO PRINCIPAL 3P/1000A, BARRAS PRINCIPALES PARA 1250A, CON PUERTAS CON DOBLE VISAGRA.			CARGA (KW-VA)						
PRINCIPAL: INTERRUPTOR <input type="checkbox"/> BORNES <input type="checkbox"/>			CAP. PRINCIPAL (AMPS): 1200			VOLTAJE: 277 / 480			ALIMENTADOR: VER DIAGRAMA UNIFILAR ELECTRICO			TOTAL L1	0								
ALIMENTACION: SUPERIOR <input type="checkbox"/> INFERIOR <input type="checkbox"/>			CAP. BARRAS (AMPS): 1250			FASES/HILOS: 3/4			BARRAS: COBRE			TOTAL L2	0								
MONTAJE: SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> EMPOTRADO <input type="checkbox"/>			CAPACIDAD INTERRUPTIVA (KA): VER TABLA DE RESUMEN			FACTOR DE POTENCIA: 0.90			BARRA DE TIERRA: INCLUIR			TOTAL L3	0								
TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR <input type="checkbox"/> ENCHUFAR <input type="checkbox"/>			NUMERO DE CIRCUITOS: 30			SPD (KA): ---			BARRA DE NEUTRO: 100%			PREVISTA	25000								
									CARGA TOTAL (AMPS):			TOTAL	25000								
									DISTANCIA (M): 10			PREVISTA	25000								
									CAIDA DE VOLTAJE (%): 2.09			FACTOR DE USO	0.80								
												TOTAL NETO	20000								
Origen Fuente (KW-Amp)	DESCRIPCION	Cables Cable (MM2)			# Tap (mm)	Interruptor (Amp)	# Fase	% Carga (KW)	Carga por Fase (KW-Amp)			# Fase	Interruptor (Amp)	# Tap (mm)	Cables Cable (MM2)			DESCRIPCION	Carga (KW-Amp)	Cables Fuente (mm)	
1	BANCO DE CAPACITORES	1/0	---	8	100	400	3	0.80	###	###	###	0.80	3	400	100	2	---	4/0	TABLERO TC 2	120000	2
3	Amp								###	###	###									120000	4
5									###	###	###									120000	6
7	91000 TABLERO TC 1	4/0	---	2	100	400	3	0.33	###	###	###								PREVISTA	8	
9	91000								###	###	###									10	
11	91000								###	###	###									12	
13	PREVISTA	6	---	6	38	70	3	0.60	###	###	###		70						PREVISTA	14	
15									###	###	###									16	
17									###	###	###									18	
19									###	###	###									20	
21									###	###	###									22	
23									###	###	###									24	
25									0	0	0									0	26
27									0	0	0									0	28
29									0	0	0									0	30
31	0								0	0	0									0	32
33	0								0	0	0									0	34
35	0								0	0	0									0	36
37	0								0	0	0									0	38
39	0								0	0	0									0	40
41	0								0	0	0									0	42

Nota: Registros existentes en la empresa, suministrado por “Zero”, presenta datos incompletos e incongruentes.

Tabla 3.2

Registro Tablero TC1 Auxiliar Suministrado por la Empresa.

TABLERO: <i>TABLERO TC1 AUXILIAR MONOFASICO</i>												VOLTAJE: 120/240			FASES: 3		HILOS: 4		MONTAJE: EMPOTRAR		VA'S	
ALIMENTACION: INTERRUPTOR			CAPACIDAD (Amp): 150			CAP. INTERRUPTIVA MINIMA: 10 KA			BARRAS (Amp): 600			BARRAS: COBRE			TOTAL L1	10120						
ACOMETIDA: INFERIOR			NUMERO DE POLOS: 30			NEUTRO SOLIDO: 100%			BARRA DE TIERRA: INCLUIR			TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR			TOTAL L2	16120						
ALIMENTADOR: 4-1/0 THHN, 1-6(7)M 75mm ²			DISTANCIA (m): 10			CARGA TOTAL (Amp): 67			CAIDA DE TENSION: ---						TOTAL L3	8000						
NOTAS: TABLERO EATON DE 30 ESPACIOS, 3P, 4W, 120/208 V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, PRINCIPAL 3P/70A, PUERTAS CON DOBLE VISAGRA.						FACTOR DE POTENCIA: ---			TVSS: ---						PREVISTA	9550						
															TOTAL	41790						
															Factor de uso/ P.F.	0.85						
															TOTAL NETO	35000						
Origen Fuente (KW-Amp)	DESCRIPCION	Cables Cable (MM2)			# Tap (mm)	Interruptor (Amp)	# Fase	% Carga (KW)	Carga por Fase (KW-Amp)			# Fase	Interruptor (Amp)	# Tap (mm)	Cables Cable (MM2)			DESCRIPCION	Carga (KW-Amp)	Cables Fuente (mm)		
1	1150 CHILER	4	4	4	38	100	2	0.63	4000	7000	3000	0.93	2	20	38	8	8	8	TANQUE DE YOGURT	1200	2	
3	1300 PALETERA	8	8	8	38	80	2	0.49	3000	3000		0.71	2	20	38	12	12	12	PREVISTA	1500	4	
5	1440 PALETERA Y COMPRESOR	8	8	8	38	80	2	0.82	3000	3000		0.49	2	20	38	12	12	12	PREVISTA	1500	6	
7	1500 TABLERO B	4	4	4	38	100	2	0.83	3120	3120		0.47	2	80	38	8	8	8	PLANTA	1620	8	
9		12	12	12	13	20	1						1	20	13	12	12	12		1500	10	
11		12	12	12	13	20	1						1	20	13	12	12	12		1500	12	
13,15		12	12	12	13	20	1							20	13	12	12	12		1500	14,16	
17,19		12	12	12	13	20	1							20	13	12	12	12		1500	18,20	
21		12	12	12	13	20	1													1500	22	
23																					24	
25																					26	
27																					28	
29																					30	

Nota: Tablero de Cargas trifásicas, presenta múltiples errores e incongruencias con lo real en planta, suministrado por “Zero”.

Tabla 3.3.
Registro Tablero TC2 Trifásico.

TABLERO: <i>TABLERO TC2 TRIFASICO</i>										NOTAS: TABLERO TRIFASICO, DE EATON O SIMILAR, 42 ESPACIOS 480V, PRINCIPAL 3P/400A, BARRAS DE COBRE 400A, PUERTAS DE DOBLE BSAGRA										CARGA (Watt-Amps)	
PRINCIPAL:		INTERRUPTOR ■ BORNES □		CAP. PRINCIPAL (AMPS):		125		VOLTAJE:		277 / 480		ALIMENTADOR:		3-1/8"Ø, 1-1/4" BWT 62mm# VER DIAGRAMA UNIFILAR ELECTRO		TOTAL L1		39845			
ALIMENTACION:		SUPERIOR ■ INFERIOR □		CAP. BARRAS (AMPS):		225		FASES/HILDS:		3/4		BARRAS:		COBRE		TOTAL L2		39845			
MONTAJE:		SUPERFICIAL ■ EMPOTRADO □		CAPACIDAD INTERRUPTIVA (KA):		VER TABLA DE RESUMEN		FACTOR DE POTENCIA:		0.90		BARRA DE TIERRA:		INCLUIR		TOTAL L3		39845			
TIPO DE RAMAL:		A TORNILLAR ■ ENCHUFAR □		NUMERO DE CIRCUITOS:		42		SPD (KA)		---		BARRA DE NEUTRO:		100%		PREVISTA		3000			
														DISTANCIA (M):		70		TOTAL NETO		67394	
														CAIDA DE VOLTAJE (%):		2.63		FACTOR DE USO		0.55	
Carga (Watt-Amps)	Descripción	Cable Cable (MM)			# Tab (mm)	Interruptor (Amps)	# Poles	# Cables Instalado	Carga por Fase (Watt-Amps)			# Cables Instalado	# Poles	Interruptor (Amps)	# Tab (mm)	Cable Cable (MM)			Descripción	Carga (Watt-Amps)	Cable Poles Barre
		Fase	Neutro	Terra					L1	L2	L3					Fase	Neutro	Terra			
1,3,5	2525 EMPALMADOR 1 (5HP)	14	-	14	13	20	3	0.80	5555			0.80	3	20	13	14	-	14	PORTAROLLOS 1 (6HP)	3030	2,4,6
	2525	14							5555									14		3030	
	2525	14								5555								14		3030	
5,7,9	3030 PORTAROLLOS 1 (6HP)	14	-	14	13	20	3	0.80	6060			0.80	3	20	13	14	-	14	PORTAROLLOS 1 (6HP)	3030	8,10,12
	3030	14							6060									14		3030	
	3030	14								6060								14		3030	
13,15,17	3030 PORTAROLLOS 2 (6HP)	14	-	14	13	20	3	0.80	6060			0.55	3	15	13	14	-	14	POTAROLLOS 2 (6HP)	3030	14,16,18
	3030	14							6060									14		3030	
	3030	14								6060								14		3030	
19,21,23	3030 PORTAROLLOS 2 (6HP)	14	-	14	13	20	3	0.80	5555			0.55	3	15	13	14	-	14	EMPALMADOR 2 (5HP)	2525	20,22,24
	3030	14							5555									14		2525	
	3030	14								5555								14		2525	
25,27,29	2525 EMPALMADOR 3 (5HP)	14	-	14	13	20	3	0.80	5555			0.80	3	20	13	14	-	14	PORTAROLLOS 3 (6HP)	3030	26,28,30
	2525	14							5555									14		3030	
	2525	14								5555								14		3030	
31,33,35	3030 PORTAROLLOS 3 (6HP)	14	-	14	13	15	3	0.62	6060			0.80	3	20	13	14	-	14	PORTAROLLOS 3 (6HP)	3030	32,34,36
	3030	14							6060									14		3030	
	3030	14								6060								14		3030	
37,39,41	5000 PC-5 Mini Power	8	-	8	32	60	3	1.62	5000											0	
	5000	8							5000											0	
	5000	8							5000											0	

Nota: Suministrado por "Zero.

Tabla 3.4.
Registro Tablero TC Auxiliar Monofásico.

TABLERO: TC AUXILIAR MONOFASICO										VOLTAJE: 120/240		FASES: 3		HILOS: 4		MONTAJE: EMPOTRAR		VA'S					
ALIMENTACION: INTERRUPTOR		CAPACIDAD (Amps): 125		CAP. INTERRUPTIVA MINIMA: 10 kA		BARRAS (Amps): 225		BARRAS: COBRE		TOTAL L1	12000												
ACOMETIDA: INFERIOR		NUMERO DE POLOS: 42		NEUTRO SOLIDO: 100%		BARRA DE TIERRA: INCLUIR		TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR		TOTAL L2	15000												
ALIMENTADOR: 4-2 THW, 1-4 THW(T), 50mm#		DISTANCIA (m): --		CARGA TOTAL (Amps): 52		CAIDA DE TENSION: --		PREVISTA		TOTAL L3	12000												
NOTAS: TABLERO TRIFASICO EATON, 42 ESPACIO, 120-208V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, BT NS, PRINCIPAL JP/125A, PUERTAS CON DOBLE BISAGRA										FACTOR DE POTENCIA: --		TVSS: --		TOTAL	45000								
										Factor de uso/ P.F.		0.61											
										TOTAL NETO		36000											
# de Circuito Proteccion Barre	Carga (Watts)	DESCRIPCION	Cableado Cable			# Tab (Inch)	Interrupcion (Amps)	# Fases	% Carga rebaje	Carga por Fase (Watts)			% Carga rebaje	# Fases	Interrupcion (Amps)	# Tab (Inch)	Cableado Cable			DESCRIPCION	Carga (Watts)	# de Circuito Proteccion Barre	
			Fase	Medio	Tercio					L1	L2	L3					Fase	Medio	Tercio				
1	1450	LIBRE	12	12	12	13	20	0.63	2550			0.93	1	20	13	12	12	12	LIBRE	1100	2		
3	800	LIBRE	12	12	12	13	20	0.49	2300			0.71	1	20	13	12	12	12	LIBRE	1500	4		
5	1260	LIBRE	12	12	12	13	20	0.82	3000			0.48	1	20	13	12	12	12	LIBRE	1500	6		
7	1500	TOMACORRIENTES EXTERIORES	10	10	12	19	20	1	0.83	3000			0.47	1	20	13	12	12	TOMACORRIENTES MAQUINA,	1500	8		
9	1500	--																	LIBRE	10	10		
11	1500	LUMINARIAS EXTERIORES	12	12	12	13	20	1	0.83	3000			0.59	1	20	13	12	12	LIBRE	1500	12		
13	1500	PREVISTA	12	12	12	13	20	1	0.48	2760			0.72	1	20	13	12	12	PREVISTA	1260	14		
15	1300	PREVISTA	12	12	12	13	20	1	0.89	2600											16		
17	1300	PREVISTA	12	12	12	13	20	1	0.74	2600											18		
19	1300	PREVISTA	12	12	12	13	20	1	0.74	2800											20,22		
21,23	1500	TABLERO TD	2	2	2	38	30	2	0.58	5000											24,26		
1500										5000											28,30		
25,27	1500																				32		
29,31,33	2900																				34		
2900																					36		
2900																					38		
35																					40		
37																					42		
39																							
41																							

Nota: Suministrado por "Zero".

Tabla 3.5
Registro Tablero de Gerencia.

TABLERO: TABLERO DE GERENCIA										VOLTAJE: 120/240		FASES: 3		HILOS: 3		MONTAJE: EMPOTRAR		VA'S					
ALIMENTACION: INTERRUPTOR		CAPACIDAD (Amps): 125		CAP. INTERRUPTIVA MINIMA: 10 kA		BARRAS (Amps): 225		BARRAS: COBRE		TOTAL L1	2550												
ACOMETIDA: INFERIOR		NUMERO DE POLOS: 42		NEUTRO SOLIDO: 100%		BARRA DE TIERRA: INCLUIR		TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR		TOTAL L2	2300												
ALIMENTADOR: 3-2 THW, 1-4 THW(T), 50mm#		DISTANCIA (m): --		CARGA TOTAL (Amps): 25		CAIDA DE TENSION: --		PREVISTA		TOTAL L3	--												
NOTAS: TABLERO TRIFASICO EATON, 42 ESPACIO, 120-208V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, BT NS, PRINCIPAL JP/125A, PUERTAS CON DOBLE BISAGRA										FACTOR DE POTENCIA: --		TVSS: --		TOTAL	10000								
										Factor de uso/ P.F.		0.61											
										TOTAL NETO		6000											
# de Circuito Proteccion Barre	Carga (Watts)	DESCRIPCION	Cableado Cable			# Tab (Inch)	Interrupcion (Amps)	# Fases	% Carga rebaje	Carga por Fase (Watts)			% Carga rebaje	# Fases	Interrupcion (Amps)	# Tab (Inch)	Cableado Cable			DESCRIPCION	Carga (Watts)	# de Circuito Proteccion Barre	
			Fase	Medio	Tercio					L1	L2	L3					Fase	Medio	Tercio				
1	1450	ILUMINACION	12	12	12	13	20	0.63	2550			0.93	1	20	13	12	12	12	ILUMINACION	1100	2		
3	800	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	0.49	2300			0.71	1	20	13	12	12	12	TOMACORRIENTES	1500	4		
5																					6		
7																					8		
9																					10		
--																					--		

Nota: Suministrado por "Zero".

Tabla 3.6

Registro Tablero TO Oficina de Rack.

TABLERO: TO OFICINA DE RACK														VOLTAJE: 120/240			FASES: 2		HILOS: 3		MONTAJE: EMPOTRAR			VA'S	
ALIMENTACION: INTERRUPTOR				CAPACIDAD (Amps): 125				CAP. INTERRUPTIVA MINIMA: 10 kA				BARRAS (Amps): 225		BARRAS: COBRE			TOTAL L1	5500							
ACOMETIDA: INFERIOR				NUMERO DE POLOS: 42				NEUTRO SOLIDO: 100%				BARRA DE TIERRA: INCLUIR		TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR			TOTAL L2	6000							
ALIMENTADOR: 4-1/2 THHN, 1-4 THHN(T), 50mm#				DISTANCIA (m): ---				CARGA TOTAL (Amps): 52				CAIDA DE TENSION: ---			TOTAL L3	6000									
NOTAS: TABLERO TRIFASICO EATON, 42 ESPACIOS, 120-208V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, BT NS, PRINCIPAL 3P/125A, PUERTAS CON DOBLE BISAGRA														FACTOR DE POTENCIA: ---		TVSS: ---		PREVISTA		3500					
														TOTAL	21000										
														Factor de uso/ P.F.		0.61									
														TOTAL NETO	14000										
N° de Circuito Proteccion Base	Carga (Watts)	DESCRIPCION	Calibre Cable			Ø Tub (mm)	Interruptor (Amps)	# Polos	% carga util	Carga por Fase (Watts)			% carga util	# Polos	Interruptor (Amps)	Ø Tub (mm)	Calibre Cable			DESCRIPCION	Carga (Watts)	N° de Circuitos Proteccion Base			
			Fase	Neutro	Tierra					L1	L2	L3					Fase	Neutro	Tierra						
1	1450	ILUMINACION	12	12	12	13	20	1	0.63	2550			0.93	1	20	13	12	12	12	ILUMINACION	1100	2			
3	800	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.49	2300			0.71	1	20	13	12	12	12	TOMACORRIENTES	1500	4			
5	1260	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.82	3000			0.48	1	20	13	12	12	12	TOMACORRIENTES	1500	6			
7	1500	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.83	3000			0.47	1	20	13	12	12	12	TOMACORRIENTES	1500	8			
9	1500	LUMINARIAS CONTABILIDAD	12	12	12	13	20	1	0.69	3000			0.48	2	40	13	10	10	10	AC	1500	10			
11	1500	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.83	3000											1500	12			
13																						14			
15																						16			
17																						18			
19																						20,22			
21,23																						24,26			
25,27																						28,30			
29,31,33																						32			
																						34			
35																						36			
37																						38			
39																						40			
41																						42			

Nota: Suministrado por "Zero".

Tabla 3.7

Registro de Tablero TD

TABLERO: TD AUXILIAR MONOFASICO														VOLTAJE: 120/240			FASES: 3		HILOS: 4		MONTAJE: EMPOTRAR			VA'S	
ALIMENTACION: INTERRUPTOR				CAPACIDAD (Amps): 125				CAP. INTERRUPTIVA MINIMA: 10 kA				BARRAS (Amps): 225		BARRAS: COBRE			TOTAL L1	15610							
ACOMETIDA: INFERIOR				NUMERO DE POLOS: 42				NEUTRO SOLIDO: 100%				BARRA DE TIERRA: INCLUIR		TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR			TOTAL L2	10000							
ALIMENTADOR: 4-2 THHN, 1-4 THHN(T), 50mm#				DISTANCIA (m): ---				CARGA TOTAL (Amps): 52				CAIDA DE TENSION: ---			TOTAL L3	5000									
NOTAS: TABLERO TRIFASICO EATON, 42 ESPACIOS, 120-208V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, BT NS, PRINCIPAL 3P/125A, PUERTAS CON DOBLE BISAGRA														FACTOR DE POTENCIA: ---		TVSS: ---		PREVISTA		5000					
														TOTAL	20000										
														Factor de uso/ P.F.		0.61									
														TOTAL NETO	12000										
N° de Circuito Proteccion Base	Carga (Watts)	DESCRIPCION	Calibre Cable			Ø Tub (mm)	Interruptor (Amps)	# Polos	% carga util	Carga por Fase (Watts)			% carga util	# Polos	Interruptor (Amps)	Ø Tub (mm)	Calibre Cable			DESCRIPCION	Carga (Watts)	N° de Circuitos Proteccion Base			
			Fase	Neutro	Tierra					L1	L2	L3					Fase	Neutro	Tierra						
1	2000	TOMAS	10	10	12	13	20	1	0.63	4000			0.93	1	20	13	12	10	10	TOMAS TALLER	2000	2			
3	800																					4			
5	1260	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.82	3000		1260										6			
7	1500	LUMINARIAS	12	12	12	13	20	1	0.83	1500												8			
9			12	12	12	13	20	1	0.69													10			
11	1500	TOMACORRIENTES PASILLO	12	12	12	13	20	1	0.83	3000			0.59	2	20	38	12	8	8	BOMBAS DOSIFICADORAS	1500	12			
13			12	12	12	13	20	1	0.48	1500												1500			
15	1300	TOMACORRIENTES	12	12	12	13	20	1	0.86	1300												16			
17	1300	PRUEBAS	12	12	12	13	20	1	0.74	1300												18			
19	1300	TOMAS	12	12	12	13	20	1	0.74	2800			0.43	2	20	13	12	12	12	PREVISTA	1500	20,22			
21,23																						1500			
25,27																						24,26			
29,31,33																						28,30			

Nota: Suministrado por "Zero".

Tabla 3.8

Registro De Tablero Aux 1.

TABLERO: T AUX1 AUXILIAR MONOFASICO										VOLTAJE: 120/240		FASES: 3		HILOS: 4		MONTAJE: EMPOTRAR		VA'S				
ALIMENTACION: INTERRUPTOR			CAPACIDAD (Amp): 125			CAP. INTERRUPTIVA MINMA: 10 kA			BARRAS (Amp): 225		BARRAS: COBRE		TOTAL L1		5000							
ACOMETIDA: INFERIOR			NUMERO DE POLOS: 42			NEUTRO SOLIDO: 100%			BARRA DE TIERRA: INCLUIR		TIPO DE RAMAL: ATORNILLAR		TOTAL L2		4000							
ALIMENTADOR: 4-4 THHN, 1-B THHN(T), 50mm ²			DISTANCIA (m): --			CARGA TOTAL (Amp): 52		CADA DE TENSION: --		PREVISTA		TOTAL L3		3500								
NOTAS: TABLERO TRIFASICO EATON, 42 ESPACION, 120-208V, BARRAS DE COBRE PARA 225A, BT NS, PRINCIPAL 3P/125A, PUERTAS CON DOBLE BSAJIRA										FACTOR DE POTENCIA: --		TVSS: --		Factor de uso/ P.F.		0.61						
										TOTAL NETO		8500										
N° de Circuitos Proteccion: Sobrecarga	Carga (Watts)	DESCRIPCION	Cable Cable			Ø Tub (Inch)	Interruptor (Amp)	# Poles	% Carga Usada	Carga por Fase (Watts)			# Poles	Interruptor (Amp)	Ø Tub (Inch)	Cable Cable			Carga (Watts)	N° de Circuitos Proteccion: Sobrecarga		
			Fase	Neutro	Tierra					L1	L2	L3				Tierra	Neutro	Fase				
1	1450	TOMAS	12	12	12	13	20 AFCI	1	0.63	2550			0.93	1	20 AFCI	13	12	12	12	TOMAS	1100	2
3	800	TOMAS	12	12	12	13	20 AFCI	1	0.49		2300		0.71	1	20 AFCI	13	12	12	12	ILUMINACION	1500	4
5											1500		0.48	1	20	13	12	12	12	TOMAS	1500	6
7										1500			0.47	1	20	13	12	12	12	TOMACORRIENTES CALDERA	1500	8
9										1500			0.48	1	20	13	12	12	12	ILUMINACION PASILLO	1500	10
11											1500		0.59	1	20	13	12	12	12	ILUMINACION EXTERIORES	1500	12
13										1260			0.72	1	20 AFCI	13	12	12	12	TOMACORRIENTES	1260	14
15																						16

Nota: Suministrado por "Zero".