



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Diseño e implementación de un sistema monofásico
entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo
San Valentín, Olmos - Lambayeque”**

AUTOR

Bach. Pérez Santos, Edgar Armando

ASESOR

M.Sc. Ing. Cotrina Saavedra, Carlos Javier

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Diseño e implementación de un sistema monofásico
entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo
San Valentín, Olmos - Lambayeque”**

Aprobado por el jurado examinador

Dr. Ing. Fredy Dávila Hurtado

Presidente

M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

Secretario

M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

Vocal

M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°0175-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 09:00 a.m. del día viernes 07 de agosto 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°0138-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 30 de julio 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|-------------------|
| • Dr. Ing. FREDY DAVILA HURTADO | PRESIDENTE |
| • M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | SECRETARIO |
| • M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ | MIEMBRO |
| • M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA MONOFASICO ENTRE FASES PARA ELECTROBOMBAS TRIFASICAS EN EL FUNDO SAN VALENTIN, OLMOS-LAMBAYEQUE".

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **PEREZ SANTOS EDGAR ARMANDO**. Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (17) en la escala vigesimal, mención BUENO. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 9:50 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando presente esta acta el jurado respectivo:


Dr. Ing. FREDY DAVILA HURTADO
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ
MIEMBRO


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
SECRETARIO


M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
ASESOR

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra**, usuario revisor del documento titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MONOFÁSICO ENTRE FASES PARA ELECTROBOMBAS TRIFÁSICAS EN EL FUNDO SAN VALENTÍN, OLMOS - LAMBAYEQUE”**.

Cuyo autor es, **Perez Santos Edgar Armando**, identificado con documento de identidad **N° 73531133** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de **16%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 11 de agosto del 2026

.....
M.SC. ING. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

DNI: 16759264

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

REPORTE DEL TURNITIN

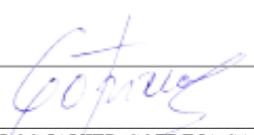
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MONOFÁSICO ENTRE FASES PARA ELECTROBOMBAS TRIFÁSICAS EN EL FUNDO SAN VALENTÍN, OLMOS - LAMBAYEQUE

INFORME DE ORIGINALIDAD

16% INDICE DE SIMILITUD	16% FUENTES DE INTERNET	5% PUBLICACIONES	6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	idoc.tips Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
11	OSCAR YANGALI INGENIERIA E.I.R.LTDA.. "EIA del Pequeño Sistema Eléctrico Acobambilla-IGA0014754", R.D. N° 129-2002-EM/DGAA, 2022 Publicación	<1%
12	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
13	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
14	doku.pub Fuente de Internet	<1%
	repositorio.esan.edu.pe	


M.SC. ING. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
DNI: 16759264
ASESOR

REGISTRO EN EL TURNITIN

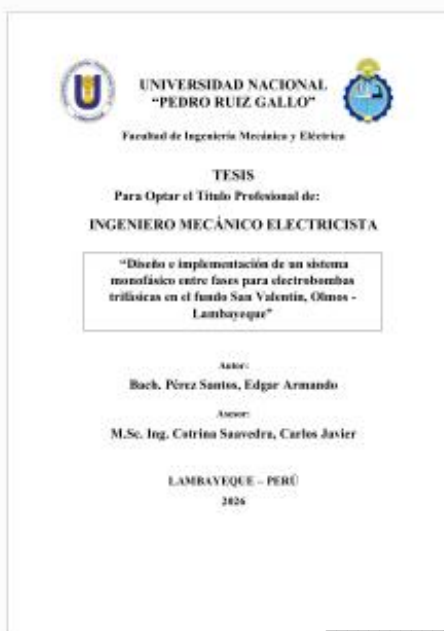


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Edgar Armando Pérez Santos
Título del ejercicio: REVISION DE TESIS
Título de la entrega: REVISION DE TESIS
Nombre del archivo: DE_INFORME_FINAL_EDGAR_ARMANDO_PEREZ_SANTOS_18.07...
Tamaño del archivo: 5.38M
Total páginas: 142
Total de palabras: 22,973
Total de caracteres: 130,193
Fecha de entrega: 22-jul-2026 03:27a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2747638901



M.SC. ING. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA
DNI: 16759264
ASESOR

TESIS

INFORMACIÓN GENERAL

- **Título**

“Diseño e implementación de un sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, Olmos - Lambayeque”

- **Autor**

Bach. Edgar Armando Pérez Santos

Bachiller en Ingeniería Mecánica y Eléctrica

- **Asesor de especialidad**

M.Sc. Carlos Javier Cotrina Saavedra

Docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

- **Línea de investigación**

Ingenierías y Tecnologías

- **Lugar de ejecución de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en el fundo “San Valentín” en Olmos, distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque.

- **Duración estimada de la tesis**

Fecha de inicio

Junio 2025

Fecha de término

Julio 2026

DEDICATORIA

Deseo dedicar inicialmente este trabajo de investigación, a mis padres, Eduardo Pérez Zamora y Anita Santos Chinguel, por guiar mi camino y darme la fortaleza para cumplir mis metas. Por siempre apoyarme y ser el soporte sobre el cual he construido mi formación profesional.

A mis hermanos, Nellinda Guevara Santos y Manuel Eduardo Pérez Santos, por ser mis cómplices y compañeros de vida. Su presencia ha hecho significativo este camino académico recordándome siempre el valor de la unidad familiar.

A mi cuñado, Milton Dávila Bravo, por su invaluable apoyo y por estar siempre presente en cada obstáculo, brindándome su respaldo y su confianza cando más lo necesité.

A mi novia, Madeleyner, por su paciencia infinita, su comprensión y su amor.

A toda mi familia, por ser el refugio y la razón de mi perseverancia, y por recordarme siempre que los logros personales son también logros compartidos.

Bach. Pérez Santos Edgar Armando.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios, y mi Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por brindarme una formación académica integral y de calidad, y por permitirme crecer como profesional y como persona.

De manera especial, deseo agradecer a mi asesor de tesis, el M.Sc. Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra, por su orientación, su paciencia y su compromiso para la realización de este estudio, clave para alcanzar los objetivos de este proyecto de titulación.

Asimismo, agradezco al Ing. Elmer Velásquez Monje, por su apoyo en los inicios de mi vida profesional, por compartir generosamente su experiencia y por brindarme la confianza necesaria para dar mis primeros pasos en el ejercicio de la ingeniería. Su respaldo ha sido un impulso fundamental en mi trayectoria.

A todos ellos, mi eterna gratitud.

Bach. Pérez Santos, Edgar Armando.

RESUMEN

El objetivo central del presente trabajo de investigación fue diseñar e implementar un sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, ubicado en Olmos, Lambayeque. El problema principal radica en la falta de una red trifásica en la zona, lo que obliga al uso del grupo electrógeno diésel de 50 kW. El cual genera elevados costos operativos que ascienden a S/ 10 800,00 mensuales en combustible por cada electrobomba en operación y restringiendo la continuidad del riego agrícola al impedir el funcionamiento simultaneo de ambas electrobombas de 50 HP. La metodología fue aplicada, no experimental y de enfoque cuantitativo, basada en el diagnóstico del sistema existente, cálculo de demanda, selección de conductores, transformadores, protecciones, tableros, variadores de frecuencia y sistemas de puesta a tierra. Como resultado, se diseñó e implementó una red privada de distribución en media tensión monofásica fase-fase de 22,9 kV, con transformadores monofásicos de 63 kVA y variadores de frecuencia logrando alimentar a las electrobombas trifásicas con parámetros eléctricos estables. La evaluación económica demostró la viabilidad del proyecto, obteniéndose un VAN de S/ 178 296,47, y un TIR de 19,38 % y un tiempo de retorno de 2,97 años. Con esto, llegamos a que la implementación del sistema monofásico entre fases reemplaza eficazmente al grupo electrógeno, reduce los costos operativos en un 70% anual y garantiza la continuidad del riego agrícola en el fundo.

Palabras clave: sistema monofásico entre fases, electrobombas trifásicas, variador de frecuencia, evaluación económica, riego agrícola.

ABSTRACT

The central objective of this research work was to design and implement a phase-to-phase single-phase system for three-phase electric pumps at the San Valentín farm, located in Olmos, Lambayeque. The main problem lies in the lack of a three-phase power grid in the area, which forces the use of a 50 kW diesel generator set. This generates high operating costs amounting to S/ 10,800.00 per month in fuel for each electric pump in operation and restricts the continuity of agricultural irrigation by preventing the simultaneous operation of both 50 HP electric pumps. The methodology was applied, non-experimental, and quantitative in approach, based on the diagnosis of the existing system, load demand calculation, and the selection of conductors, transformers, protections, switchboards, frequency drives, and grounding systems. As a result, a private 22.9 kV phase-to-phase single-phase medium-voltage distribution network was designed and implemented, equipped with 63 kVA single-phase transformers and frequency drives, successfully powering the three-phase electric pumps with stable electrical parameters. The economic evaluation demonstrated the project's feasibility, yielding an NPV of S/ 178,296.47, an IRR of 19.38%, and a payback period of 2.97 years. Consequently, it is concluded that the implementation of the phase-to-phase single-phase system effectively replaces the diesel generator set, reduces operating costs by 70% annually, and ensures the continuity of agricultural irrigation at the farm.

Keywords: single-phase between-phases system, three-phase electric pumps, frequency inverter, economic evaluation, agricultural irrigation.

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	iii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD.....	iv
REPORTE DEL TURNITIN.....	v
REGISTRO EN EL TURNITIN.....	vi
INFORMACIÓN GENERAL	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
Capítulo I : INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Realidad Problemática.....	16
1.2 Problema de Investigación.....	19
1.3 Objetivos.....	21
1.4 Estructura de la tesis	21
Capítulo II : DISEÑO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.2. Bases Teórica.....	30
2.3. Operacionalización de variables	33
Capítulo III : DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1. Tipo de investigación.....	35
3.2. Diseño de Contrastación de la hipótesis	36
3.3. Población y muestra.....	37
3.4. Hipótesis	37
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos.....	37
3.6. Equipos y materiales.....	39
3.7. Aspectos éticos de la investigación.....	40
Capítulo IV : RESULTADOS	43

4.1.	Diagnóstico del actual y del nuevo sistema de suministro eléctrico a las electrobombas en el fundo “San Valentín” en el distrito de Olmos – Lambayeque. ...	43
4.2.	Dimensionamiento y elección de los equipos del sistema de alimentación monofásico con tensión entre fases a electrobombas trifásicas	45
4.3.	Evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR del diseño propuesto	84
4.4.	Implementación del sistema diseñado y verificación de compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente.....	98
Capítulo V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		108
5.1.	Discusión del diagnóstico del sistema de suministro existente	108
5.2.	Discusión del dimensionamiento y selección de los componentes	109
5.3.	Discusión de la compatibilidad técnica y las pruebas operativas.....	111
5.4.	Discusión de los resultados económicos	113
5.5.	Contrastación de la hipótesis	114
5.6.	Aporte de la investigación	115
Capítulo VI : CONCLUSIONES.....		117
Capítulo VII : RECOMENDACIONES		119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		120
ANEXOS.....		123
ANEXO 01: Factibilidad de Suministro y Punto de Diseño		124
ANEXO 02: Diagrama Unifilar.....		129
ANEXO 03: Catálogo de los Componentes del Sistema Unifilar		132
ANEXO 04: Plano del Recorrido de la línea.....		136
ANEXO 05: Sustento de Costos y Cotizaciones Referenciales		138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2: Máxima Demanda.....	46
Tabla 3: Caída de Tensión.....	48
Tabla 4: Características Técnicas del Transformador seleccionado	50
Tabla 5: Características del Seccionador seleccionado.....	52
Tabla 6: Selección del aislador.	55
Tabla 7: Características del interruptor termomagnético	74
Tabla 8: Características del interruptor termomagnético	75
Tabla 9: Características del Variador de Frecuencia seleccionado	82
Tabla 10: Parámetros económicos con el suministro de Grupo Electrónico.....	85
Tabla 11 : Parámetros económicos de inversión inicial.....	87
Tabla 12: Parámetros económicos de sistema con suministro de energía eléctrica.	91
Tabla 13: Costos de mantenimiento quinquenal del grupo electrónico	92
Tabla 14: Costos de mantenimiento quinquenal de la línea y grupo electrónico	92
Tabla 15: Costos anuales comparativos con una inflación del 3.0%.	93
Tabla 16: Flujo de caja económico	94
Tabla 17: Indicadores económicos.....	97
Tabla 13: Matriz de compatibilidad del sistema implementado.....	106
Tabla 14: Pruebas operativas de compatibilidad y funcionamiento.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Placa característica del Grupo Electrógeno.	44
Figura 2 Pozo Tubular con Electro Bomba	45
Figura 3 Características del conductor seleccionado	47
Figura 4 Caída de Tensión - Sistema de Utilización en 22.9 kV	48
Figura 5 Cimentación de los postes.....	64
Figura 6 Diagrama mecánico para el cálculo de fuerzas Retenida.....	66
Figura 7 Retenida inclinada.....	68
Figura 8 Subestación Aérea Monoposte de 63 kVA.	70
Figura 9 Placa Característica de la Electrobomba	71
Figura 10 Tabla de Conductores THW -90	73
Figura 11 Diagrama Multifilar, conexión de alimentación en interruptor termomagnético	74
Figura 12 Medición de Pozo a Tierra	83
Figura 13 Tablero de Fuerza y control para electrobomba de 50HP.....	83
Figura 14 Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad	89
Figura 15 Inicio de recorrido y replanteo	99
Figura 16 Estaqueado para izaje de estructuras.....	100
Figura 17 Cimentación e izaje de postes.....	101
Figura 18 Instalación y flechado de retenida.....	101
Figura 19 Tendido de conductor y Flechado de conductor	102
Figura 20 Izaje de Transformador Monofasico Fase-Fase 63 kVA	103
Figura 21 Traslado y conexión de los variadores de frecuencia	103
Figura 22 Ejecución y medición de Pozos a Tierra.....	104
Figura 23 Pruebas y Puesta en servicio	105

Capítulo I : INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Las electrobombas trifásicas permiten extraer y distribuir agua de forma continua y estable, lo cual es fundamental en sistemas de riego tecnificado para cultivos en un fundo, ya que garantizan que las plantas reciban agua en los momentos y volúmenes necesarios para un buen desarrollo. Las bombas eléctricas, especialmente las trifásicas, se consideran la alternativa eléctrica más económica para riego, reduciendo costos y facilitando su control en comparación con motores diésel u otras fuentes de energía (Lyndon, 2019). Las electrobombas trifásicas, alimentadas por corriente trifásica, son más eficientes que las unidades monofásicas, lo que se traduce en: Mayor eficiencia energética, ya que la potencia entregada es constante y las pérdidas por vibración son menores. Mayor fiabilidad y menor mantenimiento, lo cual es clave para operaciones continuas en labores agrícolas donde cualquier falla puede significar una pérdida de producción. Este rendimiento superior ayuda a disminuir el costo operativo total de riego en el fundo, especialmente cuando se manejan grandes volúmenes de agua o se requiere elevarla desde profundas fuentes subterráneas. (AMPINVT, 2022). El uso de electrobombas trifásicas también contribuye a la sustentabilidad económica y ambiental del fundo, esto se manifiesta en la Tesis como la de “Diseño de sistema de bombeo con energía solar para reducir el costo energético en el cultivo de maíz...” muestran la utilización de bombas trifásicas de potencia significativa (ej. 2 HP trifásico 380 V) como parte de sistemas de riego automatizados que reduzcan costos energéticos y mejoren la disponibilidad de agua en cultivos, optimizando su funcionamiento con sensores y control automático (Fernandez Fernandez, 2022).

La importancia del funcionamiento de electrobombas trifásicas se sustenta en su mayor eficiencia energética, confiabilidad y capacidad para accionar sistemas de bombeo de alta potencia utilizados en riego y abastecimiento de agua. Diversos estudios señalan que los motores de inducción trifásicos son ampliamente empleados para accionar bombas hidráulicas en aplicaciones agrícolas debido a su capacidad para operar de manera continua y eficiente, garantizando el suministro adecuado de agua para los cultivos y mejorando la productividad agrícola. (Bhingoli, Shivkuma, & Veerendra, 2025). Asimismo, investigaciones sobre sistemas de bombeo indican que el uso de motores trifásicos en conjuntos motor-bomba permite optimizar el rendimiento energético del sistema, reducir pérdidas eléctricas y mejorar el control del caudal y la presión del agua, lo que contribuye a un uso más eficiente de la energía en aplicaciones hidráulicas y de riego. (Abdelsalam A. & Basma A., 2022). En estudios sobre eficiencia energética en sistemas de bombeo, se destaca que el análisis y mejora del desempeño de bombas accionadas por motores eléctricos es fundamental para incrementar la eficiencia del sistema hidráulico, disminuir el consumo energético y garantizar la operación confiable de los sistemas de abastecimiento de agua. (Pérez Ferras, 2020).

La disponibilidad de energía eléctrica confiable constituye un factor determinante para la tecnificación, productividad y sostenibilidad de las actividades agrícolas. En los fundos que dependen de la extracción de agua subterránea, las electrobombas trifásicas permiten mantener caudales estables, operar equipos de elevada potencia y desarrollar jornadas continuas de riego. Sin embargo, en diversas zonas rurales del país la infraestructura eléctrica se encuentra constituida principalmente por redes monofásicas, debido a que representan menores costos de instalación y mantenimiento. Esta condición limita la utilización directa de motores y electrobombas trifásicas, obligando a los productores

agrícolas a recurrir a grupos electrógenos diésel u otras alternativas que incrementan los costos de operación, mantenimiento y producción.

En el Perú, uno de los mayores problemas con el uso de electrobombas trifásicas se relaciona principalmente con la baja eficiencia energética de los sistemas de bombeo, el inadecuado dimensionamiento de equipos y las deficiencias en el control y operación de los motores eléctricos que accionan las bombas. En este sentido, una investigación sobre eficiencia energética en sistemas de bombeo señala que “el consumo de energía eléctrica en estaciones de bombeo puede reducirse significativamente cuando se optimizan los sistemas de control y se emplean motores de mayor rendimiento”, evidenciando que muchos sistemas operan con equipos poco eficientes o sin tecnologías de control adecuadas. (Aztete Alvarez, 2018).

El fundo “San Valentín”, ubicado en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque, utiliza un sistema de riego basado en la extracción de agua subterránea mediante dos electrobombas trifásicas de 50 HP cada una, las cuales operan a una tensión nominal de 380 V y una frecuencia de 60 Hz. Actualmente, debido a la inexistencia de un suministro eléctrico trifásico en la zona, las electrobombas son alimentadas mediante un grupo electrógeno diésel de 50 kW ($\approx 62,5$ kVA), el cual opera solamente para una de las electrobombas, no permitiendo que las dos electrobombas funcionen al mismo tiempo. Este sistema presenta un consumo específico aproximado de 10 a 12 litros de diésel por hora a plena carga. Teniendo en cuenta que el régimen de operación promedio de 8 horas diarias durante 30 días al mes, los costos en combustible ascienden en S/. 10 800. Además del costo del mantenimiento.

La situación problemática se origina principalmente por la limitada disponibilidad de suministro eléctrico trifásico en zonas rurales como el distrito de Olmos, donde predominan redes de distribución monofásicas en media tensión debido a su menor costo de implementación.

Si la situación problemática no se soluciona, el fundo San Valentín continuará dependiendo del uso de un generador eléctrico diésel para el funcionamiento una de las dos electrobombas trifásicas de 50 HP, lo que mantendrá elevados los costos de operación y mantenimiento. En consecuencia, el incremento de los costos de mantenimiento del generador.

1.2 Problema de Investigación

¿Mediante el diseño e implementación de un sistema monofásico con tensión entre fases se podrá suministrar de energía eléctrica a las electrobombas trifásicas en el fundo “San Valentín” en el distrito de Olmos - Lambayeque?

La necesidad de investigar este problema se encuentra vinculada con la línea de investigación de Ingenierías y Tecnologías, debido a que integra conocimientos de sistemas eléctricos de potencia, instalaciones en media y baja tensión, máquinas eléctricas, electrónica de potencia, selección de protecciones, sistemas de puesta a tierra y evaluación económica de proyectos. Desde esta perspectiva, la investigación desarrolla una solución tecnológica aplicada a una necesidad real del sector agrícola, permitiendo aprovechar la infraestructura monofásica disponible para suministrar energía a cargas trifásicas de elevada potencia.

La investigación se justifica técnicamente porque permite establecer un procedimiento para dimensionar e implementar un sistema monofásico entre fases que proporcione

condiciones adecuadas de tensión, corriente, frecuencia y potencia a las electrobombas de 50 HP. La correcta selección de conductores, transformadores, variadores de frecuencia, dispositivos de protección, tableros eléctricos y sistemas de puesta a tierra contribuye a mejorar la estabilidad del suministro, reducir los riesgos de sobre corriente, sobrecalentamiento y fallas prematuras, así como garantizar el cumplimiento de los criterios establecidos en el Código Nacional de Electricidad y en las normas técnicas aplicables.

Desde el punto de vista económico, la propuesta se justifica por la necesidad de sustituir los gastos recurrentes asociados al combustible y mantenimiento del grupo electrógeno por un sistema conectado al servicio público de electricidad. Aunque su implementación requiere una inversión inicial, los beneficios derivados de la disminución de los costos energéticos, la reducción de las paradas operativas y el incremento de la disponibilidad del sistema de riego permiten recuperar la inversión durante la vida útil del proyecto. La evaluación económica realizada obtuvo un valor actual neto de S/ 178 296,47, una tasa interna de retorno de 19,38 % y un periodo de recuperación de 2,97 años, resultados que evidencian la viabilidad de la solución implementada.

En el ámbito social y productivo, la investigación favorece la continuidad del riego agrícola, el aprovechamiento oportuno del agua subterránea y la reducción de las interrupciones que pueden afectar el desarrollo de los cultivos. Asimismo, contribuye a mejorar las condiciones de trabajo del personal encargado de la operación del sistema, al disminuir la manipulación frecuente de combustible y las actividades asociadas al mantenimiento del generador. En el aspecto ambiental, la sustitución parcial o total del

grupo electrógeno permite reducir el consumo de diésel, las emisiones de gases de combustión y los niveles de ruido generados durante el bombeo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, Olmos - Lambayeque.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del actual sistema de suministro eléctrico existente;
- Calcular y seleccionar los componentes del sistema de alimentación monofásico con tensión entre fases a electrobombas trifásicas.
- Efectuar la evaluación económica mediante los indicadores de VAN y TIR; del diseño propuesto.
- Implementar el sistema diseñado, verificando su compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente.

1.4 Estructura de la tesis

El Capítulo I presenta la realidad problemática, la formulación del problema, las delimitaciones, la justificación, las limitaciones y los objetivos de la investigación. El Capítulo II desarrolla los antecedentes internacionales y nacionales, así como las bases teóricas relacionadas con los sistemas de distribución rural, electrobombas trifásicas, sistemas monofásicos entre fases, conversión de energía y variadores de frecuencia. El Capítulo III expone el marco metodológico, incluyendo el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, la hipótesis, las variables, las técnicas y los instrumentos utilizados.

El Capítulo IV presenta la propuesta de investigación, su fundamentación técnica, sus componentes, criterios de diseño, diagrama funcional, ventajas, viabilidad e impacto esperado. El Capítulo V desarrolla el análisis e interpretación de los resultados, comprendiendo el diagnóstico del sistema existente, los cálculos eléctricos y mecánicos, la selección de los componentes, la evaluación económica, la implementación y las pruebas de funcionamiento. Finalmente, el Capítulo VI contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, seguido de las referencias bibliográficas y los anexos técnicos que sustentan el sistema implementado.

Capítulo II : DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel internacional

Masabanda Pinza, (2021), en su trabajo de investigación denominado “Conversión de un sistema eléctrico monofásico a trifásico balanceado mediante elementos pasivos como alternativa para energización de equipos”, El propósito del presente trabajo es realizar la implementación de manera virtual del plano de conexión de un convertidor eléctrico, con el objetivo de suministrar un sistema de alimentación trifásico a una determinada carga, utilizando como base un sistema eléctrico que es monofásico. Esta opción se presenta como una solución viable para proporcionar energía en áreas que no disponen de acceso a redes de electrificación trifásica. Con el objetivo de presentar un circuito que tenga la capacidad de llevar a cabo la conversión de los sistemas mencionados anteriormente, se sugiere la utilización de una combinación de componentes tales como capacitores, inductores y transformadores, todos ellos considerados elementos pasivos. Estos elementos son fundamentales ya que facilitan la conversión necesaria para alcanzar el funcionamiento deseado del circuito. Mediante el uso del programa Matlab, y más concretamente a través de la herramienta conocida como Simulink, se llevará a cabo una serie de simulaciones que involucrarán diversos tipos de carga. El propósito de estas simulaciones es analizar y estudiar el comportamiento de dichas cargas cuando se enfrentan a distintas situaciones operativas que afectan el sistema de conversión de monofásico a trifásico. Una vez que se han obtenido los resultados, se lleva a cabo un análisis detallado y exhaustivo de cada uno de los casos de estudio, donde se verifica la eficacia y la capacidad de funcionamiento continuo del sistema de conversión. Este proceso permite, además, determinar los valores óptimos de los diversos elementos necesarios

para garantizar un funcionamiento adecuado y efectivo de dicho sistema, asegurando así su correcta operación. A través de este proyecto se pretende ofrecer a las regiones con una menor densidad de población, específicamente aquellas áreas rurales, una opción viable para energizar sus maquinarias. Al implementar esta solución, no solo se busca incrementar la producción en estas localidades, sino también lograr un ahorro significativo en los costos de mantenimiento de sus sistemas operativos. (Masabanda Pinza, 2021)

Cedillo Uvidia & Samaniego Bueno, (2021), en su trabajo de investigación denominado “Sistema SCADA para variables eléctricas de motores trifásicos mediante buses de campo e IOT”, El proyecto que se presenta a continuación detalla de manera exhaustiva el proceso de creación y diseño de un sistema integral que tiene como objetivo la supervisión, el control y la adquisición de datos. Este sistema está específicamente destinado a la monitorización remota de los parámetros eléctricos que caracterizan a los motores trifásicos, todo ello implementando las innovadoras y avanzadas tecnologías que ofrece el internet de las cosas. Mediante el uso de esta aplicación, se tiene la capacidad de monitorear el comportamiento del motor en tiempo real. Al mismo tiempo, se pueden llevar a cabo comparaciones con los valores nominales establecidos. Esta herramienta resulta sumamente útil, ya que facilita y apoya el proceso de toma de decisiones en lo que respecta al mantenimiento correctivo y preventivo. Se han empleado buses de campo para el propósito de sortear las restricciones que presenta el cableado paralelo, lo cual permite maximizar la cantidad de datos que se pueden estimar en relación con los variadores de frecuencia. Además de esto, se utiliza un servidor OPC proporcionado por National Instruments, el cual actúa como un intermediario entre el Controlador Lógico Programable (PLC) que está

conectado a los actuadores que forman parte de la red, y los datos que se necesitan enviar hacia la nube utilizando la plataforma Ubidots. El sistema SCADA, que se refiere a un sistema de control y adquisición de datos, es cuidadosamente diseñado e implementado utilizando el software LabVIEW. Durante este proceso, se aplican diversas normativas y estándares que son esenciales para el desarrollo de aplicaciones de interfaces hombre-máquina (HMI) destinadas a ser utilizadas en procesos industriales. (Cedillo Uvidia & Samaniego Bueno, 2021)

Marcelino Santee, (2022), en el trabajo de investigación denominado “Una revisión de los métodos de conversión monofásica a trifásica para el suministro de cargas rurales”. Es común que las instalaciones rurales utilicen motores monofásicos para impulsar cargas. A medida que aumenta la producción, resulta más ventajoso utilizar motores trifásicos, que son más eficientes energéticamente. Sin embargo, el coste de distribuir otra fase puede reducir la viabilidad económica del cambio de motor. Por lo tanto, el uso de sistemas que convierten a trifásico utilizando solo dos cables como entrada se vuelve relevante para ahorrar costos. Este artículo analiza la viabilidad y la calidad de la energía de cuatro de estos métodos: Ferraris-Arno, Scott-T y un nuevo método propuesto. (Marcelino Santee, 2022)

Moncrief, (2022), en su trabajo de investigación denominado “Aplicación práctica y selección de convertidores monofásicos a trifásicos”. Los motores trifásicos y las fuentes de alimentación electrónicas se utilizan en equipos comerciales e industriales para lograr economía y eficiencia. Cuando la red eléctrica no dispone de energía trifásica, se debe suministrar otra fuente. Se pueden utilizar generadores de gasolina o diésel, o bien, la energía monofásica disponible de la red eléctrica se puede convertir a energía trifásica. Este documento examina las tecnologías disponibles y ofrece

recomendaciones específicas para la selección de convertidores para aplicaciones específicas. (Moncrief, 2022).

A nivel nacional

Quispe Choccelahua, (2021), a través de su estudio denominado “Análisis de la eficiencia energética de electrobombas controlados por variadores de velocidad”, En el desarrollo del presente estudio, se ha determinado de manera concluyente que el consumo de energía eléctrica de una electrobomba que cuenta con un motor de jaula de ardilla y es regulada por medio de un variador de velocidad es considerablemente más bajo en comparación con el consumo asociado a un sistema que utiliza un controlador convencional. Esta comparación permite llegar a la conclusión de que la eficiencia energética del sistema basado en el variador de velocidad supera la del sistema convencional, evidenciando así su superioridad en términos de ahorro energético. Un sistema de bombeo de agua que es operado mediante un variador de velocidad ofrece una manera de funcionamiento considerablemente más fluida y eficiente en comparación con el caso en que dicho equipo fuese puesto en marcha a una velocidad fija y constante. En el caso de utilizar una bomba que es accionada por un motor que funciona a una velocidad constante, la operación de la bomba se inicia cuando el flujo del líquido alcanza un punto máximo previamente establecido. Por otro lado, la bomba se desactiva automáticamente cuando no se detecta ningún flujo, asegurando así un funcionamiento eficiente y seguro del sistema. El encendido y apagado constante de la bomba genera picos de corriente frecuentes en el arranque del motor, lo que expone a los equipos eléctricos a un alto desgaste térmico y mecánico. Asimismo, esto somete a las tuberías a sobretensiones hidráulicas por los cambios abruptos en el caudal. Ante esta problemática, implementar un control automático con

variadores de frecuencia resulta mucho más eficiente, ya que permite regular la velocidad del motor según la demanda del flujo, logrando una operación más continua y un ahorro energético significativo. (Quispe Choccelahua, 2021)

Condor Socualaya, (2021), en su trabajo de investigación “Cálculo analítico de una máquina de inducción trifásica para accionar una bomba de aguas residuales en ESSALUD – La Oroya – Junín”, En el presente estudio se centra en un exhaustivo análisis y el desarrollo de un motor eléctrico de inducción trifásico, cuyo propósito es impulsar aguas residuales a través de una bomba específica. Esta electrobomba ha sido instalada en el Hospital de Essalud, ubicado en La Oroya. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas adversas y al entorno de trabajo en el que opera la electrobomba, hemos observado que la placa del motor ha sufrido un proceso de corrosión significativa. Como resultado de este deterioro, se ha vuelto imposible determinar las características eléctricas del motor que estamos analizando. En este contexto, procedí a coordinar con el ingeniero encargado del mantenimiento, quien es el jefe del departamento pertinente, para abordar la situación y buscar posibles soluciones. Antonio Rodríguez, quien tuvo la amabilidad de proporcionarme información adicional referente a ciertos parámetros del motor eléctrico, ya que no se pudo localizar el manual correspondiente a dicho motor. Finalmente, después de un análisis minucioso y detallado, se llega a la conclusión de que el tipo de motor eléctrico en cuestión es un motor de inducción trifásico, que opera eficientemente a una tensión de 380 Voltios y en una frecuencia de 60 Hertz. Tras la llegada de la máquina al hospital, y con el valioso apoyo de los técnicos e ingenieros que laboran en la planta del hospital, tomamos la decisión de realizar una prueba en la que la máquina funcionara en vacío, manteniendo el rotor bloqueado. Esto nos permitirá obtener una

aproximación a su circuito equivalente. Los resultados que se han conseguido a lo largo de nuestra investigación se detallada en el capítulo 4 de esta tesis que hemos elaborado. Al final del proceso de investigación, la tesis fue estructurada en un total de cuatro capítulos que se organizaron de la siguiente manera. En el primer capítulo, se establecieron las bases esenciales y fundamentales que sustentan el desarrollo de la tesis. Este capítulo incluyó la caracterización del problema abordado, así como la formulación y el planteamiento de este. También se detallaron los objetivos que se persiguen con esta investigación, la justificación que respalda la importancia del estudio, además de los antecedentes relevantes y el marco teórico en el que se enmarca la investigación. En el segundo capítulo, se aborda de manera detallada todo lo relacionado con los motores de inducción trifásicos, profundizando en sus principios de funcionamiento y aplicaciones. Por otro lado, en el tercer capítulo se expone la metodología que se ha seguido para llevar a cabo la investigación, con una descripción exhaustiva de los métodos y enfoques utilizados. Finalmente, en el cuarto capítulo, se realiza un desarrollo completo de la investigación, donde se discuten los hallazgos obtenidos y se analizan las hipótesis planteadas, así como otros aspectos relevantes que surgen a lo largo de la investigación. (Condor Socualaya, 2021)

Ramos Yangali, (2023), en su investigación bajo el nombre de “Análisis, modelamiento y simulación de un convertidor monofásico a trifásico para aplicaciones de accionamiento de velocidad variable”, En la actualidad, los variadores de frecuencia que se emplean para controlar motores de corriente alterna son utilizados de manera muy extensa en una amplia gama de aplicaciones tanto en entornos domésticos como en sectores industriales. Se ha percatado de que los sistemas eléctricos que operan con una configuración trifásica, que incluyen a los motores de inducción trifásicos, son

notablemente más efectivos en términos de eficiencia, además de resultar ser más rentables y sencillos de manejar y controlar en comparación con otras opciones disponibles. En comparación con los motores trifásicos, los motores que operan con una fase, es decir, los motores monofásicos, generalmente presentan un nivel de rendimiento inferior, así como un precio que suele ser más elevado. Los motores trifásicos son comúnmente utilizados en aplicaciones que requieren un alto nivel de potencia. Se emplean como unidades de potencia para diversos sistemas y equipos, como, por ejemplo, compresores, bombas hidráulicas, compresores de aire acondicionado, bombas de riego, así como en muchas otras aplicaciones industriales y comerciales. Un motor de inducción trifásico presenta un diseño que se puede considerar como bastante sencillo, además de contar con un par de arranque que es inherentemente alto, lo cual representa una ventaja significativa. Asimismo, este tipo de motor se caracteriza por tener una eficiencia notablemente alta en comparación con otros tipos de motores eléctricos. Estos motores son utilizados en diversas aplicaciones dentro de la industria, donde desempeñan roles fundamentales en el funcionamiento de equipos tales como bombas, ventiladores, sopladores, compresores, sistemas de accionamiento para transportadores, vehículos eléctricos, así como en muchos otros tipos de maquinaria que dependen de un motor para su operación. Sin embargo, la gran mayoría de estos dispositivos suelen ser utilizados con frecuencia sin ninguna supervisión o regulación en cuanto a la velocidad, y se estima que solamente cerca del 10% de ellos cuentan con una aplicación que permite controlar la velocidad de manera efectiva. Los variadores de velocidad, también conocidos como VSD por sus siglas en inglés, son dispositivos que se emplean para ofrecer un control detallado y exacto tanto de la velocidad como del par motor en los motores que funcionan con tres fases de corriente eléctrica. Existen ciertos modelos que tienen la capacidad de ser alimentados

mediante un suministro de tipo monofásico. Sin embargo, es importante señalar que la gran mayoría de las aplicaciones operativas emplean energía que es de tipo trifásico. Lo principal de este proyecto consiste en desarrollar el convertidor que permita accionar este motor específico en situaciones donde no haya disponible una fuente de alimentación trifásica. Los variadores de velocidad de frecuencia variable, comúnmente conocidos como VSD, operan mediante un proceso que implica la conversión del voltaje de suministro, el cual es corriente alterna (c.a.), en primer lugar, a corriente continua (CC). Posteriormente, esta corriente continua se transforma en una fuente trifásica apropiada que es adecuada para alimentar el motor. Este dispositivo está diseñado para regular y gestionar la velocidad de diversos sistemas, tales como los transportadores, los ventiladores, las bombas, las máquinas herramienta, y también puede ser aplicado en otras áreas donde es necesario tener una velocidad que pueda variar junto con un par que también cambie. Es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente y específico en multitud de aplicaciones industriales y mecánicas. (Ramos Yangali, 2023)

2.2. Bases Teórica

A. Sistemas de distribución eléctrica en zonas rurales

Los sistemas de distribución eléctrica en zonas rurales se caracterizan por limitaciones en la infraestructura, predominando redes monofásicas debido a su menor costo de instalación y mantenimiento. Esta condición restringe el uso de cargas trifásicas, afectando la productividad agrícola y el desarrollo económico local (Gómez & Rojas, 2020). En el Perú, estas limitaciones son comunes en áreas agrícolas alejadas de los centros urbanos, como el distrito de Olmos, donde el acceso a energía trifásica no siempre está garantizado. (PEOT, 2023)

La ausencia de suministro trifásico obliga a los usuarios a emplear soluciones alternativas, incrementando los costos operativos y reduciendo la eficiencia energética del sistema eléctrico.

B. Electrobombas trifásicas

Las electrobombas trifásicas son ampliamente utilizadas en aplicaciones agrícolas por su alta eficiencia, mayor capacidad de potencia y menor corriente de arranque en comparación con motores monofásicos (Chapman, 2012). Estos motores requieren una alimentación trifásica balanceada para operar dentro de los parámetros eléctricos establecidos por el fabricante.

El funcionamiento bajo condiciones eléctricas inadecuadas puede provocar sobrecalentamiento, pérdidas de potencia y fallas prematuras del motor, reduciendo su vida útil y confiabilidad operativa (IEEE, 2018).

C. Sistemas monofásicos entre fases

Un sistema monofásico entre fases se obtiene al conectar una carga entre dos fases de un sistema trifásico, logrando una tensión mayor que la obtenida entre fase y neutro. Esta configuración es común en redes rurales donde no se dispone de las tres fases completas (Wildi, 2015).

El uso de sistemas monofásicos entre fases permite alimentar cargas de mayor potencia, reduciendo la corriente y las pérdidas por calentamiento Joule en el cableado eléctricos (García, 2019).

D. Conversión de energía monofásica a trifásica

Para alimentar motores trifásicos desde una fuente monofásica, es necesario emplear sistemas de conversión eléctrica. Entre los más utilizados se encuentran los convertidores estáticos de fase y los variadores de frecuencia monofásico–trifásico (Bose, 2021).

Estos dispositivos permiten generar una señal trifásica balanceada, adecuada para el funcionamiento eficiente de electrobombas trifásicas en entornos con infraestructura eléctrica limitada.

E. Variadores de frecuencia aplicados a sistemas de bombeo

Los variadores de frecuencia (VFD) son equipos electrónicos que se encargan de ajustar la velocidad y el par de giro del motor variando la frecuencia de la red y tensión de alimentación. Su aplicación en sistemas de bombeo agrícola permite reducir el consumo energético, mejorar el control del caudal y disminuir el estrés mecánico del sistema (Boldea & Nasar, 2017).

Además, los VFD incorporan protecciones eléctricas que incrementan la seguridad y confiabilidad de la instalación (IEC, 2019).

F. Eficiencia energética en sistemas de bombeo agrícola

La eficiencia energética en el bombeo agrícola es un factor clave para la sostenibilidad del sector. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), un diseño adecuado del sistema eléctrico y del motor puede reducir el consumo energético hasta en un 30%.

El uso de tecnologías eficientes contribuye a disminuir los costos operativos y el impacto ambiental de las actividades agrícolas.

G. Normativa eléctrica aplicable

El diseño e implementación de sistemas eléctricos en el Perú debe cumplir con el **Código Nacional de Electricidad – Utilización**, el cual establece los criterios de seguridad, protección y calidad del suministro eléctrico (MINEM, 2023). Asimismo, las normas IEC e IEEE proporcionan lineamientos internacionales para el diseño y operación de motores eléctricos y variadores de frecuencia.

El cumplimiento de estas normativas garantiza la seguridad del personal, la protección de los equipos y la confiabilidad del sistema eléctrico.

H. Aplicación de sistemas eléctricos en el sector agrícola

La implementación de soluciones eléctricas adaptadas a zonas rurales permite mejorar la productividad agrícola y la gestión eficiente del recurso hídrico. El uso de sistemas monofásicos entre fases con conversión a trifásico representa una alternativa técnica viable para fundos agrícolas como el fundo San Valentín, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región Lambayeque (FAO, 2020; MINEM, 2021).

2.3. Operacionalización de variables

- **Variable independiente:**

Sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas

- **Variable dependiente:**

Funcionamiento de las electrobombas trifásicas

Tabla 1:
Cuadro de Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas	Es un sistema de acondicionamiento, partiendo de la conexión de dos fases de la red de media tensión y mediante un transformador monofásico alimentar un convertidor de frecuencia con topología AC-DC-AC, mediante modulación por ancho de pulso, generando un sistema trifásico equilibrado, de tensión y frecuencia ajustables, destinado a electrobombas de alta potencia en entornos sin disponibilidad de red trifásica. Referencia, (Rashid, Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones (4ta ed)., 2017)	Se evalúa mediante el diseño, construcción y conexión del sistema en el punto de suministro. Midiendo los parámetros eléctricos de salida tanto en vacío como con las electrobombas conectadas, verificando que cumplan con los rangos requeridos por el motor.	• Configuración eléctrica del sistema • Estabilidad de la señal de salida • Selección de equipos eléctricos • Cumplimiento normativo • Protección y seguridad eléctrica	• Nivel de tensión de entrada y salida (V) • Tipo de convertidor o variador de frecuencia • Potencia nominal del sistema (kW) • Factor de protección eléctrica implementado • Cumplimiento del Código Nacional de Electricidad	Razón o proporción
	Funcionamiento de las electrobombas trifásicas	Comprende el rendimiento operativo y mecánico de las electrobombas al ser alimentados por el sistema de conversión. Se valúa entregar el caudal y presión esperados, sin sobrecalentamientos, ni sobrecargas eléctricas, confirmando que la energía suministrada es apta para exigencias de alta potencia. Referencia, (International Electrotechnical Commission., 2026)	Se operacionaliza mediante la puesta en marcha y monitoreo de la electrobomba en el fundo San Valentin. Se registran sus variables eléctricas durante su ciclo de bombeo. Comparando los valores obtenidos con los datos de placa del fabricante.	• Desempeño eléctrico • Desempeño operativo • Costos de operación	• Corriente de operación del motor (A) • Consumo de energía eléctrica (kWh) • Continuidad del servicio de bombeo (h/día) • Costos operativos (%)	Razón o proporción

Nota: Elaboración propia

Capítulo III : DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada porque se orienta a la solución directa de un problema práctico y específico, identificado en el fundo San Valentín, ubicado en el distrito de Olmos, región Lambayeque, relacionado con la limitada disponibilidad de energía trifásica para el funcionamiento de electrobombas utilizadas en el sistema de riego agrícola. La investigación no se limita a generar nuevo conocimiento teórico, sino que utiliza principios, modelos y tecnologías existentes de la ingeniería eléctrica —como los sistemas monofásicos entre fases, la conversión de energía monofásica a trifásica y el uso de variadores de frecuencia— para diseñar e implementar una solución técnica funcional que pueda ser aplicada de manera inmediata en el contexto real del fundo agrícola.

La presente investigación es de tipo no experimental porque no se manipulan deliberadamente las variables independientes ni se controlan condiciones artificiales para observar sus efectos. En su lugar, el estudio se desarrolla mediante la observación, análisis y aplicación de condiciones reales existentes en el sistema eléctrico del fundo San Valentín, ubicado en el distrito de Olmos, región Lambayeque. El diseño del sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas se basa en el diagnóstico del estado actual del suministro eléctrico, las características técnicas de las electrobombas y las condiciones operativas reales del sistema de riego. Las variables del estudio, como la tensión de alimentación, la corriente, la eficiencia energética y el desempeño del sistema de bombeo, no son alteradas de manera controlada con fines experimentales, sino evaluadas tal como se presentan en el entorno natural de operación.

3.2. Diseño de Contrastación de la hipótesis

El diseño de contrastación de la hipótesis será preexperimental, con medición antes y después en un solo grupo. Inicialmente se realizará el diagnóstico del sistema de alimentación existente, registrando los parámetros eléctricos, operativos y económicos relacionados con el funcionamiento de las dos electrobombas trifásicas de 50 HP. Posteriormente, se diseñará e implementará el sistema monofásico entre fases y se efectuarán pruebas de funcionamiento, midiendo la tensión, corriente, frecuencia, potencia, estabilidad operativa, actuación de las protecciones y capacidad de operación de las electrobombas. Los resultados obtenidos después de la implementación serán comparados con las condiciones iniciales. La hipótesis será aceptada cuando se compruebe que el sistema diseñado permite el funcionamiento seguro y estable de las dos electrobombas trifásicas, presenta compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente y reduce los costos operativos respecto al uso del grupo electrógeno.

La hipótesis de investigación será aceptada cuando, después de la implementación, se compruebe que las dos electrobombas pueden funcionar con parámetros eléctricos estables y dentro de los valores establecidos por sus placas características y la normativa eléctrica aplicable.

Se plantea la siguiente decisión:

$$H_1: O_2 > O_1$$

Donde la condición $O_2 > O_1$ representa una mejora del sistema después de la implementación, expresada principalmente en:

- Incremento de una a dos electrobombas disponibles para operación.
- Sustitución del grupo electrógeno diésel.
- Mayor continuidad del riego.
- Reducción de los costos de operación.

- Cumplimiento de los parámetros eléctricos requeridos.

La hipótesis será rechazada si el sistema implementado no permite operar las electrobombas de manera estable, segura y compatible con la infraestructura instalada.

3.3. Población y muestra

La población lo constituye las dos electrobombas trifásicas existentes en el fundo “San Valentín” en el distrito de Olmos - Lambayeque.

La muestra es no probabilística e igual a la población y está conformada por las dos electrobombas trifásicas existentes en el fundo “San Valentín” en el distrito de Olmos - Lambayeque.

3.4. Hipótesis

Con la implementación de un sistema eléctrico monofásico entre fases se permitirá el funcionamiento de las dos electrobombas trifásicas, en el fundo San Valentín, Olmos – Lambayeque

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información/datos

3.5.1 Técnicas de Investigación

Técnica del análisis Documental

Se trata de un conjunto organizado de diversas actividades que se llevan a cabo con el propósito de recopilar y generar documentos que estén relacionados con un tema específico. Esta serie de acciones tiene como objetivo fundamental mejorar la calidad del conocimiento que se tiene sobre dicho tema, especialmente cuando se considera que la información disponible es insuficiente o deficientemente adecuada en ciertos aspectos. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante esta técnica se buscará información bibliográfica de la

implementación de un sistema monofásico con tensión entre fases se para suministrar de energía eléctrica a las electrobombas trifásicas.

Técnica de la observación

La técnica de observación es una técnica de investigación que consiste en examinar y registrar de manera sistemática y directa hechos, procesos, comportamientos o condiciones tal como ocurren en la realidad, sin intervenir ni modificar el fenómeno observado. En el ámbito académico y técnico, permite obtener información objetiva sobre el funcionamiento de sistemas, equipos o situaciones reales, mediante la percepción visual y el uso de instrumentos de registro, como fichas de observación, listas de cotejo o bitácoras, con el fin de analizar y comprender un problema de estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante esta técnica se recopila información de las electrobombas y del generador eléctrico.

3.5.2 Descripción de los instrumentos utilizados

Ficha de análisis documental

Constituye el instrumento operativo de registro material donde se sintetizan de forma ordenada las unidades de análisis extraídas de la literatura científica. Mediante esta herramienta, se viabiliza la organización analítica de los datos conceptuales previamente evaluados a través del fichaje técnico. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Se elaborará este tipo de fichas para analizar cada fuente bibliográfica que contenga información sobre la implementación de un sistema monofásico con tensión entre fases se para suministrar de energía eléctrica a las electrobombas trifásicas.

Ficha de observación

El instrumento ficha de observación es un documento estructurado utilizado en la técnica de observación para registrar de manera ordenada, sistemática y objetiva la información obtenida durante la observación de un fenómeno, proceso, equipo o situación específica. La ficha de observación contiene ítems previamente definidos (criterios, indicadores o variables) que guían al investigador sobre qué aspectos observar y cómo consignar los datos, pudiendo incluir descripciones cualitativas, escalas de valoración o registros cuantitativos, y su finalidad es asegurar la uniformidad, confiabilidad y validez de la información recolectada para el análisis del estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Se elaborará este tipo de fichas para recopilar la información de las electrobombas y del generador eléctrico.

3.6. Equipos y materiales

Los equipos empleados en la investigación estuvieron constituidos por dos electrobombas trifásicas de 50 HP, dos transformadores monofásicos de 63 kVA, dos variadores de frecuencia con entrada monofásica de 440 V y salida trifásica de 380 V, dos tableros de fuerza y control, interruptores termomagnéticos, seccionadores, pararrayos y dispositivos de protección eléctrica. Para las mediciones y pruebas se utilizaron multímetro digital, pinza amperimétrica, telurómetro, megóhmetro, detector de tensión y analizador de redes eléctricas. Los materiales comprendieron postes de concreto, conductores de media tensión, aisladores, crucetas, retenidas, soportes, conectores, conductores THW-90, canalizaciones, terminales, borneras, cableado de fuerza y control, varillas de puesta a tierra, conductor de cobre desnudo y cajas de registro. Estos recursos permitieron ejecutar la derivación monofásica fase-fase de 22,9 kV, instalar las dos subestaciones monoposte, alimentar los variadores de frecuencia y verificar el funcionamiento de las electrobombas trifásicas.

3.7. Aspectos éticos de la investigación

La presente investigación se desarrolló respetando los principios de integridad científica, responsabilidad profesional, transparencia y respeto por la propiedad intelectual. Debido a que el estudio estuvo orientado al diseño e implementación de un sistema eléctrico para alimentar dos electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, no involucró experimentación con personas ni animales; sin embargo, se consideraron criterios éticos relacionados con la seguridad de los trabajadores, la confiabilidad de la información técnica y la adecuada ejecución de las instalaciones eléctricas.

En primer lugar, se garantizó la veracidad de la información, registrando los datos técnicos, operativos y económicos tal como fueron obtenidos durante el diagnóstico, diseño, implementación y evaluación del sistema. Los resultados de tensión, corriente, frecuencia, potencia, resistencia de puesta a tierra, costos de operación e indicadores económicos fueron presentados sin alteraciones, omisiones o manipulaciones destinadas a favorecer la aceptación de la hipótesis. Asimismo, los cálculos eléctricos, la selección de equipos y las pruebas de funcionamiento se realizaron siguiendo procedimientos técnicos verificables.

Se respetó la propiedad intelectual mediante la adecuada citación y referencia de libros, artículos científicos, tesis, normas técnicas, manuales de fabricantes y demás fuentes utilizadas. Las ideas, definiciones, procedimientos y resultados pertenecientes a otros autores fueron reconocidos de acuerdo con las normas de citación adoptadas por la universidad, evitando cualquier forma de plagio, falsificación o apropiación indebida de información.

Respecto a la confidencialidad, la información técnica y económica proporcionada por los responsables del fundo San Valentín fue utilizada únicamente con fines académicos y de investigación. Los datos relacionados con los equipos, consumos energéticos, costos de combustible, operación del sistema de riego e infraestructura eléctrica fueron tratados responsablemente, evitando su utilización para fines diferentes a los autorizados. La investigación se ejecutó en las instalaciones del fundo San Valentín, ubicado en Olmos, Lambayeque, y se limitó a los componentes eléctricos y electromecánicos vinculados con las electrobombas trifásicas.

También se consideró el principio de autorización y respeto institucional, por lo que las inspecciones, mediciones, pruebas y trabajos de implementación se realizaron con conocimiento y autorización de los responsables del fundo. Las actividades fueron coordinadas para evitar interferencias innecesarias con las labores agrícolas y reducir los tiempos de paralización del sistema de riego.

En materia de seguridad eléctrica, se priorizó la protección de las personas, los equipos y las instalaciones. El diseño y la implementación consideraron dispositivos de protección contra sobrecorrientes, cortocircuitos, sobretensiones, fallas a tierra y sobretensión. Asimismo, se contemplaron sistemas de puesta a tierra para las subestaciones, tableros eléctricos y masas metálicas, con la finalidad de limitar las tensiones de contacto y asegurar la actuación adecuada de las protecciones.

Durante las labores de montaje, conexión y puesta en servicio se consideraron medidas preventivas, tales como la desenergización de los circuitos antes de las intervenciones, la verificación de ausencia de tensión, el empleo de equipos de protección personal y

herramientas aisladas, así como la participación de personal capacitado. Las pruebas operativas se efectuaron de forma controlada, verificando previamente el estado de los conductores, transformadores, variadores de frecuencia, tableros, protecciones y sistemas de puesta a tierra.

La investigación observó el principio de responsabilidad ambiental, orientándose a sustituir el uso permanente del grupo electrógeno diésel por un sistema conectado a la red eléctrica. Esta alternativa permite reducir el consumo de combustible, las emisiones producidas por la combustión, el ruido y los riesgos asociados con el almacenamiento y manipulación de diésel. Del mismo modo, durante la ejecución se procuró realizar una adecuada disposición de residuos de conductores, embalajes, componentes eléctricos y materiales utilizados en el montaje.

Finalmente, el investigador asumió la responsabilidad por la autenticidad del contenido, la rigurosidad de los cálculos y la interpretación objetiva de los resultados. Se declararon las limitaciones encontradas durante el desarrollo del estudio y se evitó presentar conclusiones que excedieran el alcance de la investigación. Los resultados son aplicables principalmente a las condiciones técnicas y operativas del fundo San Valentín y no deben generalizarse a otras instalaciones sin realizar previamente los estudios eléctricos correspondientes.

En consecuencia, la investigación se desarrolló bajo los principios de honestidad, objetividad, confidencialidad, respeto a la propiedad intelectual, seguridad eléctrica, responsabilidad ambiental y compromiso social, procurando que la solución implementada contribuya al funcionamiento seguro de las electrobombas y a la continuidad del riego agrícola.

Capítulo IV : RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del actual y del nuevo sistema de suministro eléctrico a las electrobombas en el fundo “San Valentín” en el distrito de Olmos – Lambayeque.

A. Características del actual suministro

El actual sistema de suministro eléctrico para las 02 electrobombas de **50 HP** cada una, en el fundo “San Valentín”, se realiza mediante un Generador Eléctrico de las siguientes características:

- **Marca del motor:** Perkins
- **Potencia activa:** 50 kW
- **Potencia aparente:** ≈ 62.5 kVA
- **Factor de potencia ($\cos \phi$):** 0.8
- **Tensión nominal:** 380 V (trifásico)
- **Número de fases:** 3
- **Frecuencia:** 60 Hz (en Perú)
- **Corriente nominal:** 90 A
- **Velocidad nominal:** 1800 rpm
- **Tipo de conexión:** Estrella (Y)
- **Regulación de tensión:** ± 1 %
- **Clase de aislamiento:** H
- **Grado de protección:** IP23 (típico en alternadores abiertos)
- **Modelo común:** Perkins 1104A-44TG2 (referencial)
- **Tipo de motor:** Diésel, 4 tiempos
- **Número de cilindros:** 4 en línea

- **Cilindrada:** ≈ 3.3 L
- **Sistema de aspiración:** Turboalimentado
- **Sistema de refrigeración:** Agua
- **Sistema de inyección:** Directa
- **Consumo específico:**
- $\approx 8-9$ L/h al 75 % de carga
- $\approx 10-12$ L/h al 100 % de carga
- **Arranque:** Eléctrico 12/24 VDC

Figura 1

Placa característica del Grupo Electrónico.

PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL GRUPO ELECTRÓGENO			
Motor Perkins - Modelo: 1104A-44TG2			
Marca del motor	Perkins	Conexión	Estrella (Y)
Modelo referencial	1104A-44TG2	Regulación de tensión	± 1 %
Potencia activa	50 kW	Clase de aislamiento	H
Potencia aparente	62.5 kVA	Grado de protección	IP23
Factor de potencia	0.8	Tipo de motor	Diésel, 4 tiempos
Tensión nominal	380 V	Número de cilindros	4 en línea
Número de fases	3	Cilindrada	≈ 3.3 L
Frecuencia	60 Hz	Aspiración	Turboalimentado
Corriente nominal	90 A	Refrigeración	Agua
Velocidad nominal	1800 rpm	Inyección	Directa
Consumo específico al 75 % de carga: ≈ 8-9 L/h		Consumo específico al 100 % de carga: ≈ 10-12 L/h	Sistema de arranque: Eléctrico 12/24 VDC

Nota: Placa de motor Perkins

Figura 2

Pozo Tubular con Electro Bomba



Nota: Elaboración propia

4.2. Dimensionamiento y elección de los equipos del sistema de alimentación monofásico con tensión entre fases a electrobombas trifásicas

A. Dimensionamiento y elección de los componentes de la línea en media tensión.

a. Características del nuevo suministro

Actualmente a 4000 m del fundo “San Valentin” pasa un alimentador en Media Tensión monofásica fase a fase de 22, 9 kV. Con las siguientes características.

- ✓ Tensión nominal de la Red : 22,9 kV (fase a fase)
- ✓ Tensión máxima de servicio : 24,0 kV
- ✓ Frecuencia nominal : 60 Hz
- ✓ Factor de Potencia : 0.90 (atraso)

En el Anexo 01, se presenta la Factibilidad de Suministro y Punto de Diseño de la Línea de Media Tensión.

b. Criterios de Diseño Eléctrico

Para los efectos del diseño eléctrico se tendrán en cuenta las siguientes características.

Tensión nominal de la red	:	22,9 kV
Tensión máxima de servicio	:	24,0 kV
Frecuencia nominal	:	60 Hz
Factor de potencia	:	0.90 (atraso)
Conexión del neutro	:	Efectivamente puesta a tierra Agrícola
Uso de Suministro	:	Demanda Máxima 250 kW.
Caída de Tensión LDP	:	4,60%.

Tabla 2:

Máxima Demanda

ITEM	TRANSFORMADOR	MAXIMA DEMANDA (kW)
1	Transformador 1	56,7
2	Transformador 2	56,7
3	Reserva	136,6
TOTAL		250

Nota: Elaboración propia

Nota: La máxima demanda proyectada para la línea primaria es de 250 kW. Pero la operación actual del fundo solo demanda 56,7 kW por cada transformador, por lo que el sistema a sido diseñado con un margen de reserva planificado. Otorgando flexibilidad operativa al fundo que permitirá integrar futuras cargas para sus sistemas de riego.

c. Selección del Conductor AAAC

Por corriente de carga:

Para el dimensionamiento del alimentador se ha considerado la potencia instalada total proyectada:

Potencia Instalada	:	250 kW
Factor de Potencia	:	0.9
Tensión Nominal	:	22,9 kV

Aplicamos la fórmula:

$$I_n = P / (V \times \cos \Phi)$$

$$I_n = 250\text{kW} / (22,9 \text{ kV} \times 0,9) = 12,13 \text{ A}$$

Calculamos la corriente de diseño (I_d), para lo cual consideramos un factor de seguridad (f_s) de 2:

$$I_d = I_n \times f_s$$

$$I_d = 12,13 \times 2$$

$$I_d = 26,4 \text{ A}$$

Por lo tanto y tomando en consideración el documento de Factibilidad de Suministro y Punto de Alimentación, seleccionamos un conductor AAAC 50 mm² de sección a 20°C de 208 A de capacidad de corriente nominal.

En la siguiente figura presentamos las características de dicho conductor:

Características del conductor seleccionado

Figura 3

Características del conductor seleccionado




Sección Nominal mm ²	Formación Hilos x Diám. Nº x mm	Diámetro Exterior mm	Carga de Rotura KN	Resistencia Máxima		Capacidad de Corriente(*) Amp	Peso Total Kg/Km
				20°C c.c	75°C c.a		
25				1,370	1,640	134	68
35	7 x 2,52	7,6	11,06	0,979	1,173	166	95
50	7 x 3,02	9,1	15,89	0,681	0,816	208	136
70	7 x 3,57	10,7	21,19	0,488	0,585	257	190
70	19 x 2,17	10,9	21,57	0,486	0,582	259	192
95	19 x 2,52	12,6	29,08	0,361	0,432	312	259
120	19 x 2,84	14,2	36,9	0,284	0,340	363	329
150	19 x 3,17	15,8	46,3	0,226	0,270	417	412
185	19 x 3,52	17,6	57,1	0,184	0,220	477	509
240	19 x 4,01	20,0	71,8	0,142	0,170	563	660

Los datos de la tabla están sujetos a tolerancias normales de manufactura.
(*)
Temperatura en el conductor : 75°C
Temperatura ambiente : 30°C
Velocidad del viento : 0,6 m/seg
Radiación solar : 1000 W/m²
Coeficiente de absorción solar : 0,5
Coeficiente de emisividad : 0,5

Nota: Conductores CEPER

Caída de Tensión

Figura 4

Caída de Tensión - Sistema de Utilización en 22.9 kV



Nota: Elaboración propia

Tabla 3:
Caída de Tensión

PUNTO	TIPO	CONDUCTOR	L (km)	K	P (kW)	ΣP (KW)	ΔV(%)	ΔVT(%)
PTO. DE DISEÑO ENSA						56,70		4,60
P0 - P1	Fase a Fase	AAAC 50mm ²	4,21	0,00018143	56,70	113,4	0,086631	4,69
P1 - P2	Fase a Fase	AAAC 50mm ²	0,12	0,00018143	56,70	56,70	0,001176	4,69

Nota: Elaboración propia

Resumen: Caída de Tensión: 4,69 < 5 %

$$K_1 = (r_1 + X_1 \tan \phi) / (10 V_L^2)$$

Fuente: Electric Circuits – Cuando se analiza el comportamiento térmico de resistencias.

Donde:

$\cos\Phi$	:	0,9
$\tan\Phi$	:	0,484322105
VL	:	22,9
K1	:	0,00018146

En base a las redes de diseño primario, la Caída de Tensión es:

$$K_1 = \frac{r_1 + X_1 \tan \varphi}{10 V_L^2}$$

Resistencia eléctrica a la temperatura de operación del conductor:

$$r_1 = R_{20^\circ} [1 + 0,0036(t - 20)]$$

$$r_1 = 0,6755 [1 + 0,0036(40 - 20)]$$

$$r_1 = 0,724136 \text{ Ohm/km}$$

Reactancia inductiva para sistema trifásico equilibrados:

$$DMG = \sqrt[3]{dRT * dST * dRS}$$

$$dRT = dST = dRS = 1.8 \text{ m}$$

$$DMG = 1.8 \text{ m}$$

$$X_1 = 377(0.5 + 4.6 \log \frac{DMG}{r}) 10^{-4}$$

$$X_1 = 0.469681983 \text{ ohm/km}$$

de modo que:

$$\Delta V\% = K_1 \cdot P \cdot L$$

$$\Delta V\%_{P-P1} = 0,00018146 \cdot 113,40 \cdot 4,21$$

$$\Delta V\%_{P-P1} = 0,086631$$

$$\Delta V\%_{P1-P2} = 0,00018146 \cdot 56,40 \cdot 0,115$$

$$\Delta V\%_{P1-P2} = 0,001176$$

B. Cálculo y selección de los TRANSFORMADORES para cada electrobomba

- **Potencia aparente de la electrobomba.**

$$S_M = P/(\eta \times \cos \varphi)$$

Donde:

- a. S_M : Potencia Aparente (kVA)
- b. P : Potencia unitaria de la electrobomba (37,3 kW)
- c. η : Rendimiento del motor
- d. $\cos \varphi$: Factor de potencia

$$S_m = \frac{37,3}{0,90 \cdot 0,93} = 44,6 \text{ kVA}$$

Factor por uso de VFD:

Según IEC 60076 y prácticas industriales, se considera un factor de 1,3 por armónicos y corrientes de arranque reducidas pero distorsionadas.

$$S_{trafo} = 1,30 \times 44,6 = 58,0 \text{ kVA}$$

- **Datos eléctricos del transformador (por electrobomba)**

Tabla 4:

Características Técnicas del Transformador seleccionado

Característica	Valor
Fabricante	CEA (Compañía Electro Andina S.A.C.)
Tipo	Transformador de distribución
Potencia	63 kVA
Número de fases	Monofásico
Tensión primaria	22.9 kV (fase-fase)
Tensión secundaria	440 V
Frecuencia	60 Hz
Tipo de enfriamiento	ONAN
Impedancia	4 – 6 %
Impedancia	4–6 %
Norma	IEC 60076

Nota: Fabricante CEA

- **Cálculo de la corriente nominal en el lado de MT**

La corriente nominal en el lado de media tensión se calcula mediante:

$$I_{MT} = \frac{S}{V}$$

$$I_{MT} = \frac{126\,000}{22\,900}$$

$$I_{MT} = 5,5 \text{ A}$$

La corriente nominal por cada subestación área monoposte:

$$I_{MT} = \frac{S}{V}$$

$$I_{MT} = \frac{63\,000}{22\,900}$$

$$I_{MT} = 2,75 \text{ A}$$

C. Cálculo y selección del SECCIONADOR tipo CUT-OUT para cada transformador

a. Criterio de selección del seccionador

De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad – Suministro y la práctica estándar en redes de media tensión, el seccionador debe cumplir:

- Corriente nominal $\geq 1,25 \times I_{MT}$
- Tensión nominal $\geq$ tensión del sistema
- Nivel de aislamiento compatible con red de 24 kV
- Capacidad de operación sin carga
- Aislamiento visible

Corriente mínima requerida:

$$I_{sec} = 1,25 \times 2,75 = 3,44 \text{ A}$$

Dado que los seccionadores en MT se fabrican en valores normalizados muy superiores, la selección se realiza principalmente por nivel de tensión, no por corriente.

b. Seccionador seleccionado

Marca referencial: SILICON

Tipo: Seccionadores tipo Cut Out (uso monofásico entre fases)

Tabla 5:

Características del Seccionador seleccionado

Característica	Especificación
Fabricante	SILICON
Material	Polímero de Silicona
Tensión nominal	36 kV
Corriente nominal	100 A
BIL (Nivel de aislamiento)	150 kV
Capacidad de interrupción asimétrica	16 kA
Capacidad de interrupción simétrica	10,5 kA
Línea de fuga	900 mm
Frecuencia	60 Hz
Tipo de montaje	Poste / estructura metálica
Norma	ANSI C*37

Nota: SILICON

d. Selección de los fusibles

La capacidad de los elementos de protección fusibles se muestra:

$$I_n = S/V$$

Donde:

I_n : Corriente nominal (A)

V : Tensión de Línea (kV): 22,9 kV.

S : Potencia (kVA): 63 kVA

En cada una de las Subestaciones 01 y 02:

$$I_n = 63/22.9 = 2,75 \text{ A}$$

Corriente seleccionada $I_n \times 1,25 = 3,43 \text{ A}$; (Fusible seleccionado = 4 A)

D. Selección de aisladores

a. Tensión disruptiva bajo lluvia a 60 Hz (U_c)

Está dado por la siguiente expresión:

$$U_c = \frac{cxUxF_cxs}{\delta_1}$$

$$\delta_1 = \sqrt{\delta}$$

$$\delta = \frac{3.92xP}{273 + t}$$

Se cumple bajo la fórmula estándar de ingeniería eléctrica:

$$\log P = \log 76 - \frac{h}{18336}$$

Donde:

U : Tensión máxima de servicio (22,9 kV).

Fc : Factor de corrección por altitud y temperatura = 1,0

c : 1,8, factor empírico que se obtiene de los ensayos de laboratorio realizado a aisladores.

s : 1,1 (1.0-1.3, factor que depende de la eventual suciedad, si prevé suciedad s=1,3)

δ_1 : Densidad del aire corregida (factor de corrección por altura)

δ : Factor de corrección de la densidad del aire en función de la presión barométrica y la temperatura.

p : Presión barométrica en cm de Hg (76 cmHg).

H : Altura sobre el nivel del mar (175 msnm), (Mapa Topográfico Perú, 2026)

t : Temperatura ambiental media en °C (20 °C)

Luego tenemos:

$$\delta = 1,0031$$

$$\delta_1 = 1,0015$$

$$P = 74.34$$

Por lo tanto:

$$U_c = 53,506 \text{ kV}$$

Tensión disruptiva impulso seco aislador (Ucs)

Está dado por la siguiente relación:

$$U_{CS} = \frac{k}{c} \times U_c$$

Donde:

U_{CS}: Tensión disruptiva a impulso seco del aislador. Voltaje máximo que el aislador puede soportar ante una sobretensión de tipo atmosférica.

U_c: Tensión disruptiva bajo lluvia a 60 Hz.

c: Coeficiente empírico del aislador, según ensayos por fabricante 1.8

k: factor empírico por forma de onda del impulso. El valor estandarizado por el Código Nacional de Electricidad (CNE) – suministro,

$$k = 4,15$$

Por lo tanto:

$$U_{CS} = \frac{4,15}{1,8} \times 53,506$$

$$U_{CS} = 123,361 \text{ kV}$$

Tensión de descarga en seco del aislador (Ua)

Está dado de acuerdo con la siguiente relación:

$$U_a = 3.3 \times U \times \frac{F_c}{\delta_1}$$

$$U_a = 75,457$$

La línea de fuga solicitada sería (Lr)

Corresponde comprobar el desempeño de la aislación frente a la contaminación ambiental, tomando como referencia las recomendaciones de la norma:

IEC 815 “GUIDE FOR THE SELECTION OF INSULATORS IN RESPECT OF POLLUTED CONDITIONS”

Por efectos de normalización, se ha determinado que se tomara el nivel de contaminación de tipo Pesado.

Por lo que de acuerdo con la siguiente relación se tiene lo siguiente:

L_f : Línea de Fuga

V_{Max} :22,9 kV

D_f : Distancia de Fuga Nominal mínima: se consideró este nivel de contaminación por ser la zona norte de Lambayeque – Olmos, el nivel de contaminación Alto, Nivel III, la cual indica como descripción de ambiente con una alta densidad habitacional que adopta contaminación, además de áreas cercanas al mar o expuestas a la acción de vientos marinos de velocidad considerable. Por lo que la para una tensión final de 22,9 kV le corresponde una distancia de fuga de 25 (mm/ kV σ - σ).

F_c : Factor de corrección por Altitud: 1,0 m

Donde:

$$L_f = V_{max} \times D_f \times F_c$$

$$L_f = 22,9 \times 25 \times 1$$

$$L_f = 572,5 \equiv 573 \text{ mm}$$

Tabla 6:

Selección del aislador.

NIVELES DE AISLAMIENTO	AISLADOR POLIMÉRICO TIPO PIN	REQUERIDO
Tensión máxima de servicio (kV)	36 kV	24.0 kV
Tensión de Flameo a baja frecuencia bajo lluvia (kV)	92 kV	53,51 kV
Tensión de sostenimiento orden de impulso 1,2/50 kVp	192 kVp	123,36 kVp
Tensión de Flameo a baja frecuencia en seco (kV)	124 kV	75,45 kV
Línea de fuga total (mm)	920 mm	573 mm

Nota: Elaboración propia

E. Distancias mínimas de seguridad

Según Código Nacional de Electricidad -Suministro, se considera las siguientes distancias mínimas:

En áreas no transitables por vehículos	:	5,0 m
Cruce de calles o caminos	:	6,5 m
Cruce de carreteras o avenidas	:	7,0 m
A lo largo de calles y caminos	:	5,5 m
A lo largo de carreteras o avenidas	:	6,5 m
Líneas de telecomunicaciones, redes secundarias	:	1,8 m
Sobre techos de casas, azoteas, etc.	:	4,0 m
Al límite de propiedades edificadas	:	2,5 m

E. Criterios del Diseño Mecánico

Tensión en 22,9 kV, Fase - Fase; se realizará los cálculos mecánicos del conductor:

Cálculo Mecánico De Conductores

a.- Características del conductor

Del catálogo del conductor obtenemos los siguientes valores:

Material	:	Aluminio AAAC
Tipo	:	Desnudo
Sección (mm ²)	:	50
Diámetro (mm)	:	9,0
Peso (kg/km.)	:	136
Carga de ruptura	:	1 599 Kg
Módulo de elasticidad (kgf/ mm ²)	:	6 200
Coeficiente de dilatación lineal (1/°C): $2,3 \times 10^{-5}$		

b.- Condiciones del proyecto

Presión del viento

$V = 26,6$ m/s velocidad del viento ($V = 94$ km/h.), correspondiente a la velocidad básica de diseño obtenida de la Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, basada en registros del SENAMHI y asociada a un periodo de retorno de 50 años.

Según la practica estandarizada por el Código Nacional de Electricidad, para calcular la presión que ejerce el viento sobre conductores.

$$P_V = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Donde:

$$\rho: 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$P_V = \frac{1}{2} \times 1,225 \times (26,6)^2 = 44,24 \text{ kg/m}^2$$

Para el esfuerzo máximo se considera las cargas mecánicas generadas por el peso del conductor y la sobrepresión del viento a una temperatura mínima de 10 grados centígrados.

c.- Hipótesis de cálculo

Las hipótesis de cálculos adoptadas son:

HIPÓTESIS I : CONDICIÓN DE TEMPLADO (EDS)

Temperatura : 20 °C

Velocidad del viento : Nula

Esfuerzo en el conductor (EDS) : 18%

HIPÓTESIS II : VIENTO MÁXIMO

Temperatura : 10 °C

Velocidad de viento : 94 km/h

Sobrecarga de hielo : Nula

HIPÓTESIS III : MÁXIMA TEMPERATURA

Temperatura : 40 °C

Velocidad de viento : Nula

Sobrecarga de hielo : Nula

Cálculo de Esfuerzos:

Se hallarán valores para vanos nivelados.

Según la tensión de cada día (T.C.D.) de la zona, consideraremos el esfuerzo del templado

($\sigma_2 = 6 \text{ Kg/mm}^2$), a partir del cual, mediante las ecuaciones de cambio de estado

calcularemos σ_1 y σ_3 .

Ecuación de Cambio de Estado:

$$\sigma_f^2 \left[\sigma_f + \alpha E (T_f - T_1) + \left(\frac{W_1 \cdot L}{\sigma_1} \right)^2 \cdot \frac{E}{24} - \sigma_1 \right] = (W_f \cdot L)^2 \cdot \frac{E}{24}$$

σ_1, σ_f : Esfuerzos admisibles hipótesis inicial y final respectivamente, en Kg/mm^2

W_1, W_f : Pesos resultantes hipótesis inicial y final en Kg/m .

T_1, T_f : Temperaturas en las hipótesis inicial y final en $^{\circ}\text{C}$.

α : Coeficiente de dilatación lineal

E : Módulo de elasticidad ($5\,700 \text{ Kg/mm}^2$)

A : Sección en mm^2

L : Vano en m

Esfuerzo máximo admisible en la HIPOTESIS I (σ_1)

Según el nuevo C.N.E. para conductores de aleación de aluminio cableado el Esfuerzo

Máximo Admisible es: $\sigma_1 \leq 11,2 \text{ Kg/mm}^2$ Esto quiere decir que los esfuerzos resultantes,

HIPÓTESIS I o máximo esfuerzo, en la Ecuación de Truxa, no deberán exceder de 11,2

Kg./mm^2 .

Aplicando la Ecuación de Truxa:

$$\sigma_1^2 \left[\sigma_1 - \sigma_2 + \alpha E (T_1 - T_2) + \frac{E}{24} \cdot \left(\frac{W_2 \cdot L}{\sigma_2} \right)^2 \right] = \frac{E}{24} \cdot (W_1 \cdot L)^2$$

σ_1 : Esfuerzos admisibles en la hipótesis I, en Kg/mm²

σ_2 : Esfuerzos admisibles en la hipótesis II, $\sigma_2 = 6$ Kg/mm²

W_1 : Pesos resultantes hipótesis I en Kg/m (Veloc. Viento = 94 km/h).

W_2 Pesos resultantes hipótesis I en Kg/m (Veloc. Viento = 0 km/h).

T_1, T_2 : Temperaturas en las hipótesis inicial y final en °C.

α : Coeficiente de dilatación lineal

E: Módulo de elasticidad (5 700 Kg/mm²)

A: Sección en mm²

L: Vano en m

Peso Resultante del Conductor (W_{r1})

$$W_{r1} = \sqrt[2]{(W^2 + P v^2)}$$

De acuerdo con el nuevo Código Nacional de Electricidad - Suministros, las cargas

horizontales (F_v) debidas a los vientos aplicables sobre conductores y estructuras está dada por:

$$F_v = k \times V^2 \times S_f \times A \text{ (N)}$$

Donde:

K= Constante de presión (0,613)

V= Velocidad del viento (94 km/h)

Sf= Factor de forma (1)

A= Area proyectada (m²)

La presión del viento P_v está dada por:

$$P_v = F_v / A$$

Donde:

$$P_v = F_v/A$$

$$P_v = 42,6 \text{ Kg/m}^2$$

Condiciones de máxima flecha Hipótesis III (σ_3)

Aplicando la ecuación de Truxa:

$$\sigma_3^2 \left[\sigma_3 - \sigma_2 + \alpha E (T_3 - T_2) + \frac{E}{24} \cdot \left(\frac{W_2 \cdot L}{\sigma_2} \right)^2 \right] = \frac{E}{24} \cdot (W_3 \cdot L)^2$$

σ_3 : Esfuerzos admisibles en la hipótesis I, en Kg/mm²

σ_2 : Esfuerzos admisibles en la hipótesis II, ($\sigma_2 = 6 \text{ Kg/mm}^2$)

W_3 : Pesos resultantes hipótesis I en Kg/m (Veloc. Viento = 0 km/h).

W_2 Pesos resultantes hipótesis I en Kg/m (Veloc. Viento = 0 km/h).

T_3, T_2 : Temperaturas en las hipótesis inicial y final en °C.

α : Coeficiente de dilatación lineal

E : Módulo de elasticidad (5700 Kg/mm²)

A : Sección en mm²

L : Vano en m

Cálculo De Vano Básico

El tensado del conductor entre dos estructuras de anclaje debe mantener una tensión uniforme a lo largo de todo el tramo. Por esta razón, resulta fundamental aplicar el concepto de vano regulado (o vano básico), ya que este parámetro permite compensar las variaciones de tensión mecánica provocadas por las diferencias en la longitud de los vanos y los cambios en las condiciones ambientales de la zona. Respecto a la longitud de los vanos, se puede apreciar que la red primaria proyectada, recorre zonas rurales y en ese caso debe atenderse a

lo que establece el documento de factibilidad, de proyectar vanos de 89m de longitud, como máximo.

Analíticamente se demuestra:

La fórmula es:

$$\text{Vano Básico} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

En texto lineal:

$$\text{Vano Básico} = \sqrt{\frac{(L_1)^3 + (L_2)^3 + (L_3)^3 + \dots + (L_n)^3}{(L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n)}}$$

$$\text{Vano Básico} = \sqrt{\frac{((15)^3 + (20)^3 + (30)^3 + (40)^3 + (53)^3 + (75)^3 + (85)^3 + (89)^3)}{(15 + 20 + 30 + 40 + 53 + 75 + 85 + 89)}}$$

De los planos se han obtenido el siguiente vano básico:

V básico = 70 m vano más desfavorable

Cálculo de la Flecha Máxima

$$f = (W_r \times L^2) / (8 \times A \times \sigma)$$

W_r: Peso resultante del conductor

L: Vano

A: Sección del conductor

σ: Esfuerzo en la hipótesis considerada

Tabla de resultados

RED PRIMARIA			
CALCULO MECANICO DE CONDUCTORES			
CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO - AAC			
SECCION		50 mm ²	
TCD (Tensión de cada caída)		5.6 kg/mm ²	
HIPOTESIS I: CONDICIONES DE MAXIMO ESFUERZO			
TEMP 1:	5°	VELOCIDAD DEL VIENTO	94 km/h
HIPOTESIS II: CONDICIONES DE TEMPLADO			
TEMP 2:	25 °	VELOCIDAD DEL VIENTO	0 km/h
HIPOTESIS III: CONDICIONES DE MAXIMA FLECHA			
TEMP 3:	50 °	VELOCIDAD DEL VIENTO	0 km/h

PARAMETROS Y ESFUERZOS MECANICOS DEL CONDUCTOR

SECCIÓN 50 mm² VANO BÁSICO: 70 m

VANO (m)		15	20	30	40	53	70	75	85	89
HIP. I	Esf. (kg)	8,226	8,229	8,239	8,251	8,272	8,306	8,318	8,342	8.352
	Flecha (m)	0,0158	0,0280	0,0630	0,1118	0,1958	0,3401	0,3899	0,4994	0.5468
HIP. II	Esf. (kg)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5.6
	Flecha (m)	0,0137	0,0243	0,0546	0,0971	0,1705	0,2975	0,3415	0,4387	0.4809
HIP. III	Esf. (kg)	2,3797	2,4201	2,5209	2,6371	2,7963	3,0028	3,0617	3,1761	3.2206
	Flecha (m)	0,0321	0,0562	0,1214	0,2063	0,3415	0,5548	0,6247	0,7734	0.8362

TABLA DE TEMPLADO

(FLECHA EN METROS)

T° / VANO (m)	15	20	30	40	53	70	75	85	89
10	0.0105	0,0186	0,0420	0,0748	0,1319	0,2315	0,2663	0,3437	0,3775
12	0.0105	0,0186	0,0420	0,0748	0,1319	0,2315	0,2663	0,3437	0,3775
14	0.0109	0,0193	0,0436	0,0776	0,1367	0,2399	0,2759	0,3558	0,3908
16	0.0113	0,0201	0,0442	0,0806	0,1419	0,2488	0,2861	0,3688	0,4049
18	0.0117	0,0209	0,0470	0,0838	0,1474	0,2583	0,2969	0,3826	0,4200
20	0.0122	0,0218	0,0490	0,0872	0,1534	0,2685	0,3086	0,3973	0,4360
22	0.0128	0,0227	0,0511	0,0909	0,1599	0,2795	0,3211	0,4130	0,4531
24	0.0133	0,0237	0,0534	0,0950	0,1668	0,2913	0,3345	0,4298	0,4714
26	0.0140	0,0249	0,0559	0,0994	0,1744	0,3040	0,3488	0,4478	0,4908
28	0.0147	0,0261	0,0587	0,1042	0,1726	0,3176	0,3643	0,4670	0,5115
30	0.0155	0,0275	0,0617	0,1095	0,1916	0,3324	0,3809	0,4874	0,5336
32	0.0163	0,0290	0,0651	0,1153	0,2013	0,3482	0,3987	0,5093	0,5571
34	0.0169	0,0300	0,0673	0,1190	0,2074	0,3738	0,4092	0,5216	0,5701

Cálculo Mecánico De Estructuras

Para el cálculo mecánico de la estructura de la SAM bajo la hipótesis de operación normal, se evaluaron los siguientes esfuerzos:

- **Fuerza Horizontales:** Esfuerzos eólicos aplicados a conductores y estructuras, así como la componente de tracción en los puntos de ángulo del trazado.
- **Fuerza Verticales:** Carga vertical constituida por el peso propio de los conductores, aisladores y crucetas, adicionando la sobrecarga operacional por un operario equipado, así como la componente vertical que ejercen los templadores o retenidas, de ser el caso.
- **Fuerza Longitudinales:** Esfuerzos mecánicos generados por el desnivel o la asimetría entre vanos contiguos. Asimismo, para la hipótesis de falla por rotura de conductor, se estimaron cargas longitudinales correspondientes al 50 % de su tensión mecánica máxima.

Los factores de seguridad considerados son:

- En régimen de operación normal es: 2
- Ante hipótesis de falla (rotura de conductor): 1,5

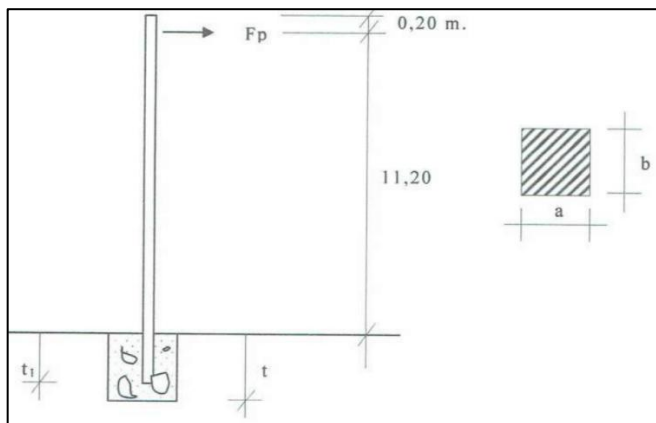
"Los factores de seguridad considerados para el diseño se establecieron siguiendo los lineamientos del Código Nacional de Electricidad – Tomo IV"

Cálculo de Cimentación de Estructuras

El presente cálculo tiene por objeto comprobar la estabilidad del poste mediante sus bloques de anclaje.

Figura 5

Cimentación de los postes



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la fórmula de Valenci

Momento actuante < Momento resistente

$$\frac{F_p * (H + t)}{t} \leq \frac{P(a - 4P)}{3b\sigma} + cbt^3$$

Donde:

Para Postes de 13m

P = Peso total (poste + equipo + macizo) (kg)

C = Coefic. de la densidad del terreno y ángulo deslizamiento tierra (2000 kg/m³)

He = Altura libre del poste (11,30 m)

σ = Presión máxima del terreno a la compresión. (2x10⁴kg/m²)

A = Ancho de la base (1,00 m)

B = Largo de la base (1,00 m)

t1 =Profundidad enterrada del poste (1,60 m)

t = Profundidad de la base (1,70 m)

Tc = Peso específico del concreto (2 200 kg/m³)

Fp = Fuerza en la punta del poste (400 kg)

Peso del macizo (pm) = (Volumen macizo - Volumen troncocónico)

Volumen troncocónico = (t1/3) x (A1+ A2 + √(A x A2))

A1 = π (0,375)²/4 = 0,11 m²

A2 = π (0,35)²/4 = 0,10 m²

Volumen troncocónico = 0,17 m³

Volumen macizo = 1,0 x 1,0 x 1,70 = 1,70 m³

Peso macizo= (1,70-0,17) x 2200 = 3,366 kg.

P = P. Poste + P. Equipo + P. Macizo

P =,1550+ 100 + 3,366 = 5,016 kg

$$P = 5,016 \text{ kg}$$

Luego:

$$M_a = 400 (11,30 + 1,70)$$

$$M_a = 5\,200 \text{ kg-m}$$

$$M_r = (5\,016/2) \times (1,0 - 4 \times 5\,016) + 2000 \times 1,0 (1,7)^3 / (3 \times 1,0 \times 2 \times 10^4)$$

$$M_r = 11\,495,325 \text{ kg-m}$$

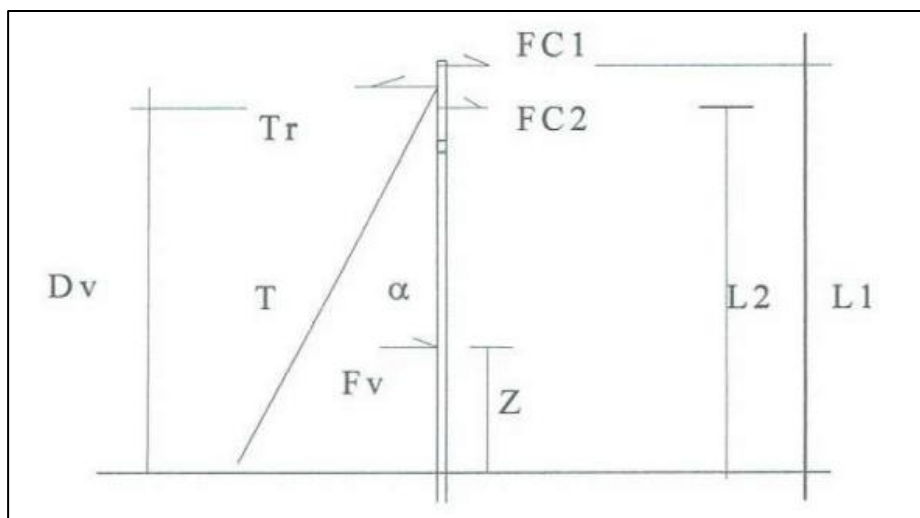
$$M_r > M_a \quad \text{CS: } 2,2$$

Cálculo de Retenidas

Vano básico: 71,6m. Conductor de 50 mm² AAC

Figura 6

Diagrama mecánico para el cálculo de fuerzas Retenida



Nota: Elaboración propia

$$F_c = T \text{ Sen } (180/2)$$

$$F_c = \sigma A \text{ Sen } (180/2)$$

$$F_c = 11,2 \times 50 \times 1$$

$$F_c = 560,00 \text{ Kg.}$$

$$F_p \cdot 11,30 = F_{vp} \cdot Z + F_{C1} \cdot L1 + F_{C2} \cdot L2$$

$$F_p = 1091 \text{ Kg}$$

$$T_r = F_p \cdot h / d_v \cdot \text{Sen}(30^\circ)$$

$$T_r = 2,242 \text{ Kg}$$

$$C.S.=2$$

$$T_r = 4\,484 \text{ Kg}$$

Se seleccionará una retenida del tipo simple de las siguientes características:

Acero galvanizado grado H.S. (Alta resist.)

Diámetro: 3/8"

Número Hilos :7

Carga mínima rotura: 4 892 kg

Coef. de seguridad: 2

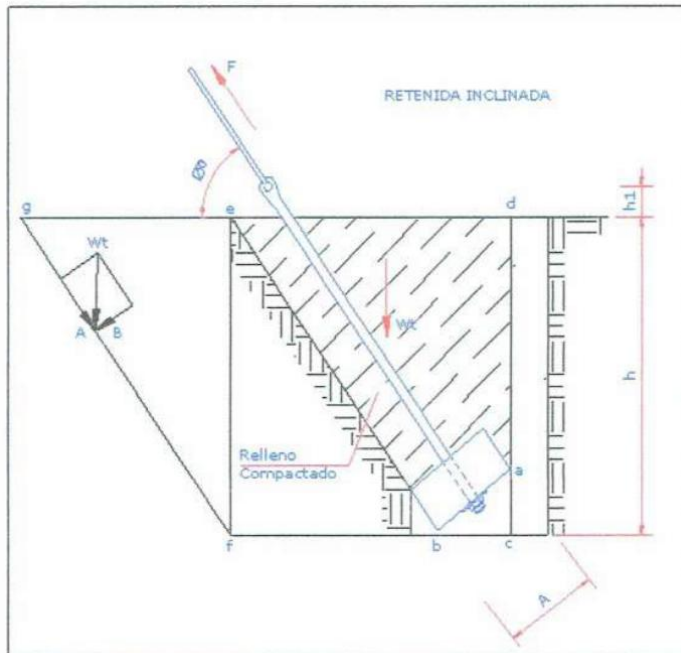
CIMENTACIÓN DE RETENIDAS

La fijación de las retenidas se realizará mediante un anclaje enterrado, que consiste en un bloque colocado en la parte inferior de la excavación. De este modo, el peso propio del terreno que cubre dicho bloque es el encargado de equilibrar la tracción ejercida sobre el cable de la retenida. Para dimensionar este bloque de anclaje, se deben considerar tres factores principales: la carga máxima de tensión en el cable, el ángulo de inclinación del cable respecto a la horizontal y las características del suelo donde se instalará. Una vez definidos estos parámetros, se desarrolla el siguiente procedimiento de cálculo:

RETENIDA INCLINADA

Figura 7

Retenida inclinada



Nota: Elaboración propia

Donde: Relleno Compacta

$L_{varilla} = 2,40 \text{ m}$

Se tiene la relación: $h = L_{varilla} \cdot \sin \phi - h_1$

Datos Preliminares:

$F = 8,14 \text{ kN}$

$\gamma_t = 16,67 \text{ KN/m}^3$ (peso específico del terreno)

$\gamma_c = 23,5 \text{ KN/m}^3$ (peso específico del concreto)

$\mu = 0.3$

$c_f = 1,66 \text{ m}$

$h = 1,80 \text{ m}$

$h_1 = 0,3 \text{ m}$

$$\Phi = 60^\circ$$

Las dimensiones del bloque de anclaje son:

$$\text{Ancho (A)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Alto (H)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad (P)} = 0,5 \text{ m}$$

Se verifica la suficiencia de las dimensiones mediante el análisis del triángulo de fuerzas

abc: El ángulo "cab" es igual a 0° , por tener sus lados respectivamente perpendiculares,

luego: "ac" = $A \cos 0^\circ = 0,25 \text{ m}$ "cb" = $A \sin 0^\circ = 0,43 \text{ m}$ llegando a determinar que, el

área del triángulo abc, es igual a:

$$\frac{1}{2} (ac * cb)$$

$$A_{abc} = 0,05 \text{ m}^2$$

La longitud bf será igual a: $bf = cf - cb = 1,23 \text{ m}$

El área del relleno Acuña restando las áreas de los triángulos de cuadrilátero defc es:

$$A_{cuña} = A_{delc} - A_{abe} - A_{bes} - A_{bloque.anclaje}$$

$$A_{cuña} = 1,73 \text{ m}^2$$

El peso de dicho suelo es:

$$Y * A * \text{Espesor relleno}$$

$$W_{relleno} = 14,42 \text{ kN}$$

El peso del bloque de concreto está dado por: $*V Y_c \text{ bloque.concreto}$

$$W_{bloque \text{ concreto}} = 1,18 \text{ KN}$$

El peso total será: $W_t = 15,59 \text{ KN}$

En la siguiente figura apreciamos una de las dos subestaciones aéreas monopostes implementadas:

Figura 8

Subestación Aérea Monoposte de 63 kVA.



Nota: Elaboración propia

d. Cálculo y selección de los componentes de alimentación a las electrobombas.

Partiremos que de cada subestación aérea monoposte. La selección y el cálculo de los componentes eléctricos que integran el sistema de alimentación para dos (02) electrobombas trifásicas de 50 HP, que operan a una tensión nominal de 380 V, alimentadas desde un sistema monofásico de 440 V.

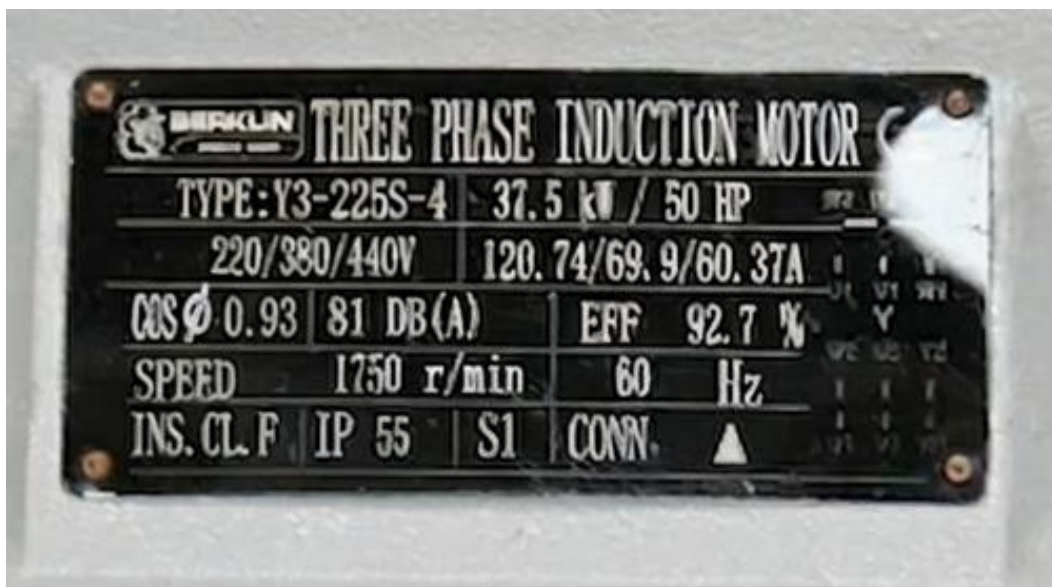
El dimensionamiento se efectúa considerando criterios técnicos, normativos y de seguridad establecidos en el Código Nacional de Electricidad – Utilización, asegurando una operación confiable y eficiente del sistema eléctrico propuesto.

A. Datos generales del sistema

- Número de electrobombas: 02
- Potencia unitaria del motor: 50 HP (37,3 kW)
- Potencia total instalada: 74,6 kW
- Tensión nominal de los motores: 380 V trifásico
- Tensión del sistema de alimentación: 400 V trifásico
- Frecuencia: 60 Hz
- Rendimiento de la electrobomba (η): 0,90
- Factor de potencia ($\cos \phi$): 0,93
- Tipo de arranque: mediante variador de frecuencia (VFD)
- Régimen de servicio: continuo

Figura 9

Placa Característica de la Electrobomba



Nota: Catalogo del Fabricante Berklin

B. Selección del conductor

- **Cálculo de la corriente nominal del transformador en BT**

$$I_N = S / (V \times \eta)$$

Donde:

- ✓ I_N : Corriente nominal (A)
- ✓ S: Potencia (kVA): 63 kVA
- ✓ V: Tensión de Línea (kV): 0,44 kV
- ✓ η : eficiencia de la bomba: 0,93

Resultados:

$$I_N: 153,959 \text{ A}$$

Entonces la corriente de diseño será:

$$I_d = I_n \times f.s$$

$$I_d = 153,959 \times 1,25$$

$$I_d = 192,449 \text{ A}$$

a. Tramo BT (440 V trifásico) – Longitud 50 m

Datos:

- Tensión BT: $V = 440 \text{ V}$
- Longitud: $L = 50 \text{ m} = 0,05 \text{ km}$
- Corriente de operación: $I_d = 192,449 \text{ A}$
- Conductor seleccionado: Cu THW 35 mm²

Figura 10

Tabla de Conductores THW -90

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Nota: Catálogo de INDECO

b.1 Caída de tensión en BT (trifásico – Ambas Electrobombas)

$$\Delta V = \frac{K \times I_N \times \delta \times L}{S} (\text{Voltios})$$

Donde:

I_N : Corriente Nominal a transmitir por el conductor alimentador en Amperios.

K: Factor que depende del suministro, se tiene:

K= 2 sistema monofásico

K= $\sqrt{3}$ sistema trifásico

$\delta = 0,0175 \Omega \times \text{mm}^2 / m$

S: sección del conductor mm^2

L: Longitud del punto más alejado en m.

$$\Delta V = 2 \times 118,43 \times 0,0175 \times 50 / 35 = 5,92 \text{ V}$$

Conclusión BT: la caída de tensión es menor al criterio usual de diseño ($\leq 3 \%$) 13.2 V

C. Selección del Interruptor termomagnético general

El interruptor termomagnético general se selecciona para la **protección de todo el circuito**

a. Corriente de diseño

$$I_d = 192,449 \text{ A}$$

b. Interruptor seleccionado

Marca: Scheneider

Modelo: NSX250F

Tabla 7:

Características del interruptor termomagnético general

Característica	Valor
Intensidad Corriente nominal	250 A
Número de polos	3
Tensión nominal	690 V
Poder de corte	36 kA
Norma	IEC 60947-2

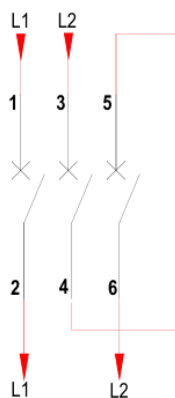
Nota: Scheneider

Nota: De acuerdo con los manuales de instalación de Schneider Electric, para el uso de protecciones tripolares en redes monofásicas se requiere conectar la primera fase ingresa por el borne 1 y tiene su salida en el borne 2. Por su parte, la segunda fase ingresa por el borne 3, sale por el borne 4, reingresa por el borne 5 y finalmente tiene su salida en el borne 6. (Schneider Electric, 2023)

En consecuencia, se determina que la primera fase se encuentra disponible en el borne 2, mientras que la segunda fase se encuentra disponible en el borne 6.

Figura 11

Diagrama Multifilar, conexión de alimentación en interruptor termomagnético



Nota: Elaboración propia

D. Selección del Interruptor termomagnético para el Variador de Frecuencia

El interruptor termomagnético se selecciona para la **protección del variador de frecuencia**.

a. Corriente de diseño

$$I_{ITM} = 1,25 \times I_{VFD}$$

$$I_{ITM} = 1,25 \times 118,43 = 148,04 \text{ A}$$

b. Interruptor seleccionado

Marca: Schneider

Modelo: NSX160F TMD125

Nota: Se regulará de acuerdo con la corriente de diseño ya que el interruptor termomagnético es regulable.

Tabla 8:

Características del interruptor termomagnético

Característica	Valor
Corriente nominal	200 A
Número de polos	3
Tensión nominal	690 V
Poder de corte	36 kA
Norma	IEC 60947-2

Nota: Schneider

Selección del VARIADOR DE FRECUENCIA (por electrobomba)

a. Parámetros Técnicos de la Electrobomba para selección de VDF.

Los datos nominales de placa y de operación de la carga trifásica establecida son los siguientes:

- Potencia mecánica (Pm): 50 HP (37,300 W)
- Tensión nominal del motor (Vm): 380 VAC (Trifásico)
- Corriente nominal (Inom): 69.9 A
- Rendimiento del motor (η): 0.90
- Factor de Potencia ($\cos \phi$): 0.93

b. Potencia eléctrica de entrada al motor:

$$P_{electrica} = \frac{P_m}{\eta}$$
$$P_{electrica} = \frac{50 \text{ HP} \times 746 \frac{W}{HP}}{0.90} = 41,44 \text{ kW}$$

c. Análisis de tensión y corriente en el Bus DC.

Calculamos la tensión pico rectificado en el Bus DC en vacío utilizando la relación fundamental de la rectificación con filtrado capacitivo en vacío. Según (Rashid, Electrónica de potencia, 2015) el cual será:

$$V_{DC-Vacío} = V_{AC} \times \sqrt{2} = 440 \times 1,4142 = 622,2 \text{ VDC}$$

Considerando una caída de tensión estimada del 5% en el Bus DC, bajo carga máxima provocada por el rizado de baja frecuencia (120 Hz) propio de la alimentación monofásica bajo régimen de máxima carga, la tensión continua efectiva es:

$$V_{DC-Carga} = 622,2 \times 0,95$$

$$V_{DC-Carga} = 591,14 \text{ VDC}$$

Asumiendo una eficiencia interna del inversor (IGBT) de 0,97 la corriente continua requerida por el Bus DC se formula como:

$$I_{DC} = \frac{P_{electrica}}{V_{DC-Carga} \times \eta_{inv}}$$

$$I_{DC} = \frac{41,44 \text{ kW}}{591,14 \text{ VDC} \times 0,97}$$

$$I_{DC} = 72,28 \text{ A}$$

d. Cálculo de la corriente de entrada monofásica de la Red.

Para calcular la corriente que el variador va a exigir de la red eléctrica monofásica de 440 VAC usamos la potencia eléctrica total y un factor de potencia típico de entrada de un

variador (que suele ser bajo, aprox. 0.75 a 0.85 debido a la distorsión armónica de los diodos):

$$I_{n-monofasico} = \frac{P_{electrica}}{V_{AC} \times FP \times \eta_{inv}}$$

$$I_{n-monofasico} = \frac{41,44 \text{ kW}}{440 \text{ VAC} \times 0,8 \times 0,9}$$

$$I_{n-monofasico} = 118,43 \text{ A}$$

e. Fundamento técnico y criterio de selección.

Al alimentar el variador trifásico con una red monofásica de 440 VAC para operar la electrobomba trifásica de 50 HP. Esta condición nos exige un análisis térmico riguroso en la etapa de la rectificación, debido a que este sufre un estrés térmico severo, ya que la ausencia de una fase inhabilita dos diodos del puente de entrada e incrementa de forma peligrosa el rizado en el bus DC. Para evitar estas fallas se aplica la regla de derating industrial de los principales fabricantes (ABB, Schneider Electric, WEG), la cual exige que la potencia nominal del variador (P_{VFD}) sea al menos el doble de la potencia mecánica del motor (P_m).

Factor de Derating (F_d): 0.50

$$P_{VFD} = \frac{P_m}{F_d}$$

$$P_{VFD} = \frac{50 \text{ HP}}{0.5} = 100 \text{ HP}$$

Componente	Especificación Técnica	Justificación
Variador de Frecuencia (VFD)	100 HP (75 kW), Entrada de tensión 440 V Monofásica / Salida parametrizada a 380 V Trifásica.	Absorbe y soporta de forma continua la corriente monofásica de entrada calculada (118.43 A) sin provocar degradación o fatiga térmica en el puente rectificador de diodos.
Reactancia de Línea (Entrada AC)	Inductancia de protección con un 5% de impedancia relativa acoplada para régimen continuo de 120 A. integrada y acoplada en chasis del variador.	Atenúa la tasa de cambio de corriente (di/dt), reduce la tasa armónica (THD-I) introducida a la red y suaviza el rizado periódico en el Bus DC, extendiendo la vida útil del banco de capacitores.
Filtro de Bus DC	Bobina de filtrado para Bus DC integrada en el chasis del variador (o externa acoplada en serie).	Filtra la componente armónica severa de 120 Hz, la cual duplica su amplitud debido a la ausencia de balance polifásico trifásico en el bloque rectificador de entrada.
Configuración de Modulación V/f	Límite superior de tensión de salida parametrizado a 380 VAC a frecuencia síncrona nominal (60 Hz / 50 Hz).	Protege el sistema de aislamiento de las bobinas del estator del motor de 380 V, limitando el ciclo de trabajo de la modulación por anchos de pulsos frente al potencial superior del Bus DC (622.25 V).
Inhabilitación de Protección por Pérdida de Fase	Desactivación explícita del parámetro de seguridad: 'Input Phase Loss Fault' (Falla por pérdida de fase de entrada).	Permite e instrumenta la operación continua del equipo VFD utilizando únicamente las terminales de potencia de entrada L1 y L2, anulando el bloqueo de seguridad de fábrica.

f. Comparativa de Selección Técnica:

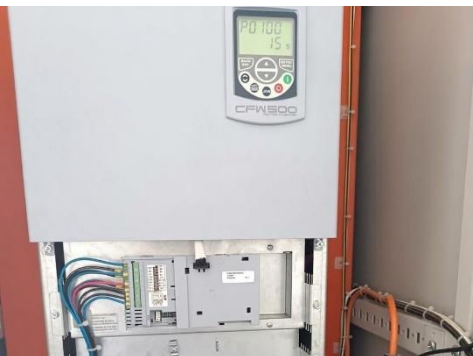
Parámetros Técnico	VFD (100 HP)
Capacidad de Salida (Trifásica)	145 A
Capacidad Real (Monofásica)	118.43 A
Carga de Electrobomba	69,9 A
Condición de Operación	Operación Segura.

g. Configuración de Variador WEG

Esta guía describe los pasos y parámetros claves para la puesta en marcha de un variador WEG CFW500 – 100 HP. Se detalla el procedimiento en el que se adaptará el variador a una alimentación monofásica de 440 VAC con el fin de controlar de manera segura la electrobomba de trifásica de 50 HP.

Parámetro	Descripción Funcional	Valor de Ajuste	Justificación Técnica	Evidencia fotográfica.
P0000	Acceso a Parámetros	5	Desbloquea los privilegios de edición sobre el mapa completo de variables del firmware.	
P0214	Falla de Fase en la Entrada	0	Desactiva la protección contra pérdida de fase. Evita que el VFD se bloquee por la alarma de hardware F021.	

P0202	Tipo de Control	0	Establece la curva lineal de torque variable óptima para cargas centrífugas cuadráticas (electrobombas).	
P0401	Corriente Nominal del Motor	69.9 A	Establece el límite de corriente RMS de placa para la protección térmica por sobrecarga del estator.	
P0402	Voltaje Nominal del Motor	380 V	Limita el ciclo de trabajo de la modulación por anchos de pulsos para entregar 380 VAC máximos, protegiendo el aislamiento eléctrico del motor frente a los 440 VAC de entrada.	
P0403	Frecuencia Nominal	60 Hz	Frecuencia síncrona nominal de operación de la electrobomba	

P0404	Potencia Nominal del Motor	37 kW	Equivalente directo en kilowatts de la potencia mecánica de placa de la electrobomba (50 HP).	
P0407	Factor de Potencia (cos φ)	0,93	Permite al algoritmo interno del variador calcular con precisión la descomposición de corrientes activa y reactiva.	
P0100	Tiempo de Aceleración	15 s	Rampa controlada que disminuye la corriente de arranque y previene esfuerzos mecánicos bruscos.	
P0101	Tiempo de Desaceleración	25 s	Rampa de parada para mitigar y suprimir el fenómeno destructivo del golpe de ariete en la tubería.	

Marca: WEG

Modelo: CFW500 G2

Tabla 9:
Características del Variador de Frecuencia seleccionado

Característica	Valor
Potencia nominal	75 kW (100 HP)
Tensión de entrada	380 – 480 V
Corriente nominal	142 A
Tipo de control	Vectorial
Protección térmica	Integrada
Aplicación	Bombas y ventiladores
Norma	IEC 61800

Nota: WEG

E. Sistema de puesta a tierra

El valor máximo permitido para el sistema de puesta a tierra de uso general es de 25 Ω . Sin embargo, para la protección y el correcto funcionamiento de equipos electrónicos sensibles e infraestructura crítica como (hospitales, salas de cómputo y equipos biomédicos), se recomienda rigurosamente que la resistencia sea menor o igual a 5 Ω . De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad (CNE). Por tal motivo y priorizando la seguridad eléctrica el presente sistema se diseña para garantizar una resistencia máxima de 10 Ω utilizando electrodos de cobre de 5/8” de diámetro y 2,4 m de longitud, interconectados mediante conductor de cobre desnudo de 35 mm², conforme al CNE.

Componentes principales:

- Varilla de puesta a tierra: cobre 5/8” $\times$ 2,4 m
- Conductor de enlace: cobre desnudo 35 mm²
- Conectores: bronce o cobre

Resistencia objetivo: $\leq 10 \Omega$

Figura 12

Medición de Pozo a Tierra



Nota: Elaboración propia

Figura 13

Tablero de Fuerza y control para electrobomba de 50HP



Nota: Elaboración propia

F. Comentario técnico final

El sistema de alimentación monofásico entre fases propuesto, con transformador individual y variador de frecuencia por electrobomba, garantiza una operación segura, eficiente y confiable de las electrobombas trifásicas, cumpliendo con los criterios técnicos establecidos por el Código Nacional de Electricidad y las normas IEC aplicables.

4.3. Evaluación económica mediante los indicadores VAN y TIR del diseño propuesto

La evaluación económica del diseño propuesto se realizó con la finalidad de determinar la viabilidad financiera de implementar el sistema monofásico entre fases con conversión a trifásico para la alimentación de las electrobombas de 50 HP del fundo San Valentín, ubicado en el distrito de Olmos – Lambayeque.

Actualmente, el sistema de bombeo depende de un grupo electrógeno diésel de 50 kW, equipo que solo permite operar solamente una electrobomba, esta configuración viene generando un gasto mensual aproximado de S/ 10 800,00 por consumo de combustible, por lo que el monto se calcula bajo los siguientes parámetros técnicos.

- Consumo diario de combustible:

$$8 \text{ horas/ día} \times 12 \text{ litros/ hora} = 96 \text{ litros/ día.}$$

- Consumo mensual de combustible:

$$96 \text{ litros/ día} \times 30 \text{ días/ mes} = 2\,880,00 \text{ litros / mes.}$$

- Consumo mensual en galones:

Tomando de referencia que 1 galón equivale a 3,78541 litros:

$$\frac{2\,880,00 \text{ litros}}{3,78541 \text{ litros / galón}} = 760,82 \text{ galones/ mes.}$$

Por lo que el costo unitario del combustible:

$$\text{- Por litro: } \frac{S/10\,800}{2\,880,00 \text{ litros}} = S/3,75 \text{ por litro.}$$

$$- \text{ Por galón: } \frac{S/10\,800,00}{760,82 \text{ galones}} = S/14,19 \text{ por galón.}$$

Cabe destacar que este impacto económico por las dos electrobombas que se requiere operar, el costo mensual equivalente se duplica: $S/ 10\,800,00 \times 2 = S/ 21\,600,00$. Además, el diagnóstico técnico señala que el generador Perkins tiene consumo referencial de 8–9 L/h al 75 % de carga y 10–12 L/h al 100 % de carga, lo que respalda el cálculo del gasto por combustible

Para la evaluación económica se considera el requerimiento operativo de 02 electrobombas, cuyo gasto mensual con suministro de grupo electrógeno asciende a:

Costo mensual con diésel = S/ 21 600,00

Por tanto, el gasto anual con suministro de grupo electrógeno se calcula de la siguiente manera:

Costo anual con diésel = Costo mensual con diésel $\times$ 12 meses

Costo anual con diésel = S/ 21 600,00 $\times$ 12

Costo anual con diésel = S/ 259 200,00

Es importante recalcar que la cifra de S/ 259 200,00 refiere a un escenario base que solo contempla el gasto en combustible Diesel.

Tabla 10: Parámetros económicos con el suministro de Grupo Electrónico

Concepto	Valor considerado
Gastos por mes con el suministro de Grupo Electrónico	S/ 21 600,00
Gasto por año con el suministro de Grupo Electrónico	S/ 259 200,00

Nota: Elaborado por el autor

La propuesta técnica evaluada considera el reemplazo progresivo del uso del grupo electrógeno con el objetivo de mitigar los elevados costos operativos del escenario actual por la implementación de un sistema eléctrico conectado a la red eléctrica comercial y conformado por línea monofásica fase–fase en media tensión, transformador monofásico de

63 kVA, tablero de fuerza y control, dispositivos de protección y variador de frecuencia (VFD) especializado para la conversión de entrada monofásica a salida trifásica asegurando un arranque suave y protegiendo la vida útil de la electrobomba. Esta configuración permite reducir el gasto mensual por combustible y mejorar la disponibilidad operativa del sistema de bombeo.

Por lo que a continuación se desglosa el presupuesto detallado de la inversión inicial requerida para la implementación del sistema monofásico Fase – Fase.

Presupuesto del sistema de utilización por partidas

Partida 01: Suministro

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Parcial S/
1	Conductor AAAC 50 mm ² para línea monofásica fase–fase 22,9 kV	Lote	1	42 000.00	42 000.00
2	Postes de concreto armado centrifugado para red primaria	Und.	40	1 800.00	72 000.00
3	Crucetas, ménsulas, pernos, abrazaderas y ferretería de media tensión	Lote	1	25 000.00	25 000.00
4	Aisladores poliméricos tipo PIN 36 kV	Und.	80	180.00	14 400.00
5	Seccionadores tipo cut-out 36 kV, 100 A, KV BIL150	Und.	4	1 250.00	5 000.00
6	Pararrayos poliméricos 24 kV	Und.	4	980.00	3 920.00
7	Fusibles, conectores, grapas y accesorios de media tensión	Lote	1	7 500.00	7 500.00
8	Transformador monofásico 63 kVA, 22,9 kV / 0,44 kV	Und.	2	21 000.00	42 000.00
9	Estructuras monoposte, soportes, retenidas y accesorios para subestaciones	Lote	1	11 000.00	11 000.00
10	Variador de frecuencia 50 HP, entrada monofásica 440 V y salida trifásica 380 V	Und.	2	21 000.00	42 000.00
11	Tablero de fuerza y control para electrobomba de 50 HP	Und.	2	8 100.00	16 200.00
12	Interruptor termomagnético de caja moldeada para protección general	Und.	2	1 550.00	3 100.00
13	Conductores THW-90, canalizaciones, terminales y accesorios de baja tensión	Lote	1	9 200.00	9 200.00
14	Materiales para sistema de puesta a tierra: varillas, conductor, conectores y cajas de registro	Lote	1	7 280.00	7 280.00
Subtotal Partida 01: Suministro					300 600.00

Partida 02: Montaje

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Parcial S/
15	Replanteo, excavaciones, cimentaciones, retenidas y anclajes para 40 postes	Lote	1	27 000.00	27 000.00
16	Izaje de postes, tendido de conductor y montaje electromecánico de línea primaria	Servicio	1	31 000.00	31 000.00
17	Montaje de dos subestaciones monoposte de 63 kVA	Servicio	1	11 000.00	11 000.00
18	Instalación, conexión y programación de variadores de frecuencia y tableros	Servicio	1	9 500.00	9 500.00
19	Instalación, tratamiento y medición del sistema de puesta a tierra	Servicio	1	4 200.00	4 200.00
20	Pruebas eléctricas, pruebas de funcionamiento y puesta en servicio	Servicio	1	5 900.00	5 900.00

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Parcial S/
21	Expediente técnico, memoria de cálculo, planos, permisos y supervisión técnica	Servicio	1	11 000.00	11 000.00
Subtotal Partida 02: Montaje					99 600.00

Partida 03: Transporte

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/	Parcial S/
22	Transporte de 40 postes de concreto hacia el fundo San Valentín	Servicio	1	15 000.00	15 000.00
23	Transporte de transformadores, conductores, tableros, variadores y accesorios	Servicio	1	9 000.00	9 000.00
24	Movilización y desmovilización de personal, herramientas y equipos menores	Servicio	1	6 246.57	6 246.57
Subtotal Partida 03: Transporte					30 246.57

Resumen general del presupuesto

Partida	Descripción	Monto S/
01	Suministro	300 600.00
02	Montaje	99 600.00
03	Transporte	30 246.57
	Costo directo	430 446.57
	Gastos generales, 8 %	34 435.73
	Utilidad, 7 %	30 131.26
	Subtotal antes de IGV	495 013.56
	IGV, 18 %	89 102.44
Presupuesto total actualizado		584 116.00

Tabla 11 : Parámetros económicos de inversión inicial

Concepto	Valor considerado
Inversión inicial del sistema monofásico fase-fase	S/ 584 116,00

Nota: Elaborado por el autor

Para la evaluación económica y con el fin de cuantificar los costos operativos por consumo eléctrico del proyecto, se estableció una línea base financiera basada en la estructura de precios de la empresa concesionaria Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Norte S.A. "Tarifa regulada por el OSINERGMIN correspondiente al pliego tarifario de ENSA (periodo 2025-2026), tomada como base histórica de cálculo para la evaluación económica del proyecto." (OSINERGMIN-Electronorte, 2026), Al tratarse de un entorno

agrícola en la zona de Olmos donde prevalecen sistemas de electrobombas y cargas trifásicas de alta potencia, se determinó emplear el pliego regulado de Media Tensión bajo la opción tarifaria MT4 (Tarifa con Medición Simple de Energía). Esta alternativa monómica resulta óptima para el diseño económico de estaciones de bombeo, pues unifica el consumo de energía activa sin segregación horaria (bloques de horas punta y fuera de punta), facilitando la proyección del gasto mensual. De este modo, tomando como sustento el pliego tarifario vigente de ENSA para el sistema eléctrico de la irrigación de Olmos (Sector SEIN3), el cargo por energía activa simple se fijó en un valor neto de **S/ 0,2775 por kWh**; al adicionarle el Impuesto General a las Ventas (IGV) del 18%, se estableció el costo unitario final en **S/ 0,3275 por kWh**, valor que constituirá el parámetro de contraste para la evaluación económica de la presente investigación.

Figura 14

Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

	MEDIAS TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA
			Sin IGV
TARIFA MT2	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y		
	CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	11.76
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	33.01
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	25.21
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S//kW-mes	63.63
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S//kW-mes	17.01
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S//kW-mes	17.25
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.52
TARIFA MT3	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y		
	CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	11.52
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	33.01
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	25.21
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	56.38
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	35.48
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	18.04
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	17.75
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.52
TARIFA MT4	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA		
	Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	11.52
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	27.00
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	56.38
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	35.48
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	18.04
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	17.75
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.52

Nota: (OSINERGMIN-Electronorte, 2026)

Para el sistema propuesto con **02 electrobombas trifásicas de 50 HP**, se estima lo siguiente:

1. Potencia de las electrobombas

$$1HP = 0,746 kW$$

$$50HP \times 0,746 = 37,3 kW$$

Para **02 electrobombas**:

$$37,3kW \times 2 = 74,6 kW$$

2. Energía mensual estimada

Asumiendo una operación agrícola típica de:

$$08 \text{ horas/día} \times 30 \text{ días/mes} = 240 \text{ horas/mes}$$

$$\text{Energía} = 74,6 \text{ kW} \times 240 \text{ h}$$

$$\text{Energía} = 17\,904 \text{ kWh/mes}$$

3. Costo mensual de energía eléctrica

$$\text{Costo} = 17\,904 \text{ kWh} \times S/0,3275/\text{kWh}$$

$$\text{Costo} = S/ 5\,863,56 \text{ /mes}$$

Resultado estimado

Concepto	Valor
Número de electrobombas	02
Potencia por electrobomba	50 HP
Potencia total estimada	74,6 kW
Horas de operación mensual	240 h/mes
Energía mensual estimada	17 904 kWh/mes
Tarifa eléctrica con IGV	S/ 0,3275 /kWh
Costo mensual estimado	S/ 5 863,56 /mes

Por tanto:

El **costo mensual estimado de energía eléctrica para las 02 electrobombas** del sistema propuesto es de aproximadamente:

S/ 5 863,56 mensuales, considerando 08 horas diarias de operación durante 30 días.

El **costo anual estimado de energía eléctrica para las 02 electrobombas: S/ 70 362,72.**

Tabla 12: Parámetros económicos de sistema con suministro de energía eléctrica.

Concepto	Valor considerado
Costo mensual de energía eléctrica del sistema propuesto	S/ 5863,56
Costo anual estimado de energía eléctrica	S/ 70 362,72

Nota: Elaborado por el autor

Costos de mantenimiento incorporados al análisis económico

Fomentando el rigor de la evaluación económica, se incorporan los costos de mantenimiento para los dos (02) grupos electrógenos Perkins de 50 kW. Tomando como base un régimen de trabajo de 8 horas diarias durante 30 días mensuales, cada activo acumula 2,880 horas de operación al año (5,760 horas consolidadas).

Siguiendo las cartillas técnicas del fabricante, se programaron servicios de mantenimiento preventivo menor cada 250 horas de trabajo (cambio de lubricantes y filtros de fluidos), estimando un costo de S/ 2.40 por hora de marcha según valores promedio del mercado local. Con esto, el costo anual de mantenimiento asciende a S/ 13,824.00, el cual se suma al costo anualizado de diésel (S/ 259,200.00) para conformar el flujo de egresos operativos.

El horizonte de evaluación económica del proyecto se fijó en cinco (05) años debido al ciclo de vida operativo y los requerimientos de mantenimiento mayor (Overhaul) de los grupos electrógenos. Cada equipo opera 2,880 horas al año, lo que significa que al término del quinto año habrán acumulado un aproximado de 14,400 horas de trabajo continuo.

De acuerdo con los manuales técnicos de la marca Perkins para motores en esta gama de potencia (50 kW), el periodo crítico para una reparación general o mantenimiento mayor de componentes internos ocurre entre las 10,000 y 15,000 horas de uso. Por lo tanto, evaluar el proyecto a 5 años permite medir la rentabilidad financiera cubriendo todo el ciclo de la vida útil del motor.

Para proyectar los costos operativos en los años posteriores (Año 2 al Año 5), tomamos la tasa de inflación anual constante del 3.0%. Esta cifra se justifica técnicamente alineándose a las metas de política monetaria del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), el cual establece un rango meta de inflación anual de entre 1.0% y 3.0%. por lo que tomamos el tope superior del rango (3.0%), por efectos del encarecimiento real del precio del diésel y de los repuestos importados de los generadores.

Tabla 13: Costos de mantenimiento quinquenal del grupo electrógeno

Ítem	Concepto Operativo	Año 1 S/	Año 2 S/	Año 3 S/	Año 4 S/	Año 5 S/
01	Gasto anual por Combustible Diésel	S/ 259 200,00	S/ 266 976,00	S/ 274 985,28	S/ 283 234,84	S/ 291 731,88
02	Gasto anual por mantenimiento preventivo	S/ 13 824,00	S/ 14 238,72	S/ 14 665,88	S/ 15 105,86	S/ 15 559,03
Costo Total de O&M		S/ 273 024,00	S/ 281 214,72	S/ 289 651,16	S/ 298 340,70	S/ 307 290,91

Nota: Elaborado por el autor. Incluye lubricantes, filtros, revisión de inyectores, sistema de refrigeración, alternador, baterías, tablero, mano de obra y pruebas de operación.

Para el sistema propuesto conectado a la red eléctrica, y con la finalidad de asegurar la confiabilidad de la línea monofásica fase-fase en 22,9 kV y proteger la inversión de S/ 584,116.00 (que engloba las subestaciones, transformador, protecciones y sistemas de puesta a tierra), se asignó un presupuesto anual de mantenimiento preventivo equivalente al 2.0% del valor de la infraestructura. Este porcentaje se sustenta en los estándares de O&M de OSINERGMIN y las buenas prácticas de ingeniería eléctrica para líneas aéreas particulares. (OSINERGMIN, 2022), Para el Año 1, este costo se calcula en S/ 11,682.32. Con el objetivo de formular un flujo de caja riguroso para el cálculo del VAN y TIR, este monto se proyectó a un horizonte de 5 años aplicando una tasa de inflación anual del 3.0% indexada a las proyecciones del BCRP.

Tabla 14: Costos de mantenimiento quinquenal de la línea y grupo electrógeno

Ítem	Concepto Operativo	Año 1 S/	Año 2 S/	Año 3 S/	Año 4 S/	Año 5 S/
01	Gasto anual por Mantenimiento de línea 22.9 kV	S/ 11 682,32	S/12 032,79	S/ 12 393,77	S/ 12 765,59	S/ 13 148,55
02	Gasto anual por mantenimiento preventivo	S/ 13 824,00	S/14 238,72	S/14 665,88	S/ 15 105,86	S/ 15 559,03
03	Gasto anual por Combustible Diésel	S/ 259 200,00	S/266 976,00	S/274 985,28	S/ 283 234,84	S/ 291 731,88
Costo Total de O&M		S/ 284 706,32	S/ 293 247,51	S/ 302 044,93	S/ 311 106,29	S/ 320 439,46

Nota: Elaborado por el autor.

Evaluación económica final del sistema propuesto

Para determinar la viabilidad económica del sistema monofásico entre fases, se comparó el escenario actual con grupo electrógeno frente al sistema propuesto conectado a la red eléctrica. El beneficio del sistema propuesto proviene del ahorro neto generado al sustituir el consumo de diésel de los grupos electrógenos (S/ 259 200,00 anuales) y los costos anuales de mantenimiento preventivo del grupo electrógeno actual por sus 2,880 horas de operación (S/ 13 824,00). ya que el nuevo sistema propuesto por energía eléctrica de la red comercial representa un costo anual de S/ 70 362,72 y un costo por mantenimiento preventivo de línea y subestaciones de S/ 11 682,32 anuales. Se obtiene un flujo neto de efectivo positivo de S/ 190 772,56 para el primer año, proyectado a un horizonte de 5 años con una inflación del 3.0%.

Cálculo del ahorro neto anual:

$$\text{Ahorro neto Anual} = \text{Egresos Actuales Evitados} - \text{Egresos Propuestos.}$$

Donde:

Total, de egresos actuales: Diesel Anual + Mantenimiento generador

Total, de egresos actuales: 259 200,00 + 13 824,00

Total, de egresos actuales: S/ 273 024,00

Total, de egresos propuesto: Costo de energía de la red + Mantenimiento de línea

Total, de egresos propuestos: 70 362,72 + 11 682,32

Total, de egresos propuestos: S/ 82 045,04

Ahorro neto anual= S/ 273 024,00 – S/ 82 045,04

Ahorro Neto = S/ 190 978,96

a) Costos anuales comparativos

Tabla 15: Costos anuales comparativos con una inflación del 3.0%.

Ítem	Concepto Operativo	Año 0 S/	Año 1 S/	Año 2 S/	Año 3 S/	Año 4 S/	Año 5 S/
01	Inversión Inicial	S/ 584 116,00					
02	Combustible Diésel evitado		S/ 259 200,00	S/266 976,00	S/274 985,28	S/ 283 234,84	S/ 291 731,88
03	Mantenimiento Grupo evitado		S/ 13 824,00	S/14 238,72	S/14 665,88	S/ 15 105,86	S/ 15 559,03
04	Costo Anual de Energía Eléctrica		S/ 70 362,72	S/ 72,473,60	S/ 74 647,81	S/ 76 887,24	S/ 79 193,86
05	Mantenimiento preventivo de Línea		S/ 11 682,32	S/12 032,79	S/ 12 393,77	S/ 12 765,59	S/ 13 148,55
Flujo Neto de Efectivo		S/ 584 116,00	S/190 978,96	S/ 196 708,33	S/202 609,58	S/ 208 687,87	S/ 214 948,50

Nota: Elaboración propia.

b) Flujo de caja económico a 05 años

El beneficio económico anual se obtiene por la diferencia entre el costo operativo anual del grupo electrógeno y el costo operativo anual del sistema propuesto.

Para el cálculo del factor de descuento se empleó la siguiente expresión:

$$FD_t = \frac{1}{(1 + k)^t}$$

Donde:

FD_t: Factor de descuento para el año t.

K: Tasa de descuento anual.

T: El año correspondiente del flujo.

Asimismo, una tasa de descuento del 10.0% se encuentra alineada con los parámetros macroeconómicos oficiales establecidos en el Perú. De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2021) en sus directivas de evaluación de proyectos de infraestructura, la tasa metodológica de descuento para actualizar flujos de fondos se fija en un horizonte de referencia nacional. (Ministerio de Economía y Finanzas , 2021).

Tabla 16: Flujo de caja económico

Año	Inversión	Beneficio	Flujo neto	F. 10 %	F. actualizado
0	S/ 584 116,00	-	S/ -584 116,00	1,0000	S/ -584 116,00
1	-	S/ 190 978,96	S/ 190 978,96	0,9091	S/ 173 618,97
2	-	S/ 196 708,33	S/ 196 708,33	0,8264	S/ 162 559,76
3	-	S/ 202 609,58	S/ 202 609,58	0,7513	S/ 152 220,58
4	-	S/ 208 687,87	S/ 208 687,87	0,6830	S/ 142 533,82
5	-	S/ 214 948,50	S/ 214 948,50	0,6209	S/ 133 461,52

Nota: Elaboración propia

Para el cálculo del Valor Actual Neto se empleó la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Para la evaluación económica del proyecto se utilizará el valor actual neto (VAN), (Brealey, 2020).

VAN: Valor Actual Neto

t: Año de evaluación

k: Tasa de descuento anual

Flujo neto anual: Ahorro económico generado por el sistema propuesto

$$VAN = 764\,412,47 - 584\,116,00$$

$$VAN = S/ 178\,296,47$$

Resultado

$$VAN = S/ 178\,296,47$$

Como el VAN es positivo, el proyecto **genera valor económico adicional** luego de recuperar la inversión inicial.

D. Tasa Interna de Retorno — TIR

Para el cálculo de la Tasa de interés de retorno se empleó la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

VAN: Valor Actual Neto

I_0 : Inversión inicial total en el año 0.

F_t : Flujo de caja neto generado en el año t.

n : Horizonte de evaluación del proyecto (número de años).

La TIR del proyecto es:

$$\text{TIR} = 19.38 \%$$

Comparación:

$$19.38\% > 10.00\%$$

Por lo tanto, el proyecto es **económicamente rentable**, ya que la rentabilidad interna supera la tasa de descuento considerada.

E. Periodo de recuperación de la inversión.

Para calcular el PRI, evaluamos los flujos netos de efectivo, como estos van pagando la inversión inicial de S/ 584 116,00 año por año.

Por lo que empezamos a acumular los flujos de la tabla anterior. Hasta verificar en que momento el saldo es beneficioso.

- Año 0 (Inversión Inicial) = S/ 584 116,00
- Año 1 = se recibe S/ 584 116,00 - S/ 190 978,96 = S/ 393 137,04.
- Año 2 = nos falta recuperar S/ 393 137,04 - S/ 196 708,33 = S/ 196 428,71.
- Año 3 = nos falta recuperar S/ 196 428,71. Pero este año se recibe S/ 202 609,58. Con esto la inversión se recupera durante el transcurso del 3er año.

Se aplica la siguiente ecuación para hallar la fracción exacta de tiempo en el Año 3.

$$PRI = \text{Año Anterior a la Recuperación} + \left(\frac{\text{saldo por recuperar}}{\text{Flujo total del año}} \right)$$

$$PRI = 2 + \left(\frac{196\,428.71}{202\,609.58} \right)$$

Resultado:

$$PRI = 2 + 0.9695 = 2.97 \text{ años}$$

Donde:

- Se tiene los 2 años completos.
- Se toma el 0.9695×12 meses = 11.63 meses
- Se toma el nuevo decimal 0.63×30 días = 19 días

Por lo tanto, el capital se recupera aproximadamente en 2 años, 11 meses y 19 días.

c) Indicadores económicos

Tabla 17: Indicadores económicos

Indicador	Resultado	Interpretación
VAN	S/ 178 296,47	$VAN > 0$: genera valor económico.
TIR	19.38%	$TIR > 10 \%$: supera la tasa de descuento.
PRI	2,97 años	La inversión se recupera antes del año 3.

Nota: Elaboración propia

d) Interpretación de resultados

La evaluación del sistema confirma que la implementación del sistema monofásico entre fases resulta viable, debido a que permite reducir el costo operativo del primer año de S/ 273 024,00 a S/ 82 045,04, generando un ahorro neto anual de S/ 190 978,96. para el primer año, proyectado a un horizonte de 5 años con una inflación del 3.0%. Con este flujo, el proyecto alcanza un VAN positivo de S/ 178 296,47, una TIR de 19.38 % .

Asimismo, el periodo simple de recuperación de la inversión es de 2,97 años, valor aceptable, Por tanto, la implementación del sistema monofásico entre fases representa una alternativa técnica y económicamente favorable para reemplazar el uso del grupo electrógeno y que el sistema propuesto se conecte a la red eléctrica en el fundo San Valentín.

Conclusión económica

Se concluye que el diseño e implementación del sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín es económicamente rentable y técnicamente conveniente, ya que el ahorro anual obtenido permite recuperar la inversión en un periodo menor a cuatro años, manteniendo indicadores financieros favorables durante el horizonte de evaluación.

4.4. Implementación del sistema diseñado y verificación de compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente

El cuarto objetivo específico se desarrolla mediante la verificación técnica de la implementación del sistema monofásico entre fases, considerando la compatibilidad entre la red de media tensión disponible, los transformadores monofásicos, los tableros de fuerza y control, los variadores de frecuencia y las electrobombas trifásicas de 50 HP instaladas en el fundo San Valentín.

4.4.1. Alcance de la implementación

La implementación comprende la derivación monofásica fase-fase en 22,9 kV, la instalación de dos subestaciones aéreas monoposte de 63 kVA, el montaje de tableros de fuerza y control, la conexión de los variadores de frecuencia y la habilitación de los alimentadores hacia cada electrobomba. Con ello, cada unidad de bombeo dispone de una alimentación independiente, protegida y compatible con el régimen de operación agrícola requerido.

4.4.2. Procedimiento de implementación

El procedimiento de implementación del proyecto se ejecutó de manera secuencial y estructurada, debidamente en etapas críticas que abarcaron desde la ingeniería de campo inicial hasta las pruebas de puesta en servicio del sistema eléctrico. A continuación, se detallan las actividades desarrolladas en cada fase:

- **Replanteo del punto de conexión:** La implementación inició con el replanteo del punto de conexión y la definición del recorrido definitivo de la línea de media tensión.

Figura 15

Inicio de recorrido y replanteo



Nota: Elaboración Propia.

Figura 16

Estaqueado para izaje de estructuras.



Nota: Elaboración Propia.

Posteriormente, se procedió con la cimentación e izado de postes, así como el montaje de las estructuras de soporte y el tensado de las retenidas para garantizar la estabilidad mecánica de la línea.

Figura 17

Cimentación e izaje de postes.



Nota: Elaboración Propia.

Figura 18

Instalación y flechado de retenida



Nota: Elaboración Propia.

- **Tendido de conductor y equipamiento:** Una vez consolidadas las estructuras, se realizó el tendido y regulado de la flecha del conductor de aleación de aluminio AAAC-50mm². Con la línea desplegada, se instalaron los elementos de maniobra y protección, específicamente los seccionadores tipo cut-out y sus respectivos fusibles de protección contra sobre corrientes.

Figura 19

Tendido de conductor v Flechado de conductor



Nota: Elaboración Propia.

- **Montaje de transformador y sistema de baja tensión:** En esta etapa comprendió el izaje y fijación de los transformadores de distribución de 63 kVA. En paralelo, y como medida de seguridad primordial, se ejecutó el sistema de puesta a tierra (PAT), registrando valores de resistencia óptimos. Posteriormente, se instalaron los tableros de distribución en baja tensión y se procedió con el montaje y conexión de los variadores de frecuencia encargados del control de la carga.

Figura 20

Izaje de Transformador Monofasico Fase-Fase



Nota: Elaboración propia

Figura 21

Traslado y conexión de los variadores de frecuencia



Nota: Elaboración propia

Figura 22

Ejecución y medición de Pozos a Tierra



Nota: Elaboración propia

- **Pruebas de puesta en servicio:** se ejecutó el protocolo de pruebas funcionales. Esto incluyó las pruebas de energización en vacío (sin carga) para verificar el correcto comportamiento de la tensión y la ausencia de anomalías en el transformador, seguidas de las pruebas con carga para evaluar el rendimiento del sistema en condiciones operativas reales y el correcto acoplamiento de los variadores de frecuencia.

Figura 23

Pruebas y Puesta en servicio



Nota: Elaboración propia

4.4.3. Verificación de compatibilidad eléctrica

La compatibilidad del sistema se verificó comparando los parámetros nominales de los equipos seleccionados con los requerimientos eléctricos de las electrobombas. La verificación confirma que el sistema proyectado permite operar las electrobombas trifásicas desde una alimentación monofásica entre fases, manteniendo niveles adecuados de tensión, protección y capacidad de corriente.

Tabla 18: Matriz de compatibilidad del sistema implementado

Elemento verificado	Criterio técnico de compatibilidad	Resultado obtenido
Suministro en media tensión	Red monofásica fase-fase disponible a 22,9 kV para derivación hacia el fundo.	Compatible con la línea primaria proyectada.
Transformador por electrobomba	Potencia requerida por electrobomba de 50 HP y margen por operación con VFD.	Se seleccionó transformador monofásico de 63 kVA por cada electrobomba.
Tablero de fuerza y control	Capacidad de maniobra, protección y seccionamiento en baja tensión.	Compatible con interruptores termomagnéticos y conexión de control propuesto.
Variador de frecuencia	Entrada monofásica 440 V y salida trifásica para motor de 380 V.	Compatible al seleccionarse VFD de 100 HP con capacidad real de 145 A en operación monofásica.
Electrobomba trifásica	Motor de 50 HP, 380 V, 60 Hz y corriente de operación dentro de la capacidad del VFD.	Compatible para operación controlada mediante rampas de aceleración y desaceleración.
Conductores de baja tensión	Capacidad de carga y pérdida de tensión dentro del límite de diseño.	Conductor Cu THW 35 mm ² con caída de tensión menor al criterio de diseño.
Sistema de puesta a tierra	Resistencia del sistema a tierra objetivo menor o igual a 10 Ω .	Compatible con el esquema de protección y seguridad eléctrica.

Nota: Elaboración propia con base en los cálculos de selección de componentes del sistema.

4.4.4. Pruebas operativas de funcionamiento

Para validar la compatibilidad operativa se consideraron pruebas de energización, parametrización del variador de frecuencia y verificación del comportamiento de la electrobomba. Estas pruebas permiten comprobar que el arranque sea progresivo, que la frecuencia nominal se alcance sin sobre corrientes críticas y que el sistema mantenga condiciones de operación estables para el servicio de riego.

Tabla 19: Pruebas operativas de compatibilidad y funcionamiento

Parámetro evaluado	Valor o condición de referencia	Criterio de aceptación	Resultado
Tensión primaria	22,9 kV fase-fase	Debe corresponder al suministro disponible.	Conforme.
Tensión secundaria	440 V monofásico	Debe alimentar correctamente al VFD.	Conforme.
Salida del VFD	380 V trifásico, 60 Hz	Debe coincidir con la placa de la electrobomba.	Conforme.
Corriente del motor	69,90 A referencial	Debe ser menor que la capacidad real del VFD de 142 A.	Conforme.
Rampa de aceleración	15 s	Debe reducir la corriente de arranque y el golpe hidráulico.	Conforme.
Rampa de desaceleración	25 s	Debe reducir transitorios eléctricos e hidráulicos.	Conforme.
Caída de tensión BT	5,92 V	Debe ser menor que 13,2 V, equivalente al 3 % de 440 V.	Conforme.
Puesta a tierra	$\leq 10 \Omega$	Debe cumplir el valor objetivo del diseño.	Conforme.

Nota: Creación propia basado en los parámetros técnicos de diseño y configuración propuestos.

Como resultado, se confirma que el sistema diseñado es compatible con la infraestructura eléctrica existente del fundo San Valentín, porque integra una línea monofásica fase-fase en media tensión, transformadores monofásicos de 63 kVA, protecciones eléctricas, tableros de control y variadores de frecuencia capaces de entregar alimentación trifásica a cada electrobomba.

Capítulo V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de los resultados se desarrolló considerando los objetivos específicos de la investigación, los fundamentos teóricos y los antecedentes relacionados con la conversión de sistemas monofásicos a trifásicos, el empleo de variadores de frecuencia y la alimentación de motores trifásicos en zonas rurales con infraestructura eléctrica limitada. Los resultados obtenidos evidencian que el sistema monofásico entre fases constituye una solución técnica y económicamente viable para el funcionamiento de las electrobombas trifásicas del fundo San Valentín.

5.1. Discusión del diagnóstico del sistema de suministro existente

El diagnóstico inicial permitió determinar que el fundo San Valentín disponía de dos electrobombas trifásicas de 50 HP, con tensión nominal de 380 V y frecuencia de 60 Hz; sin embargo, por la inexistencia de una red trifásica en la zona, estas eran alimentadas mediante un grupo electrógeno diésel de 50 kW. La capacidad del generador solo permitía operar una electrobomba a la vez, imposibilitando el funcionamiento simultáneo de ambas unidades y limitando la continuidad del riego agrícola.

Además, el grupo electrógeno presentaba un consumo aproximado de 10 a 12 litros de diésel por hora. Para una operación promedio de ocho horas diarias durante treinta días al mes, el costo de combustible ascendía aproximadamente a S/ 10 800,00 mensuales por cada electrobomba en funcionamiento, sin considerar los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Estos resultados confirman lo expuesto en las bases teóricas de la investigación, donde se establece que la limitada infraestructura eléctrica de las zonas rurales restringe el uso de cargas trifásicas y obliga a implementar fuentes alternativas de energía que incrementan los costos operativos y reducen la eficiencia del sistema. En el caso estudiado, la dependencia del combustible diésel no solo incrementaba el costo del bombeo, sino que condicionaba la

disponibilidad de agua para el riego, debido a que una sola bomba debía atender las necesidades de extracción y distribución.

Por tanto, el diagnóstico demostró que el problema no estaba relacionado con la capacidad individual de las electrobombas, sino con la fuente de suministro disponible. Las electrobombas trifásicas resultaban apropiadas para la actividad agrícola por su potencia, eficiencia y capacidad de operación continua; no obstante, requerían una alimentación trifásica estable y compatible con sus parámetros nominales. Este resultado justificó el diseño de una solución basada en la utilización de la red monofásica entre fases disponible en media tensión y su conversión posterior a un sistema trifásico.

5.2. Discusión del dimensionamiento y selección de los componentes

El segundo objetivo específico consistió en calcular y seleccionar los componentes del sistema monofásico entre fases. Para ello se consideró una red primaria de 22,9 kV, frecuencia de 60 Hz, factor de potencia de 0,90 y una máxima demanda proyectada de 250 kW. Cada electrobomba representa una demanda aproximada de 56,7 kW, obteniéndose una demanda conjunta de 113,4 kW y una reserva proyectada de 136,6 kW para futuras ampliaciones.

El margen de reserva incorporado constituye un criterio favorable, porque evita que la infraestructura quede dimensionada únicamente para las condiciones actuales. Desde una perspectiva de ingeniería, esta decisión proporciona flexibilidad para incorporar nuevas cargas de bombeo o equipos agrícolas sin reconstruir completamente la línea primaria. No obstante, cualquier ampliación futura deberá verificar nuevamente la capacidad de los conductores, transformadores, protecciones y el punto de suministro.

Para la línea primaria se seleccionó un conductor AAAC de 50 mm², mientras que para cada electrobomba se consideró una subestación aérea monoposte con transformador monofásico de 63 kVA. Esta potencia resulta coherente con la demanda de una electrobomba de 50 HP

y proporciona un margen para cubrir las pérdidas eléctricas y los requerimientos del variador de frecuencia. La selección independiente de un transformador para cada electrobomba mejora la confiabilidad del sistema, debido a que una falla en una unidad no necesariamente obliga a detener la otra.

En baja tensión, el cálculo presentado obtuvo una corriente nominal de 153,959 A y una corriente de diseño de 192,449 A, considerando un factor de seguridad de 1,25. Para un tramo de 50 m se seleccionó un conductor de cobre THW-90 de 35 mm². La caída de tensión calculada fue de 5,92 V, inferior al límite de diseño considerado de 13,2 V, equivalente al 3 % de 440 V. Este resultado demuestra que la sección del conductor permite mantener una tensión adecuada en los terminales del variador de frecuencia, evitando pérdidas excesivas y disminuciones de tensión que puedan afectar el par del motor.

La selección de variadores de frecuencia con entrada monofásica de 440 V y salida trifásica de 380 V permite realizar la conversión necesaria para accionar los motores de las electrobombas. Los equipos proporcionan, además, arranque progresivo, control de velocidad, reducción de la corriente de arranque y protección frente a sobrecarga, cortocircuito, subtensión y sobre temperatura.

Este resultado coincide con Ramos Yangali (2023), quien sostiene que los variadores de frecuencia convierten inicialmente la corriente alterna de entrada en corriente continua y, posteriormente, generan una salida trifásica apropiada para alimentar motores cuando no existe disponibilidad de una fuente trifásica convencional. La coincidencia radica en que ambos estudios reconocen al variador como el elemento principal para adaptar una fuente monofásica a las condiciones requeridas por un motor trifásico.

Asimismo, los resultados guardan relación con Masabanda Pinza (2021), quien consideró técnicamente viable la conversión de un sistema monofásico a uno trifásico para energizar equipos ubicados en zonas que carecen de electrificación trifásica. Sin embargo, existe una

diferencia en la tecnología utilizada: Masabanda analizó elementos pasivos y simulaciones en Matlab/Simulink, mientras que la presente investigación empleó transformadores y variadores de frecuencia e incluyó la implementación física del sistema en una instalación agrícola real.

De igual manera, los resultados son consistentes con la revisión de Marcelino Santee (2022), quien señaló que la conversión de una alimentación disponible mediante dos conductores hacia un sistema trifásico puede resultar conveniente en áreas rurales, especialmente cuando extender una tercera fase reduce la viabilidad económica del proyecto. La presente investigación amplía esta perspectiva al demostrar su aplicación en electrobombas de 50 HP destinadas al riego agrícola.

5.3. Discusión de la compatibilidad técnica y las pruebas operativas

La implementación comprendió la derivación monofásica fase-fase en 22,9 kV, la instalación de dos subestaciones aéreas monoposte de 63 kVA, el montaje de los tableros de fuerza y control, la conexión de los variadores de frecuencia y la habilitación de los alimentadores hacia cada electrobomba.

La verificación de compatibilidad confirmó que la red de media tensión disponible era apropiada para la derivación proyectada y que la potencia de los transformadores permitía alimentar individualmente las electrobombas. También se comprobó la correspondencia entre la capacidad de los tableros, las protecciones, los variadores y los requerimientos eléctricos de las cargas.

En las pruebas operativas se obtuvo conformidad en los principales parámetros evaluados. La tensión primaria fue de 22,9 kV entre fases y la tensión secundaria correspondió a 440 V monofásicos, adecuada para alimentar los variadores de frecuencia. A la salida de estos equipos se verificó una alimentación de 380 V trifásicos y 60 Hz, compatible con los datos

de placa de las electrobombas. Asimismo, la corriente referencial del motor fue de 69,90 A, inferior a la capacidad del variador, establecida en 142 A.

La diferencia entre la corriente del motor y la capacidad del variador proporciona un margen operativo importante, particularmente porque los variadores alimentados con una fuente monofásica pueden requerir sobredimensionamiento en la etapa de entrada. Este margen evita que el convertidor trabaje próximo a su límite térmico y reduce la probabilidad de disparos durante el arranque o ante variaciones moderadas de carga.

La rampa de aceleración se configuró en 15 segundos y la rampa de desaceleración en 25 segundos. Ambas condiciones fueron calificadas como conformes, debido a que el arranque progresivo disminuye la corriente inicial y reduce el golpe hidráulico, mientras que la desaceleración controlada limita los transitorios eléctricos y mecánicos.

Estos resultados coinciden con Quispe Choccelahua (2021), quien determinó que el control de electrobombas mediante variadores de velocidad proporciona una operación más eficiente y suave que los sistemas convencionales de velocidad fija. Asimismo, dicho antecedente señala que los arranques y paradas frecuentes generan sobrecorrientes y esfuerzos térmicos, eléctricos, hidráulicos y mecánicos, mientras que la regulación de velocidad permite adaptar el funcionamiento de la bomba a la demanda real.

La concordancia entre ambos estudios se evidencia en la reducción de los esfuerzos durante el arranque y en la posibilidad de controlar progresivamente la operación del conjunto motor-bomba. Sin embargo, la presente investigación no se limitó al análisis de eficiencia del variador, sino que lo integró dentro de una solución completa conformada por línea de media tensión, transformadores, protecciones, tableros, puesta a tierra y electrobombas.

Los resultados también respaldan lo señalado por Moncrief (2022), quien considera que, cuando la red no dispone de energía trifásica, una alternativa es convertir la energía monofásica disponible en una fuente trifásica para alimentar equipos comerciales e

industriales. En la presente investigación, esta alternativa permitió reemplazar el uso permanente del generador diésel por una solución conectada a la red pública.

No obstante, debe precisarse que las pruebas reportadas en el documento se concentran principalmente en la correspondencia entre los valores nominales, las condiciones de energización y la conformidad operativa. Para fortalecer futuras evaluaciones sería conveniente registrar series temporales de tensión, corriente, factor de potencia, distorsión armónica, temperatura de los devanados, vibraciones y consumo energético durante diferentes regímenes de bombeo. Esto permitiría evaluar el comportamiento del sistema a largo plazo y no solo durante las pruebas de puesta en servicio.

5.4. Discusión de los resultados económicos

La evaluación económica constituye uno de los resultados más relevantes de la investigación, debido a que la elección de la alternativa no podía basarse únicamente en su funcionamiento técnico. El sistema propuesto requirió una inversión inicial de S/ 584 116,00, correspondiente a la línea primaria, las subestaciones, transformadores, variadores, tableros, conductores, sistemas de puesta a tierra, montaje, transporte y puesta en servicio.

La comparación económica mostró que el costo operativo del sistema con grupo electrógeno alcanzaba S/ 273 024,00 durante el primer año, mientras que el costo con suministro eléctrico se redujo a S/ 82 045,04. En consecuencia, se obtuvo un ahorro neto de S/ 190 978,96 durante el primer año de operación.

Esta reducción demuestra que el gasto recurrente en combustible y mantenimiento del grupo electrógeno era considerablemente superior al costo de adquisición de energía eléctrica desde la red. El ahorro obtenido permite compensar gradualmente la elevada inversión inicial y mejora la sostenibilidad financiera del sistema de riego.

Los indicadores económicos determinaron un Valor Actual Neto de S/ 178 296,47, una Tasa Interna de Retorno de 19,38 % y un periodo de recuperación de 2,97 años. Asimismo, la

tesis indica que la inversión se recupera aproximadamente en dos años, once meses y diecinueve días.

El VAN positivo significa que, después de recuperar la inversión y considerar la tasa de descuento, el proyecto genera un beneficio económico adicional. La TIR de 19,38 % supera la tasa de descuento del 10 % utilizada en la evaluación, por lo que la rentabilidad del proyecto resulta aceptable. A su vez, el periodo de recuperación inferior a tres años es favorable frente a la vida útil esperada de la línea, transformadores, tableros y equipos de conversión.

Estos resultados respaldan lo señalado por Masabanda Pinza (2021) y Marcelino Santee (2022), quienes sostienen que las alternativas de conversión monofásica-trifásica pueden reducir los costos de ampliación de redes y de operación de maquinaria en sectores rurales. La presente investigación aporta evidencia económica específica para una instalación agrícola, al demostrar que el ahorro en combustible permite recuperar la inversión dentro de un horizonte razonable.

Sin embargo, los resultados económicos dependen de determinados supuestos, como el precio del combustible, la tarifa eléctrica, las horas de funcionamiento, la inflación del 3 %, la tasa de descuento y los costos de mantenimiento proyectados. Por ello, cualquier variación significativa en estos factores podría modificar el VAN, la TIR y el periodo de recuperación. Pese a esta limitación, la diferencia entre los costos operativos de ambas alternativas es suficientemente amplia para sostener la conveniencia económica del sistema implementado.

5.5. Contrastación de la hipótesis

La hipótesis de investigación estableció que la implementación de un sistema eléctrico monofásico entre fases permitiría el funcionamiento de las dos electrobombas trifásicas del fundo San Valentín.

Los resultados permiten aceptar la hipótesis, debido a que se verificó la compatibilidad entre la derivación monofásica fase-fase de 22,9 kV, los transformadores monofásicos de 63 kVA, los tableros, las protecciones, los variadores de frecuencia y las electrobombas trifásicas de 50 HP. La salida de los variadores alcanzó 380 V trifásicos y 60 Hz, coincidiendo con los parámetros nominales de los motores, mientras que las pruebas de arranque y desaceleración fueron calificadas como conformes.

Además, el sistema diseñado eliminó la restricción técnica impuesta por el grupo electrógeno, cuya capacidad solo permitía operar una electrobomba. La configuración implementada asigna una subestación y un variador a cada unidad, proporcionando capacidad para alimentar ambas electrobombas y mejorar la continuidad del riego.

Desde el punto de vista económico, la hipótesis también queda respaldada porque la solución redujo los costos operativos aproximadamente en 70 % anual y presentó indicadores financieros favorables: VAN positivo, TIR superior a la tasa de descuento y recuperación de la inversión en 2,97 años.

Debe señalarse que la contrastación realizada es principalmente técnica, operativa y descriptiva. El documento no reporta una prueba estadística inferencial ni un conjunto extenso de mediciones repetidas antes y después de la implementación. Por ello, la aceptación de la hipótesis se sustenta en la conformidad de los parámetros eléctricos, la capacidad de operación de los equipos y la comparación económica entre las alternativas.

5.6. Aporte de la investigación

El principal aporte de la investigación consiste en demostrar que es posible alimentar electrobombas trifásicas de alta potencia en una zona rural sin red trifásica convencional mediante una derivación monofásica entre fases, transformadores monofásicos y variadores de frecuencia.

A diferencia de los estudios centrados únicamente en simulaciones, revisión de topologías o análisis individual de convertidores, la presente investigación integra el diseño eléctrico y mecánico de la línea primaria, la selección de transformadores, conductores, estructuras, protecciones, tableros, puesta a tierra, variadores y cargas finales. Además, incorpora la implementación, la verificación de compatibilidad y la evaluación económica.

La solución también posee potencial de replicabilidad en fundos agrícolas con condiciones semejantes, siempre que exista una red monofásica de media tensión próxima, se determine la disponibilidad de potencia y se efectúen los estudios particulares de demanda, caída de tensión, cortocircuito, coordinación de protecciones y puesta a tierra.

Capítulo VI : CONCLUSIONES

- Se diagnosticó que el sistema actual de suministro eléctrico del fundo San Valentín depende de un grupo electrógeno diésel de 50 kW, equivalente aproximadamente a 62,5 kVA, el cual solo permite operar una electrobomba trifásica de 50 HP. Esta condición limita la continuidad del sistema de riego y genera un gasto mensual aproximado de S/ 10 800 en combustible por cada bomba en operación e impidiendo el funcionamiento simultáneo de ambas unidades.
- Se calculó y seleccionó técnicamente el sistema de alimentación monofásico entre fases, considerando una red primaria de 22,9 kV, con conductor AAAC de 50 mm², dos subestaciones aéreas monoposte equipadas con transformadores monofásicos de 63 kVA, dispositivos de protección en media y baja tensión, tableros eléctricos y variadores de frecuencia 100 HP con entrada monofásica de 440 V y salida trifásica de 380 V. Estos componentes permiten obtener una alimentación adecuada para las electrobombas trifásicas de 50 HP, cumpliendo criterios de capacidad de carga, caída de tensión, protección y seguridad eléctrica.
- La evaluación económica demostró que el diseño propuesto es viable y rentable, debido a que se obtuvo un Valor Actual Neto positivo de S/ 178 296,47 y una Tasa Interna de Retorno de 19,38 %. Asimismo, el periodo de recuperación de la inversión es de 2,97 años. Confirmando que el desembolso inicial de S/ 584 116,00 se recupera en un plazo razonable mediante el ahorro generado por la reducción del consumo de combustible diésel.
- La implementación del sistema diseñado permite verificar la compatibilidad entre la infraestructura eléctrica existente confirmaron que la derivación monofásica fase-fase en 22,9 kV, los transformadores de 63 kVA, los variadores de frecuencia y los tableros de control son plenamente compatibles con las electrobombas trifásicas de 50 HP. Por

tanto, el sistema monofásico entre fases con conversión a trifásico constituye una alternativa técnica adecuada para garantizar la operación estable, segura y operativa del fundo San Valentín.

Capítulo VII : RECOMENDACIONES

- Se sugiere tomar en cuenta la investigación sobre el impacto a largo plazo que produce la alimentación trifásica simulada sobre el aislamiento térmico y esfuerzo mecánico en los rodamientos de las electrobombas de 50 HP, evaluando si se reduce la vida útil en comparación con una red trifásica convencional.
- Se abre la posibilidad de investigar la implementación de un sistema que integre fuentes de energía renovable, como paneles fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores, acoplados al sistema monofásico entre fases mediante inversores y sistemas de almacenamiento de energía (baterías). Por lo que este enfoque permitiría reducir aún mas los costos operativos y disminuir la dependencia de la red eléctrica, especialmente en zonas rurales.
- Aunque el sistema actual funciona eficientemente mediante el control local de los variadores de frecuencia, queda como una línea de investigación abierta el diseño de un sistema SCADA supervisado por tecnología IoT. Esta mejora permitirá el monitoreo remoto y en tiempo real de parámetros críticos, tanto eléctricos (voltaje, corriente, factor de potencia y consumo) como hidráulicos (caudal, presión y nivel de pozo). Donde la implementación de esta plataforma puede logra optimizar la toma de decisiones, prevenir fallas y mejorar la gestión del agua y la energía en el fundo.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se haga un análisis detallado de la calidad de energía del sistema implementado, ya que el uso de variadores de frecuencia introducen distorsión armónica en la red eléctrica, donde el problema de investigación es realizar un análisis detallado de calidad de energía del sistema implementado, midiendo el contenido armónico (THD-I y THD-V) en el punto de conexión a la red de media tensión y evaluando la necesidad de incorporar filtros activos o pasivos que mitiguen los armónicos y mejoren el factor de potencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

Abdelsalam A., A., & Basma A., M. (2022). *Improving energy efficiency and economics of motor-pump-system using electric variable-speed drives for automatic transition of working points*. Estados Unidos: Science Direct. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107607>

AMPINVT. (2022). *Cómo las bombas de agua solares trifásicas pueden mejorar la eficiencia agrícola*. Obtenido de https://www.ampinv.com/blog/how-3-phase-solar-water-pumps-can-improve-agricultural-efficiency/?utm_source=chatgpt.com

Aro Aro, A. A. (2022). *Evaluación del sistema de bombeo y mejoramiento para riego presurizado de la comunidad Tanapaca - Ilave*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d8f2cd3e-4743-4791-9766-76682b523b95/content>

Aztete Alvarez, G. H. (2018). *Mejora de la eficiencia energética en los sistemas de bombeo por variación del flujo*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3238>

Bhingoli, A. G., Shivkuma, & Veerendra. (2025). *IoT-Based DOL Starter for 3-Phase Water Pump in Agriculture*. Kalaburagi: International Journal of Innovative Science and Research Technology. Obtenido de <https://doi.org/10.38124/ijisrt/25dec123>

Brati, H., Khaledian, M., Biglouei, M., & Rizi, A. P. (2018). *Assessment of Energy Efficiency in Pump Stations of Pressurized Irrigation Systems (Case Study: Qazvin and Kermanshah Provinces)*. Suiza. Obtenido de <https://doi.org/10.22004/ag.econ.292547>

Brealey, R. M. (2020). *Principios de finanzas corporativas (13ª ed.)*. McGraw-Hill.

Cedillo Uvidia, J. R., & Samaniego Bueno, V. L. (2021). *Sistema SCADA para variables eléctricas de motores trifásicos mediante buses de campo e IOT*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21423/1/UPS-GT003534.pdf>

Condor Socualaya, A. J. (2021). *Cálculo analítico de una máquina de inducción trifásica para accionar una bomba de aguas residuales en ESSALUD – La Oroya – Junín*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7314/T010_48197003_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FAO. (2024). *Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/i3015s/i3015s.pdf>

- Fernandez Fernandez, A. (2022). *Diseño de sistema de bombeo con energía solar para reducir el costo energético en el cultivo de maíz en Batangrande, Lambayeque*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5320>
- Guerrero Vilcapoma, D., & Gutarra Baldeón, C. (2021). *Propuesta de un programa de cosecha de agua frente a la escasez del recurso hídrico en la microcuenca Yanama, en el Distrito de Yauli, provincia de Yauli - La Oroya 2021*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10654/1/IV_FIN_107_TE_Guerrero_Vilcapoma_2021.pdf
- Igor Borisovich, T. (2022). *Problems of energy efficiency of pumps and pumping systems*. Estados Unidos. Obtenido de <http://iopscience.iop.org/1757-899X/233/1/012002>
- International Electrotechnical Commission. (2026). *IEC 60034-1*. Obtenido de https://webstore.iec.ch/en/iec_catalog/product/preview/?id=L3B1Yi9wZGYvcHJldmldy9pbmZvX2llyZyWMDM0LTF7ZWQxNS4wfWVuLnBkZg==
- Lyndon, K. (2019). *Energía trifásica: La primera opción para la energía de riego*. Estados Unidos: Extensión de la Universidad Estatal de Michigan. Obtenido de https://www.canr.msu.edu/news/three_phase_power_the_first_choice_for_irrigation_energy?utm_source=chatgpt.com
- Marcelino Santee, M. (2022). *Una revisión de los métodos de conversión monofásica a trifásica para el suministro de cargas rurales*. Niteroi, Brazil: Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos (SBSE). Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8395539>
- Masabanda Pinza, B. F. (2021). *Conversión de un sistema eléctrico monofásico a trifásico balanceado mediante elementos pasivos como alternativa para energización de equipos*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19790>
- Ministerio de Economía y Finanzas . (2021). *DIRECTIVA GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE PROGRAMACIÓN*. Lima.
- Moncrief, W. (2022). *Aplicación práctica y selección de convertidores monofásicos a trifásicos*. Fort Worth, TX, USA: Proceedings of Rural Electric Power Conference. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/495249>
- OSINERGMIN. (2022). *Determinación de los costos estándares de operación y mantenimiento de las instalaciones de distribución eléctrica*. Lima.
- OSINERGMIN-Electronorte. (04 de Mayo de 2026). *Pliegos tarifarios aplicados al cliente final*. Obtenido de OSINERGMIN: <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=140000>
- PEOT. (20 de Julio de 2023). *Gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/peot/noticias/806573-peot-y-asociaciones->

productivas-del-valle-viejo-de-olmos-promueven-la-electrificacion-de-sus-sistemas-de-riego

- Pérez Ferras, G. T. (2020). *Metodología para evaluar la eficiencia del sistema de bombeo de agua en la sede “Oscar Lucero Moya” de la Universidad de Holguín*. Cuba: Revista de investigación latinoamericana. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11763/rilco06bombeo-agua-holguin>
- Quispe Choccelahua, J. F. (2021). *Análisis de la eficiencia energética de electrobombas controlados por variadores de velocidad*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2973>
- Ramos Yangali, J. R. (2023). *Análisis, modelamiento y simulación de un convertidor monofásico a trifásico para aplicaciones de accionamiento de velocidad variable*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/10321>
- Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia*.
- Rashid, M. H. (2017). *Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones (4ta ed)*. Mexico: Pearson Educación.
- Requena Marcelo, D. M. (2022). *Mejoramiento del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararin – provincia de Recuay – departamento de Ancash – I Etapa*. Huacho, Perú: Universidad Nacional Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6190/Requena%20Marcelo,%20Deiby%20Mijail_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sabogal Abril, R. (2022). *Optimización de energía en sistemas de bombeo*. Colombia.
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Schneider Electric. (2023).

ANEXOS

ANEXO 01: Factibilidad de Suministro y Punto de Diseño



Firmado Digitalmente por:
AGUILAR CALVANAPON Jaso Ytalo PAU
20103117500 scR
Razón: SOY AUTOR DEL DOCUMENTO
Distribuido: DISTRILUZ
Fecha: 07/12/2021 17:55:59

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Chiclayo, 07 de diciembre de 2021

ENSA-GT-APG-0975-2021

Expediente: 20210212015610

Señor(a)
MORENO RODRÍGUEZ LUCAS
PROPIETARIO DEL PRIEDIO
Chiclayo - Chiclayo
Lambayeque -

Asunto : FACTIBILIDAD DE SUMINISTRO Y FIJACIÓN DE PUNTO DE DISEÑO PARA EL PREDIO FUNDO SAN VALENTÍN DEL SR. LUCAS MORENO RODRÍGUEZ

Referencia : a) SOLICITUD N° 25103354100 DEL 30 DE NOVIEMBRE DEL 2021
b) EMAIL: MANOLOTAFURL@GMAIL.COM

De nuestra consideración:

Por medio de la presente nos dirigimos a usted para hacerle llegar nuestro cordial saludo, y en atención a su solicitud de factibilidad de suministro y fijación de punto de diseño para suministrar energía eléctrica al Predio de su propiedad, con una Máxima Demanda proyectada de **250,000W**, ubicado en el Sector Pasaje Norte, Distrito de Olmos, Provincia y Departamento de Lambayeque, manifiesto que:

El predio del Sr. Lucas Moreno Rodríguez se encuentra dentro de la zona de concesión de la Empresa, siendo factible suministrar energía eléctrica al referido predio tal como se detalla en el Informe técnico N° D-296-2021, para tal efecto los interesados deberán llegar con sus instalaciones hasta un punto de la red de media tensión que opera bajo nuestra administración, en concordancia con la indicada en el Art° 34, literal a de la Ley de Concesiones Eléctricas.

Por tanto, puede encargar la elaboración del Proyecto de Sistema de Utilización en Media Tensión (Incluye Sistema de Medición y Protección); el cual deberá de partir del siguiente Punto de Diseño:

Estructura estacura de media tensión, con código NTCSE N° 200144176, ubicada en la Localidad La Esperanza, Distrito de Olmos, perteneciente al alimentador OLM-201 del Sistema Eléctrico Chiclayo Nor Este. Se adjunta diagrama de edificación.

Con el presente documento se deja sin efecto la factibilidad N° ENSA-GT-APG-0938-2021, y en informe técnico N° D-296-2021, emitida el 24 noviembre 2021, por cambio de máxima demanda y punto de inesimo, a solicitud de los interesados.

El presente documento no acredita propiedad el cargo alguno, sido tiene carácter informativo-técnico, el mismo tendrá validez solamente con el Informe Técnico N° D-312-2021, hasta diciembre del año 2021.

Buenos Informantes:

Como parte del Plan en curso para mejorar los servicios institucionales de nuestra empresa, los informantes con en Electrónica S.A. no realizamos ningún tipo de cobro por los trámites administrativos con unidad Melas. Al igual al tener el código QR adjunto en la parte inferior del presente documento o colocando el código QR adjunto en el navegador <https://hidrodina.com.pe/SistemaCatalaVerificacion> e ingresando el código QR adjunto.

- Portal Web: www.msediluzdistriluz.com
- Email: pe_msediluz@hws.com
- Llamada telefónica: 080014422 - (05211-6334) - (05211-6831)
- Entrevista y Consultoría: Av. Santa Rosa N° 143 - 143 telero - Ica

Sin otro particular, quedo de usted.



Según lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-0770-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 028-2010-PCM. Puede indicar la autenticidad e integridad del documento generado a través del código QR adjunto en la parte inferior del presente documento o colocando el código QR adjunto en el navegador <https://hidrodina.com.pe/SistemaCatalaVerificacion> e ingresando el código QR adjunto.

Para un próximo trámite, señalar el número de expediente: 20210212015610
ENSA: Jr. Cillac 675-Plaza, ENSA, Ensa San Martín 2770-Chiclayo.
ENWA, Jr. San Martín 831-Sigüra, ELCTO, Jr. Amatazas 441-Chiclayo.
SEDE LIMA: Av. Carretera Real N° 348, Torro El Pitar, Plaz. Us-Lima.

1 de 2

- En el caso de requerimiento de electrificación de pozos de agua subterránea, los propietarios de los Pozos tubulares presentarán como requisito previo para el servicio eléctrico la **Resolución Administrativa de Otorgamiento de Licencia de Uso de Agua Subterránea**, expedida por la Administración Técnica del Distrito de Riego respectivo para el cumplimiento de la Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752
- Se deberá considerar que las conexiones en media tensión en la red de Electronorte S.A. se realizarán en caliente; o de lo contrario deberá coordinar con el área de operaciones para adecuarse al programa de mantenimiento establecido.
- La emisión del presente documento es solamente para fines de proyecto, y que estos cumplan con las normas técnicas vigentes, sin que ello signifique una autorización para la realización de las obras de electrificación.
- El proyecto deberá ser elaborado por un Ingeniero electricista o Ingeniero mecánico electricista, debiendo adjuntar su certificado de habilidad profesional y teniendo en cuenta las consideraciones para la elaboración del estudio indicadas en el Anexo A.

Recomendaciones

- El Proyectista elaborará el estudio correspondiente considerando la interconexión en Media Tensión; con sistema de medición acorde a lo estipulado por la Resolución OSINERGMIN N° 206-2013-OS/CD, a las características de las cargas por alimentar y cumpliendo aspectos técnicos - económicos necesarios.
- **Antes de la elaboración del Estudio, sírvase coordinar con el Área de Administración de Proyectos para fijar las consideraciones Técnicas, Tamaño de la(s) Subestación(es) y los detalles de las especificaciones técnicas de suministro; asimismo deberá coordinar con el Área Comercial respectiva para definir el sistema de medición; deberá tener en cuenta que éstas coordinaciones son de carácter OBLIGATORIA y REQUISITO indispensable para la presentación del Expediente Técnico.**
- En el Proyecto se deberá justificar la máxima demanda con un diagrama de carga típico para el Sistema de Utilización, que comprenda en un período de 24 horas la participación de los diferentes equipos y/o máquinas.
- El tipo de Medidor deberá ser electrónico que contenga un puerto RS485; deberá ser coordinado con el área Comercial de Clientes Mayores de Electronorte S.A.
- Los equipos electromecánicos y electrónicos suministrados por el propietario, deberán contar con los protocolos de prueba emitidos por los fabricantes.
- La(s) subestación(es) y estructuras de Media Tensión deberán estar debidamente rotuladas de acuerdo a la codificación que se indique; además llevarán su respectiva señal de advertencia de peligro.
- Para determinar el nivel de aislamiento de las redes y línea primarias deberá aplicarse lo establecido por la norma IEC 815 de acuerdo al nivel de contaminación ambiental de la zona.
- Las bajadas a los transformadores y Cut Out`s deben ser con conductor de Cobre desnudo, temple duro de 50mm² (sección mínima.).
- Toda derivación de las troncales y bajadas a Cut Out`s debe de hacerse mediante conectores tipo "C". (Siempre que ambos conductores a conectarse sean del mismo material).



INFORME TECNICO N° D - 313 - 2021

(PAG. 03)

A continuación se señalan las condiciones técnicas de sistema de utilización primaria a tener en cuenta:

Condiciones Técnicas para la elaboración del proyecto de Sistema de Utilización de Media Tensión

TENSIÓN DE DISEÑO:

- | | |
|--|---|
| ☐ 1.- 10-22,9 kV., 3Ø | ☐ 4.- 22.9 kV., 3 Ø. |
| ☒ 2.- 22.9 kV. Monofásico fase - fase. | ☐ 5.- 13.2kV, monofásico retorno por tierra. |
| ☐ 3.- 22.9 kV. Trifásico / Monofásico fase fase | ☐ 6.- 22.9 KV - 2Ø. 02 - hilos |
| ☒ 1.- 65 m. Urbano | ☐ 2.- Según topografía RURAL |
| ☒ 1.- Concreto C.A.C. | |

VANO PROMEDIO :

ESTRUCTURAS :

(Altura según disposición de Conductores y zonas a Recorrer)

- | | |
|---|---------------------------------|
| ☒ A 13 m. | ☐ B 12m. |
| ☐ C | |
| ☐ 2.- Madera tratada Importada | ☐ B 12m. |
| ☐ A 13 : | |

Tratamiento de la madera

PROTECCION DE POSTE DE CONCRETO :

- | | |
|---|---|
| ☐ 1.- Preservado en vacío | ☒ 2.- -Aditivo Impermeabilizante. |
| ☒ 1.- -Aditivo inhibidor de la corrosión. | |
| ☒ 3.- -Recubrimiento sistema duplo | |

ACCESORIOS :

- | | |
|---|--|
| ☐ 1.- Cruceta simétrica | ☒ 2.- Ménsulas |
| ☐ 3.- Cruceta asimétrica | ☒ 4.- Otros |
| ☐ 1.- Cobre desnudo duro (25mm2. Sección mín.) | ☒ 2.- Aleación de Aluminio (AAAC 50 mm² de Secc. mín.) |
| ☐ 3.- Aluminio (ASCR) | ☐ 4.- Cable de Acero Gdo. |

CONDUCTORES :

AISLADORES :

- | | |
|--|---|
| ☐ 1.- Clase ANSI 56-2, tipo PIN | ☐ 5.- Clase ANSI 52-3, Susp. (2 x cad.). |
| ☐ 2.- Clase ANSI 56-3, tipo PIN | ☐ 6.- Clase ANSI 52-3, Susp. (3 x cad.). |
| ☐ 3.- Clase ANSI 56-4, tipo PIN | ☒ 7.- Poliméricos Retención (anclaje). Línea de fuga mínima de 900mm (anclaje). |
| ☒ 4.- Porcelana o Poliméricos (Híbridos), tipo pin (Línea de fuga mínima de 900 mm). | ☒ 8.- Aislador polimérico para retenida. |

FERRETERIA :

- | | |
|--|--|
| ☒ 1.- F°G° en caliente | ☒ 2.- Preformes, Varilla de armar, Cinta Plana de armar. |
|--|--|

FUSIBLE CORTACIRCUITO (nivel de altitud requerido)

- | | |
|---|---|
| ☐ 1.- Unipolar 38KV - 100A, 170 KV - BIL | ☒ 2.- Unipolar 27KV, 100A, 150KV BIL, polimérico línea de fuga no menor de 900mm. |
|---|---|

PARARRAYOS

- | | |
|--|--|
| ☐ 1.- Oxido de zinc (ZnO), 21kV, COV 17 KV, 10KA, 625mm (fase-tierra), Clase 2. | ☐ 2.- 12KV;10KA autoválvula |
|--|--|

CABLES

- | | |
|---|---|
| ☒ 1.- Seco Unipolar N2XSY | ☐ 2.- Seco Unipolar N2AXSY |
|---|---|

PUESTA A TIERRA :

- | | |
|---|--|
| ☒ 1.- Varilla Copperweld | ☒ B. Solución Higroscópica ecológica |
| ☐ A. Sal, carbón vegetal y tierra agrícola | |



t. 074 48-1210 Call Center 074 48-1200
d. Calle San Martín N° 250
Chiclayo - Perú
e-mail: electronorte@distriluz.com.pe Web: www.distriluz.com.pe/ensa



INFORME TECNICO N° D - 313 - 2021

(PAG. 04)

EQUIPO DE PROTECCIÓN MEDIA TENSION PARA INSTALACIÓN EXTERIOR (AL INICIO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN ANTES DEL SISTEMA DE MEDICION).

- ☒ 1.- Equipo de protección de falla a tierra 24 kV – 400A, 150 kV BIL – 12.5kA

- ☐ 2.- Transformador de Corriente Toroidal uso exterior.
-Encapsulado en resina
-Tensión nominal 600V.
-Relación 100/1A.
-Clase 1.0
-Burden 5 VA

SUBESTACION (Según Potencia)

- ☐ 1.- Biposte
☐ 3.- En Caseta
☐ 5.- Compacta

- ☐ 2.- Monoposte
☐ 4.- Silleta.
☒ 6.- Según Proyecto.
Línea de fuga mínima de los bushing $\geq 900\text{mm}$.

TRANSFORMADOR

(Según Potencia)

- ☒ 1.- ONAN, grupo conexión
☐ 2.- Tipo SECO

- ☒ 2.- Electromagnético

INTERRUPTORES (Según Potencia)

- ☒ 1.- Termomagnético
☐ 2.- NH

MEDICION MEDIA TENSION :

- ☒ 1.- Transformador Mixto de Medida 1Ø Fase - Fase, C.P. :0,2s
-Tensión Nominal de Servicio 22.9kV.
-02 bobinas de tensión.
-02 bobinas de corriente.
-Doble Relación de corriente.

- 2.- Transformador mixto de medida 3Ø, C.P.:0,2S
-Tensión Nominal de Servicio 22.9V),
-02 bobinas de tensión.
-02 bobinas de corriente.
-Doble Relación de corriente.

Financiamiento

El Sistema de Utilización requerido, será ejecutado por cuenta de los interesados.

Normatividad

El Proyecto debe sujetarse a las normas de la D.G.E., especialmente a las reglas estipuladas en el Código Nacional de Electricidad, principalmente en lo que corresponde a distancias mínimas de seguridad.

Operatividad

El Mantenimiento y operatividad de la infraestructura eléctrica Proyectada será de responsabilidad de los interesados.

Conclusiones

La solicitud cumple con las disposiciones de La Ley de Concesiones Eléctricas (D.L. 25844), su Reglamento (D.S. 009-93-EM); y Normas vigentes aprobadas por la Dirección General de Electricidad, por lo que se recomienda otorgar el documento de la referencia.

El presente documento no acredita propiedad ni cargo alguno, sólo tiene carácter informativo-técnico, el mismo tendrá validez con el informe técnico N° D-313-2021, hasta noviembre del año 2023.

Chiclayo,

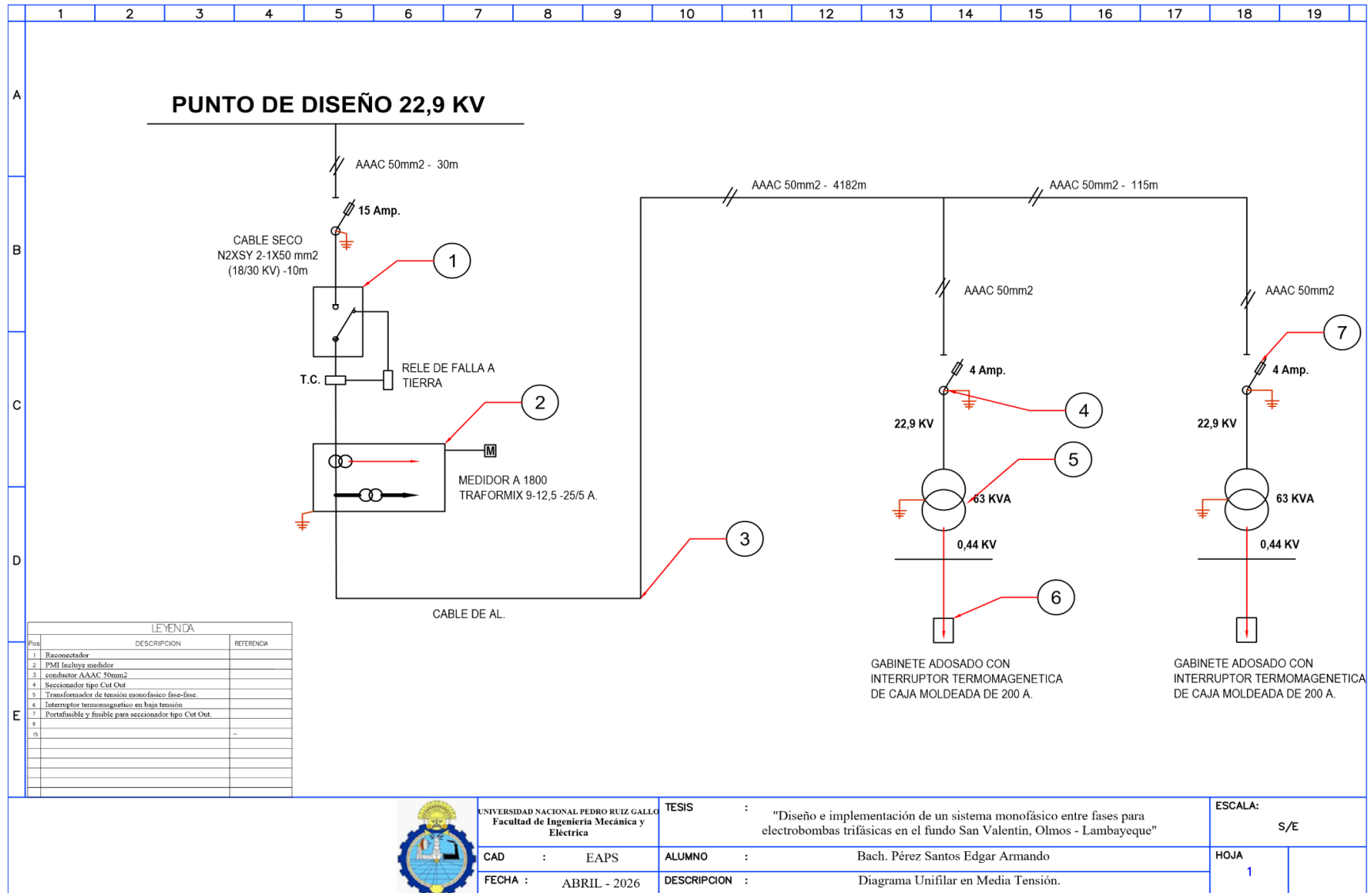
EBB/JCCD.

Firmado digitalmente por
CORDOVA
DOMINGUEZ
Julio Cesar FAU
30103117560
soft
Fecha:
2021.12.07
13:08:43 -0500

t. 074 48-1210 Call Center 074 48-1200
d. Calle San Martín N° 250
Chiclayo - Perú
e-mail: electronorte@distriluz.com.pe Web: www.distriluz.com.pe/ensa



ANEXO 02: Diagrama Unifilar



LEYENDA

Post	DESCRIPCION	REFERENCIA
1	Transformador de tensión monofásico fase-fase.	
2	Interruptor termomagnético en baja tensión	
3	conductor Cu 35mm²	
4	Interruptor termomagnético en baja tensión	
5	Variador de frecuencia	
6	Conector de Cu 3x1-35mm² n2xoh.	
7	Electrobomba Sumergible de 50 HP	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

LEYENDA		
Pos	DESCRIPCION	REFERENCIA
1	Transformador de tensión monofásico fase-fase.	
2	Interruptor termomagnético en huja tensión	
3	conductor Cu 35mm ²	
4	Interruptor termomagnético en huja tensión	
5	Varidor de frecuencia	
6	Conector de Cu 3x1-35mm ² n2xoh.	
7	Electrobomba Sumergible de 50 HP	
9		
15		--



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y
Eléctrica

CAD	:	EAPS
-----	---	------

FECHA :	ABRIL - 2026
---------	--------------

o TESIS	:	"Diseño e implementación de un sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, Olmos - Lambayeque"
---------	---	---

ALUMNO	:	Bach. Pérez Santos Edgar Armando
--------	---	----------------------------------

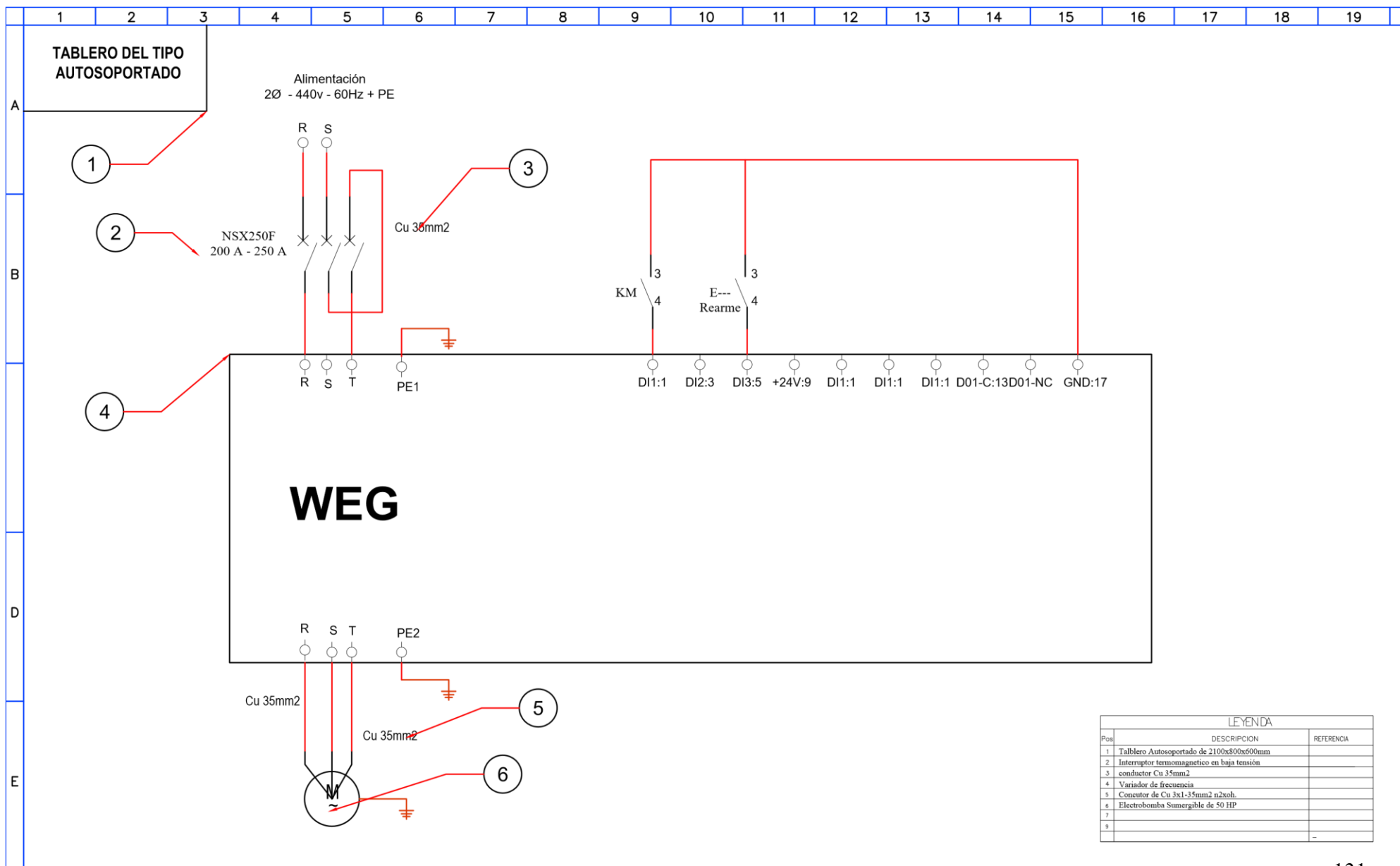
DESCRIPCION :	Diagrama Unifilar en Baja Tensión.
---------------	------------------------------------

ESCALA:	130
---------	-----

S/E

HOJA

2



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

CAD : EAPS

FECHA : ABRIL - 2026

TESIS : "Diseño e implementación de un sistema monofásico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, Olmos - Lambayeque"

ALUMNO : Bach. Pérez Santos Edgar Armando

DESCRIPCION : Diagrama Multifilar, Tablero de Fuerza para Electrobomba de 50 HP

ESCALA: 131
S/E

HOJA
3

ANEXO 03: Catálogo de los Componentes del Sistema Unifilar

	TABLA DE DATOS TÉCNICOS PARA SECCIONADORES POLIMERICOS	CODIGO: DT-R-01-02 VERSION 00 Fecha: 01/11/19
---	---	---

SISTEMA	DISTRIBUCION	TIPO	CUT OUT	MODELO	STCOR – 27/38
---------	--------------	------	---------	--------	---------------

ITEM	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR GARANTIZADO
	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION		
1	País de procedencia		PERU
2	Fabricante		SILICON TECHNOLOGY
3	Normas		ANSI C-37.40/41/42
4	Modelo		STCOR 27/38
5	Características de Fabricación		
	Material Aislante del cuerpo del seccionador		Goma de silicona
	Material de la Platina de contacto		Cobre electrolítico plateado
	Material de bornes		Bronce estañado
6	Dimensiones:		
	Longitud del seccionador (Borne – Borne)	mm	445
	Longitud de Línea de Fuga Mínima (base-borne)	mm	750
	Distancia de Arco	mm	235
7	Valores Eléctricos:		
	Corriente Nominal	A	200
	Tensión Nominal	KV	27/38
	Corriente de Cortocircuito Simétrica:	KA	8
	Corriente de Cortocircuito Asimétrica:	KA	10
	- Tensión de Impulso Positivo (BIL)	KV	150
	- Tensión de Impulso Negativo	KV	180
	-Flashover en Seco a 60 HZ	KV	70
	-Flashover en Húmedo a 60 HZ	KV	60
	-Nivel de radio Influencia a 1.0 Mhz	uV	10 a 20 Kv
	- Nivel de tracking ASTM D 2303 –IEC 60587	KV	6 @36h
	- Clase de contaminación IEC 815	*	IV
	- Prueba de envejecimiento IEC 1109-C	H	5000
8	Tubo porta fusible		
	País de procedencia		PERU
	Fabricante		SILICON TECHNOLOGY
	Norma		ANSI C-37.40/41/42
	Tensión nominal	KV	27/38
	Corriente nominal	A	200
	Corriente de Cortocircuito Simétrica:	KA	8
	Corriente de Cortocircuito Asimétrica:	KA	10
9	Accesorios de fijación		
	País de procedencia		PERU
	Fabricante		SILICON TECHNOLOGY
	Tipo de fijación		B
	Material		Acero
	Norma de material		ASTM A575
	Norma de galvanizado		ASTM A153
10	Peso bruto por caja	Kg	7.0

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interrupor Automático ComPact NSX250F TMD200 Regulable 140-200 A 3P3D

CS2F3TM200

Principal

Gama	ComPact nueva generación
Nombre del Producto	ComPact NSX
Nombre Corta del Dispositivo	NSX250F
Tipo de Producto o Componente	Interrupor automático
Aplicación del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número de Polos	3P
Descripción de polos protegidos	3D
corriente nominal (In)	200 A en 40 °C
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz
tipo de red	CA
Frecuencia de Red	50/60 Hz
apto para seccionamiento	Si acorde a IEC/IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A
poder de corte	85 kA Icu en "220/240 V" CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 30 kA Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 35 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 30 kA Icu en 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 32 kA Icu en 525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 8 kA Icu en "660/690 V" CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 85 kA Icu en 240 V CA 50/60 Hz acorde a UL 90947-4-1 35 kA Icu en 480 V CA 50/60 Hz acorde a UL 90947-4-1 15 kA Icu en 600 V CA 50/60 Hz acorde a UL 90947-4-1
poder de corte	F 30 kA 415 V CA
unidad de control	TMD
tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
funciones de protección de unidad de control	LI
Tipo de Control	Maneta
Circuit breaker mounting mode	Fijo

Complementario

[U] tensión asignada de aislamiento	800 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interrupor Automático ComPacT NSX160F TMD125 Regulable 87-125 A 3P3D

C16F3TM125

Principal

Gama	ComPacT nueva generación
Nombre del Producto	ComPacT NSX
Nombre Corto del Dispositivo	NSX160F
Tipo de Producto o Componente	Interrupor automático
Aplicación del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número de Poles	3P
Descripción de polos protegidos	3D
Corriente nominal (In)	125 A en 40 °C
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz
tipo de red	CA
Frecuencia de Red	50/60 Hz
apto para seccionamiento	Si acorde a EN/IEC 60947-3
Categoría de empleo	Categoría A
poter de corte	65 kA, Icu en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 35 kA, Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 35 kA, Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 35 kA, Icu en 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 25 kA, Icu en 525 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 9 kA Icu en 690/690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-3 65 kA, Icu en 240 V CA 50/60 Hz acorde a UL 60947-4-1 35 kA, Icu en 480 V CA 50/60 Hz acorde a UL 60947-4-1 15 kA, Icu en 600 V CA 50/60 Hz acorde a UL 60947-4-1
poter de corte	7.35 kA, 415 V CA
unidad de control	TMD
tecnología de unidad de disparo	Técnica-magnética
funciones de protección de unidad de control	LI
Tipo de Control	Maneta
Circuit breaker mounting mode	Fijo

Complementario

[Ue] tensión asignada de aislamiento	690 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV

HOJA DE DATOS

Convertidores de Frecuencia



Características principales

Referencia	: CPW580G2-180T-HB30G2
Código de producto	: 154H460
Referencia del producto	: CPW580 G2
Módulo accesorio (control)	: CPW580-IOG

Datos básicos

Tensión nominal de entrada	: 380-480 V
Tensión mínima/máxima de entrada	: 320-528 V
Número de fases	
- De entrada	: 3
- De salida	: 3

Rango de tensión de alimentación	380-480 V	
Regimen	Sobrecarga Normal (ND)	Sobrecarga Pesada (HD)
Corriente nominal	180 A	180 A
Corriente de sobrecarga para 60 s	198,0 A	213,0 A
Corriente de sobrecarga para 3 s	370,0 A	384,0 A

Motor aplicable máximo:

Voltaje/frecuencia	Potencia (HP/kW) [1]	
	Sobrecarga Normal (ND)	Sobrecarga Pesada (HD)
380V / 50Hz	125 / 90	108 / 75
380V / 60Hz	125 / 90	108 / 75
400V / 50Hz	125 / 90	108 / 75
400V / 60Hz	125 / 90	108 / 75
440V / 50Hz	155 / 110	108 / 75
440V / 60Hz	155 / 110	108 / 75
460V / 50Hz	155 / 110	125 / 90
460V / 60Hz	155 / 110	125 / 90

Módulo accesorio (control)	: CPW580-IOG
Frenado recortático [2]	: Estándar sin frenado recortático
Alimentación externa de la electrónica en 24Vcc	: No disponible
Parada de seguridad	: Preparado para utilizar el módulo de seguridad (G2)
Filtro RFI interno	: Sin filtro
Filtro RFI externo	: No disponible
Inductor do Link	: SI
Tarjeta e memoria	: No incluido en el producto
Puerto USB	: Solamente con plug-in
Frecuencia de la red	: 50/60Hz
Rango de Frecuencia de la red (mínima-máxima)	: 48-62 Hz
Desbalanceo de fase	: Menor o igual a 3% de la tensión de línea nominal de entrada
Tensiones transientes y sobretensiones	: Categoría III
Corriente de entrada monofásica [3]	: No aplicable
Corriente de entrada trifásica [3]	: 173,8 A
Factor de potencia típico de entrada	: 0,94
Factor desplazamiento típico	: 0,98
Rendimiento típico en condiciones nominales	: η 97%
Número máximo de interrupciones en la energización por hora	: 10 (1 a cada 6 minutos)
Alimentación de potencia en corriente continua	: Permite
Frecuencia de conmutación estándar	: 2,5 kHz
Frecuencia de conmutación seleccionable	: 2,5 y 15 kHz
Ratio tiempo real	: No disponible
Función Copy	: SI, por MMF o plug-in o HMI alfanumérica
Potencia disipada:	

Tipo de montaje	Sobrecarga	
	ND	HD
En superficie	1570 W	1570 W
En traza	No aplicable	No aplicable

Fuente disponible para el usuario

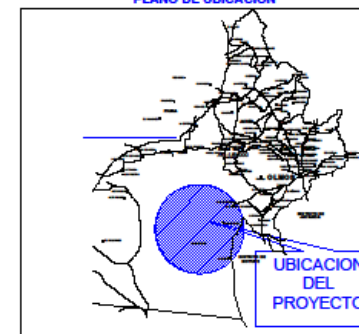
Tensión de salida	: 24 Vcc
Capacidad máxima	: 150 mA

Datos de control/rendimiento

Alimentación	: Fuente de alimentación conmutada
Métodos de Control - Motor de inducción	: V/F, VVW, Sensorless, Encoder y VVW Pfd
Interfaz encoder	: Solamente con plug-in
Frecuencia de salida del control [5]	: 0-508 Hz

[1] en condiciones ambientales estándar con valores nominales. [2] datos.

ANEXO 04: Plano del Recorrido de la línea



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	carretera de CAS 12, 1405/1406/1407, Ejecutado
	construcción PAF, Ejecutado
	Sub, instalaci3n ABRAC, Ejecutado
	Perforaci3n inclinada, Ejecutado
	Perforaci3n vertical, Ejecutado
	Perforaci3n inclinada en Puesta ancladora, no incluye varilla de anclaje
	Puesta a tierra del tipo PAT-01, Ejecutado
	Puesta a tierra del tipo PAT-01, Ejecutado
	Conductor de elacci3n de alerisco AAAG, Ref. primerio Colaboraci3n
	Conductor AAAG 35 mm ² , Ejecutado
	Vara 3/8" 20TALL = 75 Tls culture
	carretera de CAS 12, 1405/1406/1407, Ejecutado

COORDENADAS UTM					
CUADRO DE ARMAZONES Y COORDENADAS UTM (WGS 84) DE LINEA MET 22.1 KM					
PUNTO	CONDUCTOR	TIPO	DISTANCIA	COORDENADA X	COORDENADA Y
P0	AL EXISTENTE	P0	00	806493	8287384
P1	AL ASAC 40m/s	P1	00	806287	8287384
P2	NL AHVC 40m/s	E1	40	806287	8287384
P3	AL ASAC 40m/s	E2	75	806472	8287384
P4	AL ASAC 40m/s	E3	75	806494	8287384
P5	AL ASAC 40m/s	E2	86	806493	8287394
P6	AL ASAC 40m/s	E2	53	806473	8287440
P7	AL ASAC 40m/s	E1	09	806340	8287888
P8	AL ASAC 40m/s	E1	08	806318	8287435
P9	AL ASAC 40m/s	E1	09	806388	8287383
P10	AL ASAC 40m/s	E1	80	806580	8287330
P11	AL ASAC 40m/s	E2	30	806574	8287688
P12	AL ASAC 40m/s	E1	06	806574	8287587
P13	AL ASAC 40m/s	E1	08	806574	8287118
P14	NL AHVC 40m/s	E1	06	806574	8287586
P15	AL ASAC 40m/s	E1	08	806574	8286840
P16	AL ASAC 40m/s	E1	47	806598	8286840
P17	AL ASAC 40m/s	E1	85	806577	8286876
P18	AL ASAC 40m/s	E1	05	806526	8286438
P19	NL AHVC 40m/s	E1	05	806536	8286864
P20	AL ASAC 40m/s	E1	05	806572	8286971
P21	AL ASAC 40m/s	E1	00	806594	8286489
P22	AL ASAC 40m/s	E1	53	806591	8285854
P23	AL ASAC 40m/s	E1	35	806586	8285274
P24	NL AHVC 40m/s	E1	06	806587	8284558
P25	AL ASAC 40m/s	E1	08	806480	8283263
P26	AL ASAC 40m/s	E1	09	806482	8283020
P27	NL AHVC 40m/s	E1	09	806580	8283020
P28	AL ASAC 40m/s	E1	09	806583	8283187
P29	NL AHVC 40m/s	E1	08	806588	8283187
P30	AL ASAC 40m/s	E1	08	806583	8283188
P31	AL ASAC 40m/s	E1	06	806570	8283189
P32	AL ASAC 40m/s	E1	09	806588	8283135
P33	AL ASAC 40m/s	E1	80	806478	8283118
P34	AL ASAC 40m/s	E1	08	806583	8283153
P35	AL ASAC 40m/s	E1	08	806583	8283153
P36	AL ASAC 40m/s	E1	08	806583	8283153
P37	NL AHVC 40m/s	E1	54	806578	8283072
P38	AL ASAC 40m/s	E1	29	806578	8283081
P39	NL ASAC 40m/s	E1	09	806570	8283189
P40	AL ASAC 40m/s	E1	19	806570	8283189
P41	AL ASAC 40m/s	E1	28	806586	8283577

	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo			
	Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica			
TESIS: "Diseño e implementación de un sistema montaónico entre fases para electrobombas trifásicas en el fundo San Valentín, Omos - Lambayeque"				
PLANO: Plano de Recorrido de la Línea				
LACALIDAD: Lambayeque	ESCALA: 1:5000	ELABORADO: Ing. Pedro Sánchez Salgado	FECHA: 2018	S/N
DISTRITO: PROVINCIA: DEPARTAMENTO:	CAD: R.F.P.	REVISADO: Mg. Dr. Carlos José Córdova Sandoval	APROBADO:	

ANEXO 05: Sustento de Costos y Cotizaciones Referenciales



WEB : www.iaisac.com
RUC : 20601630061
E-MAIL : proyectos@iaisac.com
RPC : 961881605
FIJO : 074 - 323375

COTIZACION: IAIAC-EVM 2025-250 REV0

DESCRIPCION

FECHA: 6/03/2025

EMPRESA : MT
ATENCION : Ing. Manolo Tafur
RUC : 20487964353
DIRECCION :

CARGO :

ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UNIDAD	METRADO TOTAL	PRECIO UNITARIO \$/.	SUBTOTAL SUMINISTRO \$/.
1.00		ARRANQUE PARA DOS ELECTROBOMBA SUPERFICIAL DE 50HP/440VAC					\$/ 79,581.50
1.01		TABLERO AUTOSOPORTADO DE 2000X600X600MM, IP54, FABRICADO EN PLANCHAS DE 2MM DE ESPESOR (ESTRUCTURA, ZOCALO, TRAVESAS, PLACA DE MONTAJE Y PUERTA) Y 1.5MM DE ESPESOR (TECHO, PISOS, PANELES LATERALES Y POSTERIOR) PINTADO COLOR RAL 7035, INCLUYE PLACA DE MONTAJE NACIONAL. INCLUYE ACCESORIOS DE CONTROL.	IAISAC	UND	2.00	8100.00	16,200.00
1.02	E29F56363	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR DE CAJA MOLDEADA DE 160-250A / 30KA-400V MODELO DWB160N160-3DF, REF: 11631381	SCHNEIDER	UND	2.00	1550.00	3,100.00
1.03	E29F56340	VARIADOR DE VELOCIDAD MODELO CFWS500 DE 100HP/380.480VAC, 142A, REF:15448492, IP20 - WEG	WEG	UND	2.00	21000.00	42,000.00
1.04	E29F56216	JUEGO DE FUSIBLES ULTRA-RAPIDOS DE 250A @R Y SECCIONADOR TRIPOLAR NH00 DE 250A	SCHNEIDER	UND	6.00	276.00	1,656.00
1.05	12075682	JUEGO DE LAMPARAS LUMINOSAS DE CUERPO PLASTICO (FUNCIONANDO - DETENIDO - ALARMA	WEG	UND	4.00	14.15	56.60
1.06	E29R36225	SELECTOR DE 3 POSICIONES DE PERILLA CORTA, 2NA, CUERPOS PLASTIC	SCHNEIDER	UND	2.00	22.20	44.40
1.07	JVT3-160	PARADA DE EMERGENCIA DE CUERPO PLASTIC	ROGY	UND	2.00	22.25	44.50
1.08		CONDUCTOR THW-90, CANALIZACIONES, TERMINALES Y ACCESORIOS DE BAJA TENSION.	MIGUELEZ	GBL	1.00	9200.00	9,200.00
1.09		MATERIALES PARA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, VARILLAS PARA RETENIDAS, CONECTORES Y CAJAS DE REGISTRO, INCLUYE MANO DE OBRA POR INTEGRACION DE TABLERO.	IAISAC	UND	1.00	7280.00	7,280.00
2.00		SUMINISTRO DE MATERIALES PARA MT					\$/ 175,420.00
2.01		CONDUCTOR AAAC 50MM2 PARA LINEA MONOFASICA FASE-FASE 22.9KV		GBL	1.00	42000.00	42,000.00
2.02		POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO PARA RED PRIMARIA	TPCH	UND	37.00	1800.00	66,600.00
2.03		ACCESORIOS DE CONCRETO (CRUCETA, MEDIA LOZA, PALOMILLA) Y FERRETERIA PARA ARMADO EN MT		GBL	1.00	25000.00	25,000.00
2.04		AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN 36KV	SILICON	UND	80.00	180.00	14,400.00
2.05		SECCIONADOR TIPO CUT OUT 36 KV, 100A, KV BIL 150	SILICON	UND	4.00	1250.00	5,000.00
2.06		PARARRAYO POLIMERICO 24 KV	SILICON	UND	4.00	980.00	3,920.00
2.07		FUSIBLES, CONECTORES, GRAPAS Y ACCESORIOS DE MEDIA TENSION		GBL	1.00	7500.00	7,500.00
2.08		ESTRUCTURA MONOPPOSTE, SOPORTES, RETENIDAS Y ACCESORIOS PARA SUB ESTACION		GBL	1.00	11000.00	11,000.00
3.00		SERVICIO POR MONTAJE					\$/ 97,900.00
3.01		REPLANTEO, EXCAVACIONES, CIMENTACION, INSTALACION DE RETENIDAS Y ANCLAJES PARA LINEA DE MT		GBL	1.00	27000.00	27,000.00
3.02		IZAJE DE POSTES, TENDIDO DE CONDUCTOR Y MONTAJE ELECTROMECANICO DE LINEA		GBL	1.00	31000.00	31,000.00
3.03		MONTAJE Y VESTIMENTA DE DOS SUB ESTACIONES MONOPPOSTE DE 63 KVA		GBL	2.00	5500.00	11,000.00
3.04		INSTALACION, CONEXIONADO Y PROGRAMACION DE VARIADORES DE FRECUENCIA		GBL	2.00	4750.00	9,500.00
3.05		INSTALACION, TRATAMIENTO, Y MEDICION DE POZOS A TIERRA		GBL	1.00	4200.00	4,200.00
3.06		PRUEBAS ELECTRICAS, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN SERVICIO		GBL	2.00	2100.00	4,200.00
3.07		SUPERVISION DE OBRA, INGENIERIA DE DETALLE, PLANOS, PERMISOS.		GBL	1.00	11000.00	11,000.00
COSTO (sin igt)							352,901.50
IGV (18%)							63,522.27
COSTO TOTAL (incluido igt)							416,423.77

INGENIERIA MT SAC

RUC N° 20487964353

Mz "H", Lt 3, Urb. Las Palmas – Chiclayo – Lambayeque

Teléfono: 074 - 201261

Celular: 97-8129698 manolotafurl@gmail.com

ORDEN DE COMPRA MT - 046 - 2025

Chiclayo, 02 de Marzo del 2025

SEÑORES:

COMPANÍA ELECTRO ANDINA SAC

Atención : ING. JOSE LUIS VIDAURRE SANTAMARIA

POR LA PRESENTE, SIRVANSE ATENDERNOS LA SGTE. ORDEN DE COMPRA, EN EL SUMINISTRO DE LOS SIGUIENTES EQUIPOS:

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
		UNIT	CANT		
1	TRANSFORMADOR MONOFASICO TIPO T1DO DE 63KVA, 22,9/0,46-0,23KV, 60Hz, 1000msnm, LF 900mm	Eq	2	5,234.29	10468.59
	SUB - TOTAL			\$	10,468.59
	IGV (18%)			\$	1,884.41
	TOTAL INCLUIDO IGV			\$	12,353.00

SON: DOCE MIL TERCIENTOS CINCUENTA Y TRES CON 00/100 DOALRES AMERICANOS

CONDICIONES TECNICAS:

COTIZACIÓN N° 001 - 00003385, DEL 02 DE **MARZO** DEL 2025

CONDICIONES COMERCIALES:

- EL PRECIO TOTAL INCLUYE EL IMP. GENERAL A LAS VENTAS DE 18%
- FORMA DE PAGO:
1ER ADELANTO 2DO ADELANTO
- PLAZO DE ENTREGA:
30 DIAS (CONTABILIZADO CON LA ORDEN DE COMPRA)

\$	10,000.00
\$	2,353.00

4. FACTURACION:

A NOMBRE DE: INGENIERIA MT SAC

RUC: N° 20487964353

DOMICILIO: MZ H, LT 03, URBANIZACIÓN LAS PALMAS

CHICLAYO / CHICLAYO / LAMBAYEQUE

Atentamente;