



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

### INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Evaluación del impacto de la generación distribuida  
en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo”**

**Autor:**

**Bach. Gimi Paolo Mundaca Guerra**

**Asesor:**

**M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2026**



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

### INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Evaluación del impacto de la generación distribuida  
en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo”**

**Autor:**

**Bach. Gimi Paolo Mundaca Guerra**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE** : M.Sc. Ing. Juan Antonio Tumialan Hinostroza  
**SECRETARIO** : M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez  
**MIEMBRO** : M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oviden Nuñez  
**ASESOR** : M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2026**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**TESIS**

**TÍTULO:**


**“Evaluación del impacto de la generación  
distribuida en la confiabilidad del Alimentador  
C-218 - Chiclayo”**

**CONTENIDOS**


<b>CAPITULO I</b>	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
<b>CAPITULO II</b>	: MARCO TEÓRICO.
<b>CAPITULO III</b>	: MARCO METODOLÓGICO.
<b>CAPITULO IV</b>	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
<b>CAPITULO V</b>	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**Bach. Gimi Paolo Mundaca Guerra**

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Ing. Juan A. Tumialan Hinostroza  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Ing. Héctor Antonio Oviden Nuñez  
MIEMBRO

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera  
ASESOR

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2026**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN



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



### ACTA DE SUSTENTACION N°0165-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día viernes 12 de junio 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°093-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 05 de junio 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- |   |            |
|---|------------|
| • M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA | PRESIDENTE |
| • M.Sc. Ing. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ         | SECRETARIO |
| • M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ      | MIEMBRO    |
| • M.Sc. Ing. JONY WILLALOBOS CABRERA          | ASESOR     |

Se recibió la Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA CONFIABILIDAD DEL ALIMENTADOR C-218 – CHICLAYO."**

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MUNDACA GUERRA GIMI PAOLO.**

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 (16) en la escala vigesimal, mención BUENA. 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 10:50 del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
MIEMBRO

  
M.Sc. Ing. PERCY EDUAR NIÑO VÁSQUEZ  
SECRETARIO

  
M.Sc. Ing. JONY WILLALOBOS CABRERA  
ASESOR



## CARTA DE ORIGINALIDAD

ANEXO 01

### CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **"EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA CONFIABILIDAD DEL ALIMENTADOR C-218 - CHICLAYO"**.

Cuyo autor es, **GIMI PAOLO MUNDACA GUERRA**, identificado con documento de identidad **N° 40485773** declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **18%**, 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 18 de junio del 2020



.....  
**M.SC. ING. JONY VILLALOBOS CABRERA**

**DNI: 10099530**

**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

## REPORTE DEL TURNITIN

### Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad EAN</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>chapingo.orex.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Fundacion Universidad de San Andres</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

  
M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CARRERA  
DNI 10000520  
Docente Asociado  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo



## 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:	Gimi Paolo Mundaca Guerra
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confi...
Nombre del archivo:	TESIS_FINAL_05.03.20_CORREGIDO_1.docx
Tamaño del archivo:	8.33M
Total páginas:	116
Total de palabras:	14,791
Total de caracteres:	81,414
Fecha de entrega:	01-may-2020 11:34a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2949806146

UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS  
Para optar el título profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

"Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Ministerio C-018 - Chóyale"

Año:

Elab. Gimi Paolo Mundaca Guerra

Año:

M.Sc. Ing. Vilmarino Celentano Arco

LAMBAYEQUE - PERÚ  
2020

M. Sc. Ing. **VILMARINO CELENTANO ARCO**  
D.N.E. 15800030  
Docente Asociado  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

## DEDICATORIA

“Dedico este trabajo, a mis hijos, **Daniela, Ethan y Liam,**

Por ser la razón para continuar en este camino profesional, todo mi amor hacia ellos.

Este logro que hoy dedico es la materialización de un sueño compartido. Con esta tesis, no solo celebro mi crecimiento académico, sino también el valor de la familia y el compromiso. Gracias por ser la fuerza motriz para perseverar y alcanzar esta meta.”

Bach. Gimi Paolo Mundaca Guerra

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido el pilar de mi vida y mi carrera profesional.

A mi amada esposa **Elena**, gracias por tu apoyo incondicional, por tu paciencia infinita y por ser mi mayor inspiración. Tu amor me ha dado la fuerza para superar cada obstáculo. Este logro es tan tuyo como mío.

A mis queridos padres **Telésforo** y **Nilda** gracias por haberme inculcado los valores de esfuerzo y perseverancia, y por no dejarme rendir nunca. Su amor, sacrificio y guía han sido base fundamental de todo lo que he conseguido.

De igual manera, extendiendo mi gratitud a mi asesor de Tesis M.Sc. Ing. Jony Villalobos, por su valiosa dirección, paciencia y sus atinadas correcciones que enriquecieron significativamente el contenido de esta investigación.

Bach. Gimi Paolo Mundaca Guerra

## RESUMEN

El alimentador C-218, se ubica en la ciudad de Chiclayo, distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Este circuito obtuvo una energía total activa para el mes de marzo de 1,2 MW-h. Posee una caída de tensión del 5,86 % además un 3,46 % de pérdidas de energía en la transmisión. El objetivo general de esta investigación es evaluar el impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 – Chiclayo. Las conclusiones a que se arriba con esta investigación son: La confiabilidad del Alimentador C-218 – Chiclayo en el año 2024, es SAIDI 8,88, SAIFI 5,83, CAIDI 1,58 y ASAI 99,89, valores que están por encima de lo normado por el OSINERGMIN. Además, el alimentador está llegando a cubrir su potencia total, por lo que para aliviar esta sobrecarga se requiera una potencia de 0,5 MW, el tipo de sistema de generación distribuida a instalar es el Sistema de Generación Fotovoltaica, los componentes que involucra el Sistema de Generación Distribuida Fotovoltaica, un transformador de potencia de 600 kVA, 1368 Paneles Fotovoltaicos Powest 360 Wp 38 V, 195 estructuras elevadas, 03 Cuadros DC nivel II, los indicadores de confiabilidad del Alimentador C-218, después de instalar el Sistema de Generación Distribuida Fotovoltaico son: SAIDI 6,58, SAIFI 3,53, CAIDI 1,38 y ASAI 99,83, valores que se encuentran dentro del rango que estipula el OSINERGMIN. El Presupuesto Total que se requiere para llevar a cabo la instalación del Sistema de Generación Distribuida Fotovoltaica es de S/ 2 097 779,57, con un costo de generación de la energía de S/ 0,296/kWh. Además, se refleja una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 18,08%, así como un Valor Actual Neto (VAN) de S/.4 815 472,523 evidencia claramente que el Proyecto es económicamente viable

**PALABRAS CLAVES:** Sistema de generación distribuida, Alimentador,

## Generación Fotovoltaica

## **ABSTRACT**

Feeder C-218 is located in the city of Chiclayo, Chiclayo district and province, Lambayeque department. This circuit generated a total active energy of 1.2 MWh in March. It has a voltage drop of 5.86% and transmission losses of 3.46%. The overall objective of this research is to evaluate the impact of distributed generation on the reliability of Feeder C-218 in Chiclayo. The conclusions reached in this research are: The reliability of Feeder C-218 in Chiclayo in 2024 is SAIDI 8.88, SAIFI 5.83, CAIDI 1.58, and ASAI 99.89, values that exceed the standards set by OSINERGMIN. Furthermore, the feeder is reaching its full capacity, so to alleviate this overload, an additional 0.5 MW of power is required. The type of distributed generation system to be installed on Feeder C-218 is the Photovoltaic Generation System. The components involved in the Photovoltaic Distributed Generation System are a 600 kVA power transformer, 1368 Powest 360 Wp 38 V Photovoltaic Panels, 195 Elevated Structures, 3 Level II DC Panels. The reliability indicators of Feeder C-218, after installing the Photovoltaic Distributed Generation System, are SAIDI 6.58, SAIFI 3.53, CAIDI 1.38, and ASAI 99.83, values that are within the range stipulated by OSINERGMIN. The total budget required to install the Distributed Photovoltaic Generation System is S/. 2,097,779.57, with an energy generation cost of S/ 0.296/kWh. Furthermore, an Internal Rate of Return (IRR) of 18.08% and a Net Present Value (NPV) of S/. 4,815,472.52 clearly demonstrate that the project is economically viable.

**KEYWORDS:** Distributed generation system, Feeder, Photovoltaic generation

## ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	4
CARTA DE ORIGINALIDAD .....	5
REPORTE DEL TURNITIN .....	6
DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTO.....	9
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	12
ÍNDICE .....	13
ÍNDICE DE TABLAS .....	16
ÍNDICE DE FIGURAS .....	17
INTRODUCCIÓN .....	18
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1. Realidad Problemática .....	19
1.2. Formulación del Problema.....	23
1.3. Hipótesis.....	23
1.4. Delimitación de la Investigación .....	23
1.5. Justificación e Importancia del estudio .....	23
1.6. Limitaciones de la Investigación .....	24
1.7. Objetivos de estudio .....	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	25
2.1. Antecedentes de Estudios .....	25
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	36
2.2.2. Definiciones Conceptuales .....	40
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	42
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	42
3.2. Población y muestra .....	42
3.3. Técnicas de muestreo .....	42
3.4. Métodos y Técnicas de investigación .....	43
3.5. Descripción de los instrumentos utilizados.....	43
3.6. Análisis estadístico e interpretación de los datos .....	44
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	45
4.1. Diagnóstico de la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo .....	45

4.2. Tipo de generación distribuida a instalar en el Alimentador C-218 – Chiclayo .....	54
4.3. Cálculo y selección de los componentes del sistema de generación distribuida .....	57
4.4. Nuevos indicadores de confiabilidad del Alimentador C-218, después de implementar la generación distribuida .....	73
4.5. Evaluación económica que involucra el sistema de generación distribuida .....	75
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
5.1. Conclusiones .....	83
5.2. Recomendaciones .....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86
ANEXOS .....	87
Anexo 01: Diagrama Unifilar del Alimentador C-218 .....	88
.....	88
Anexo 02: Datos Técnicos Módulos Solares .....	89
.....	89
Anexo 03: Datos Técnicos Inversor .....	90
Anexo 04: Datos Técnicos Cuadro I .....	91
Anexo 05: Datos Técnicos Cuadro II .....	92
Anexo 06: Minera Pv Transformadores Para Sistemas Fv .....	94
Anexo 07: Soporte De Paneles Fotovoltaicos .....	95
Anexo 08: Cable Indeco- N2XY .....	96
Anexo 09: Cable Indeco- NA2XSA2Y-S .....	97
Anexo 10: Fusible Fotovoltaico 1000 VD,1-20A .....	98
Anexo 11: Protección Contra Sobretensiones PSM40PV .....	99
Anexo 12: Interruptor Serie NSX DC PV SCHNEIDER ELECTRIC .....	100
Anexo 13: Fusible gPV NH 1000V .....	101
Anexo 14: Vigilante ISO-CHECK PV CPT .....	102
Anexo 15: Interruptores Serie NSX DC PV SCHNEIDER ELECTRIC .....	103
Anexo 16: Protección Contra Sobretensión .....	104
Anexo 17: Vigilante de Aislamiento AC(IT) .....	105
Anexo 18: Circuit Breaker Compact NS1250N .....	106
Anexo 19: Serie de Contenedores PV Box ST .....	107
Anexo 20: Plano de ubicación del Sistema de Generación Distribuida .....	108
Anexo 21: Plano de distribución del Sistema de Generación Distribuida .....	110

Anexo 22: Plano del Diagrama Unifilar del Sistema de Generación Distribuida  
.....112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de variables .....	41
<b>Tabla 2:</b> Fallas en Alimentador C-218 en el año 2024 .....	46
<b>Tabla 3:</b> Indicadores de Confiabilidad .....	53
<b>Tabla 4:</b> Balances de Potencia del Alimentador C-218 en el año 2024 .....	53
<b>Tabla 5:</b> Criterios de Selección.....	56
<b>Tabla 6:</b> Resultados del método de ponderación.....	57
<b>Tabla 7</b> Cálculo de hora solar pico (HSP).....	58
<b>Tabla 8:</b> Combinación de paneles para atacar inversor.....	62
<b>Tabla 9:</b> Especificaciones del transformador .....	65
<b>Tabla 10:</b> Separación entre filas de paneles.....	67
<b>Tabla 11.</b> Cálculo del conductor entre string y cuadros nivel I .....	70
<b>Tabla 12:</b> Cálculo del conductor entre DC Box II y el inversor .....	71
<b>Tabla 13:</b> Cálculo del conductor entre el inversor y el transformador .....	72
<b>Tabla 14</b> Cálculo del conductor entre transformador hasta la red .....	72
<b>Tabla 15:</b> Comportamiento del Alimentador C-218, con el Sistema de Generación Distribuida.....	74
<b>Tabla 16:</b> Indicadores de Confiabilidad.....	75
<b>Tabla 17:</b> Presupuesto para la instalación de la Central Fotovoltaica .....	76
<b>Tabla 18:</b> Presupuesto para la instalación del sistema de acoplamiento y protección .....	77
<b>Tabla 19:</b> Presupuesto de obras civiles .....	78
<b>Tabla 20:</b> Presupuesto Total .....	79
<b>Tabla 21:</b> Evaluación Económica (precios en \$/ ) .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Número de Usuarios Afectados .....	48
<b>Figura 2:</b> Duración de la interrupción .....	48
<b>Figura 3:</b> SAIDI .....	49
<b>Figura 4:</b> SAIFI.....	50
<b>Figura 5:</b> CAIDI .....	51
<b>Figura 6:</b> ACAI (%).....	52
<b>Figura 7:</b> Agrupaciones de strings en paralelo .....	63
<b>Figura 8:</b> Agrupación de inversor con transformador de 3 devanados .....	65
<b>Figura 9:</b> Configuración del Central Solar Fotovoltaica .....	66
<b>Figura 10:</b> Separación entre filas de paneles .....	67
<b>Figura 11:</b> Disposición de los componentes en la Central Fotovoltaica .....	69

## INTRODUCCIÓN

La generación distribuida, es crucial para proporcionar energía donde se requiere el suministro de energía eléctrica. Estos sistemas no solo ofrecen una solución efectiva para comunidades remotas, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y a la independencia energética.

En el primer capítulo se discute el problema a solucionar, es decir conocer cuál es el impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218. Esto da como resultado la creación del objetivo general y la propuesta de los objetivos específicos para lograrlo.

En el Capítulo II de esta tesis, se ofrecen y se detallan los antecedentes que abarcan los estudios que han sido llevados a cabo sobre este tema específico, los cuales proporcionan un sólido respaldo y fundamentación para la alternativa de solución que ha sido propuesta en este trabajo. De manera similar, se expone la teoría que está directamente vinculada con el tema objeto de estudio de la investigación que se está llevando a cabo.

En el tercer capítulo, se detalla de manera exhaustiva el procedimiento que se llevará a cabo para la recopilación y el procesamiento de la información, así como también se describen las diversas herramientas que se emplearán en este proceso. En el cuarto capítulo se presentan los resultados alcanzados, y la selección de los equipos, el cálculo del costo del sistema planificado y la evaluación de indicadores financieros.

Las conclusiones y sugerencias se exponen en el quinto capítulo.

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

La confiabilidad de las líneas de media tensión es crucial en el sistema eléctrico, ya que impacta directamente en la seguridad, eficiencia y continuidad del suministro eléctrico. A continuación, se detallan los aspectos más importantes relacionados con esta confiabilidad. La confiabilidad en las líneas de media tensión asegura que la energía eléctrica llegue de manera continua y sin interrupciones a los usuarios. Esto es fundamental para sectores críticos como hospitales, industrias y centros de datos, donde cualquier corte puede tener consecuencias graves. La realización de pruebas y el mantenimiento regular son esenciales para identificar problemas antes de que se conviertan en fallas catastróficas. Esto incluye inspecciones visuales y pruebas eléctricas que aseguran el buen estado de los cables y equipos. Un mantenimiento adecuado reduce el riesgo de cortes no programados y prolonga la vida útil de los activos eléctricos. Un sistema eléctrico confiable minimiza las pérdidas de energía, lo que se traduce en un menor consumo y costos operativos. La eficiencia energética es un aspecto clave para las empresas que buscan optimizar sus recursos y reducir su huella ambiental. Cumplimiento Normativo: Las líneas de media tensión deben cumplir con normativas específicas que garantizan su seguridad y funcionamiento adecuado. El cumplimiento de estas regulaciones no solo evita sanciones legales, sino que también mejora la reputación de las empresas involucradas en la distribución eléctrica. La implementación de dispositivos protectores contra sobretensiones es vital para salvaguardar la infraestructura eléctrica. Estos dispositivos ayudan a desviar picos de voltaje que podrían dañar equipos críticos, asegurando así una mayor estabilidad del sistema eléctrico. (PROMELSA, 2024)

La problemática de la confiabilidad en las líneas de media tensión a nivel mundial se manifiesta a través de diversos desafíos técnicos, operativos y ambientales que afectan la calidad del suministro eléctrico. A continuación, se presentan las principales problemáticas identificadas: Las caídas de tensión son un problema crítico que afecta la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico. Estas caídas pueden ser causadas por sobrecargas en las líneas, lo que resulta en una disminución de la calidad de la energía suministrada. Esto no solo afecta a los usuarios finales, sino que también puede provocar daños a los equipos eléctricos. Los fallos a tierra son una causa común de interrupciones en el suministro eléctrico. Estos pueden ocurrir debido a diversos factores, como el envejecimiento del aislamiento de los cables, la presencia de objetos extraños o condiciones climáticas adversas. La identificación y corrección temprana de estos fallos son esenciales para prevenir cortes prolongados y garantizar la continuidad del servicio. Muchas redes eléctricas, especialmente en regiones en desarrollo, operan con infraestructura obsoleta que no puede soportar las demandas actuales. Esto aumenta el riesgo de fallas y disminuye la confiabilidad del suministro eléctrico. La modernización y el mantenimiento adecuado son necesarios para mejorar la situación. El mantenimiento inadecuado o la falta de monitoreo continuo contribuyen a la disminución de la confiabilidad. Las pruebas eléctricas periódicas y el monitoreo del estado de los cables son prácticas recomendadas para detectar problemas antes de que se conviertan en fallas significativas. Las interrupciones en el suministro eléctrico no solo afectan a los consumidores, sino que también generan pérdidas económicas significativas para las empresas proveedoras de energía debido a sanciones regulatorias y costos asociados con reparaciones y

compensaciones por cortes. (Serrano Carhuallanqui, 2019)

La problemática de la confiabilidad de las líneas de media tensión en Perú se manifiesta a través de varios desafíos que afectan la calidad del suministro eléctrico. A continuación, se detallan las principales cuestiones identificadas: Las líneas de media tensión en Perú enfrentan problemas significativos debido a sobretensiones atmosféricas. Estas pueden causar daños en la infraestructura eléctrica y afectar la continuidad del servicio. La correcta instalación de sistemas de protección, como pararrayos y dispositivos limitadores de sobretensión, es esencial para mitigar estos riesgos. En muchas regiones, especialmente en áreas rurales, la infraestructura eléctrica es antigua y no está adecuadamente mantenida. Esto aumenta el riesgo de fallas y disminuye la confiabilidad del suministro eléctrico. La modernización de los sistemas y el mantenimiento regular son cruciales para mejorar esta situación. El Perú presenta una diversidad geográfica que incluye zonas montañosas y áreas propensas a fenómenos naturales como deslizamientos y sismos. Estas condiciones pueden afectar las líneas de media tensión, provocando cortes en el suministro eléctrico y dificultando el acceso para el mantenimiento. La falta de un programa riguroso de inspección y mantenimiento contribuye a la disminución de la confiabilidad. Las empresas eléctricas deben implementar revisiones periódicas y pruebas diagnósticas para identificar problemas antes de que se conviertan en fallas significativas. El cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales es fundamental para garantizar la seguridad y confiabilidad del servicio eléctrico. Sin embargo, en algunas ocasiones, las empresas no cumplen con los estándares establecidos, lo que puede resultar en fallas operativas y sanciones económicas. (Trigoso Yarlaque, 2021)

El alimentador conocido como C-218 se encuentra localizado en la ciudad de Chiclayo, que forma parte tanto del distrito como de la provincia que llevan el mismo nombre, dentro del departamento de Lambayeque. La medición de la distancia que se extiende desde la salida del alimentador C-218 hasta el punto de la SED que se encuentra más distante, al seguir la ruta troncal establecida, nos proporciona un valor específico que equivale a 2.31 kilómetros. Además, al considerar toda la extensión de la red en su totalidad, se determina que la longitud acumulada es de 9.64 kilómetros. Durante el mes de marzo, este circuito logró generar una cantidad total de energía activa que alcanzó los 1,2 megavatios-hora (MW-h). Presenta una reducción en el voltaje que alcanza el 5,86 %, y además, registra un 3,46 % de pérdidas de energía durante el proceso de transmisión.

Los factores que contribuyen a que la confiabilidad del Alimentador C-218 sea baja es como consecuencia al incremento de la Máxima Demanda y a la caída de tensión.

Las consecuencias que traería consigo, si es que no mejoramos la confiabilidad del Alimentador C-218 es la interrupción del servicio, generan pérdidas económicas significativas para las empresas proveedoras de energía debido a sanciones regulatorias y costos asociados con reparaciones y compensaciones por cortes.

Las variables a investigar son: **generación distribuida** y **confiabilidad**.

**Generación distribuida:** Producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico.

(ENDESA, 2024)

**Confiabilidad:**

Confiabilidad se refiere a la probabilidad de que un componente, dispositivo o sistema funcione correctamente después de un periodo determinado. (ASTM, 2024)

**1.2. Formulación del Problema**

¿Cuál es el impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218?

**1.3. Hipótesis**

Mediante la generación distribuida se mejora la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo.

**1.4. Delimitación de la Investigación****1.4.1. Delimitación espacial**

El presente trabajo de investigación se realizará en el Alimentador C-218 - Chiclayo, distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

**1.5. Justificación e Importancia del estudio****1.5.1. Justificación tecnológica:**

En la presente investigación se aplicará conceptos y tecnología relacionada a sistema de generación distribuida.

**1.5.2. Justificación ambiental**

Con el sistema de generación distribuida se tratará de producir electricidad de manera sostenible, respetando al medio ambiente.

### **1.5.3. Justificación económica**

Esta investigación tiene como fin evaluar el impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo, buscando que sea económico y de esta manera beneficiar a los operadores del alimentador.

### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

Las limitaciones que se tuvo para realizar la presente investigación fue que la información proporcionada por parte de la Concesionaria ENSA, quien es la operadora del alimentador C-218, la proporcionó en forma desordenada.

### **1.7. Objetivos de estudio**

#### **1.7.1. Objetivo General**

Evaluar el impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo.

#### **1.7.2. Objetivo Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo.
- Determinar el tipo de generación distribuida a instalar en el Alimentador C-218 – Chiclayo.
- Calcular y seleccionar los componentes del sistema de generación distribuida.
- Determinar los nuevos indicadores de confiabilidad del Alimentador C-218, después de implementar la generación distribuida.
- Determinar la evaluación económica que involucra el sistema de generación distribuida

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de Estudios**

#### **2.1.1. A nivel Internacional**

En Ecuador, Cruceira Fuentan, (2021), en la investigación “Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica Del Norte”, En el contexto de este proyecto actual, se lleva a cabo tanto el diseño como la implementación de un sistema de energía fotovoltaica que se encuentra integrado de manera eficiente a la red eléctrica existente. Durante la fase inicial del estudio, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del potencial de radiación solar disponible en el Campus de la Universidad Técnica del Norte. Este análisis revela que la radiación solar se encuentra dentro de un rango que oscila entre 4,48 y 6,71 kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>). Posteriormente, se procede a examinar el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica. Además, se consideran los diferentes componentes involucrados en estos sistemas y se ofrecen recomendaciones detalladas que deben ser seguidas minuciosamente para garantizar el adecuado dimensionamiento y la correcta selección de los equipos que se planea instalar. El sistema de generación mediante energía fotovoltaica es capaz de generar una potencia máxima de hasta 520 vatios a una tensión de 220 voltios de corriente alterna. Esta capacidad de producción de energía puede cubrir alrededor del 15% de la demanda energética del edificio destinado a la carrera de Ingeniería en Electricidad, lo que significa que contribuye significativamente al consumo energético de dicho edificio. El proyecto está compuesto por una variedad de

equipos que no solo se encargan de la generación de electricidad, sino que también se enfocan en la integración de esta energía a la red eléctrica existente. Además, incluye una serie de componentes adicionales destinados a proporcionar una protección adecuada y garantizar la seguridad de los dispositivos que forman parte del sistema en su totalidad. Con el propósito de llevar a cabo el desarrollo completo del proyecto en cuestión, se llevaron a cabo la elaboración y redacción de tres capítulos distintos. En el primer capítulo de la obra, se lleva a cabo un análisis exhaustivo sobre la energía solar fotovoltaica, donde se pone especial énfasis en la explicación detallada del fenómeno relacionado con la generación de energía a partir de la luz solar y su posterior integración en la red eléctrica existente. En el segundo capítulo del documento, se llevan a cabo todos los cálculos imprescindibles que son necesarios para dimensionar adecuadamente el sistema, y además, se ofrece una descripción detallada de cada uno de los componentes individuales que, al trabajar juntos, constituyen un sistema fotovoltaico completo. En el Tercer Capítulo, se lleva a cabo la implementación del diseño del sistema fotovoltaico que se integra a la red eléctrica. Asimismo, se realizan exhaustivas pruebas para evaluar el correcto funcionamiento de todos los equipos involucrados en el sistema. Finalmente, se presenta una descripción detallada de los resultados que se han obtenido a partir del trabajo propuesto en este proyecto. (Cruceira Fultan, 2021)

En Nicaragua, Blanco Orozco, (2021), en su proyecto de investigación “Generación de energía eléctrica en sistemas de generación distribuida de pequeña escala usando bioenergía en Nicaragua”, En el presente artículo, se

exponen de manera detallada los hallazgos obtenidos de un exhaustivo estudio que investigó la viabilidad de producir electricidad mediante sistemas de generación distribuida, aprovechando los residuos agrícolas generados a pequeña escala en la región del oeste de Nicaragua, se emplearon sistemas de información geográfica, comúnmente conocidos como SIG, con el propósito de llevar a cabo una evaluación exhaustiva del potencial que posee la biomasa para generar energía eléctrica. Este proceso implicó un análisis espacial detallado, que facilitó la identificación y determinación precisa de la cantidad de residuos disponibles que podrían ser utilizados en la producción de dicha energía. Adicionalmente, se desarrolló un modelo conceptual que permite determinar la ubicación ideal para la instalación de biocentrales destinadas a la generación de energía, y se llevó a cabo un cálculo exhaustivo para estimar el potencial energético teórico que se encuentra disponible para su aprovechamiento. Se llevó a cabo la utilización del software HOMER con el objetivo de simular el proceso de generación de energía eléctrica, teniendo en cuenta el potencial energético específico que se había determinado para las diversas regiones que estaban siendo objeto de estudio. A partir de esta simulación, se logró establecer la viabilidad técnica de dicha generación. Sin embargo, durante el análisis se verificó que el costo nivelado asociado con la generación de electricidad a partir de biomasa residual resulta ser superior al costo de la energía proveniente de la red eléctrica convencional. Por consiguiente, se concluyó que, bajo las circunstancias actuales del mercado energético en Nicaragua, el uso de biomasa residual para la producción de electricidad no resulta ser una opción económicamente viable o rentable. (Blanco Orozco, 2021)

## **A nivel nacional**

En Nuevo Chimbote, Álvarez Cadillo & León Saavedra, (2020), en su trabajo de investigación “Aspectos técnicos en una red de distribución al inyectar energía eléctrica de micro generación fotovoltaica distribuida desde una vivienda urbana en Nuevo Chimbote – Perú”. El objetivo de esta tesis es revelar y analizar el impacto significativo que la microgeneración fotovoltaica distribuida (MCD) ejerce sobre la red eléctrica de distribución de baja tensión. Este análisis se llevará a cabo desde la perspectiva de un estudio detallado que aborde los principales aspectos técnicos que deben ser considerados y que están implicados en este contexto. Los estudios que se llevaron a cabo estuvieron dirigidos principalmente a analizar una vivienda situada en un entorno urbano, así como a examinar la red local de distribución que es común en esa área específica del distrito de Nuevo Chimbote, en la región de Ancash. En primer lugar, se llevó a cabo un examen exhaustivo de los aspectos teóricos más relevantes relacionados con los principales problemas que pueden surgir en el ámbito del suministro eléctrico. Además, se exploró en detalle la forma en que opera un inversor fotovoltaico, considerando su dinámica de funcionamiento en diferentes situaciones. Posteriormente, utilizando el software de simulación computacional conocido como PowerFactory, desarrollado por la empresa DlgSILENT, se llevó a cabo el proceso de modelado de un sistema fotovoltaico. Este sistema es capaz de inyectar energía a la red eléctrica, específicamente diseñado para la vivienda que está siendo analizada, así como también para su red local de distribución correspondiente. El modelo en cuestión fue sometido a un proceso de verificación y validación, el cual se llevó a cabo a través de un análisis

exhaustivo de los flujos de potencia. Posteriormente, utilizando estudios dinámicos exhaustivos, se llevó a cabo un análisis detallado del impacto que se genera a raíz de la inyección de energía en los niveles de tensión y frecuencia de la red eléctrica con la que está interconectado. Además, se examinaron las respuestas dinámicas del sistema ante diferentes tipos de perturbaciones. Esta investigación se desarrolló en una variedad de escenarios, abarcando dos situaciones específicas: primero, durante la operación normal del sistema y, en segundo lugar, considerando situaciones en las que se presentan perturbaciones externas en la red. Se ha verificado que, en el contexto de las operaciones que se consideran normales para el funcionamiento de la red eléctrica, el efecto que se presenta en la misma, en lo que respecta a cambios o fluctuaciones de tensión y frecuencia, es tan pequeño que puede ser considerado insignificante. Por otro lado, en los casos en que se produzcan perturbaciones provocadas por factores eléctricos externos que afecten a la red, el sistema tiene la capacidad para proporcionar un apoyo significativo y efectivo con el fin de estabilizar y reforzar la red eléctrica. Se llegó a la conclusión de que los aspectos más relevantes y técnicos que deben ser considerados en relación con la microgeneración fotovoltaica que es distribuida incluyen varios factores clave. Entre estos factores se encuentran la potencia activa y la potencia reactiva que son inyectadas en la red eléctrica, así como la variación en los niveles de tensión y frecuencia dentro de la red. Además, es crucial tener en cuenta la necesidad de prevenir que el sistema fotovoltaico funcione de manera aislada, es decir, en una condición conocida como "isla", mientras está conectado a la red eléctrica. (Alvarez Cadillo & León Saavedra, 2020)

## **A nivel Local**

En Lambayeque, Alvarado Flores (2021), en su trabajo de investigación “Diseño y selección de un sistema de generación eléctrica utilizando fuentes renovables para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en el centro poblado de Mata Indio, distrito de Cayaltí. El objetivo fundamental que se persigue con la tesis que se expone en este documento es realizar un diseño meticuloso y llevar a cabo una selección minuciosa de un sistema que esté destinado a la generación de electricidad. Este sistema, a su vez, se basará en el aprovechamiento de fuentes de energía renovables, que son sostenibles y amigables con el medio ambiente. Este sistema se llevará a cabo con la intención de ofrecer un suministro de energía eléctrica que sea tanto adecuado como sostenible, destinado a atender las necesidades del sistema de bombeo de agua, el cual se encuentra ubicado en el centro poblado conocido como Mata Indio, situado en el distrito de Cayaltí. Se llevó a cabo un proceso de recopilación y análisis en profundidad de los datos relacionados con la irradiación solar, los cuales fueron obtenidos de dos fuentes diferentes, concretamente HOMER y NASTEC. Tras realizar un exhaustivo proceso de evaluación y análisis, se concluyó que la cantidad promedio de irradiación solar que se recibe de manera anual es de 5,38 kilovatios hora por metro cuadrado al día según los datos obtenidos de la fuente HOMER. En comparación, para la fuente NASTEC, se observó un registro de irradiación solar que alcanzó un promedio de 5,42 kilovatios hora por metro cuadrado al día. En lo que respecta al comportamiento del viento, se llevó a cabo una observación detallada que reveló que la velocidad del

viento, la cual fue medida a una altitud específica de 50 metros sobre el nivel del mar, se registró con un valor de 4,17 metros por segundo. Después de llevar a cabo un análisis detallado y una cuidadosa evaluación de las diferentes fuentes de energía, específicamente en lo que respecta a la energía eólica y a la energía solar, hemos llegado a la conclusión de que, para los objetivos y fines de esta investigación, elegiremos centrar nuestra atención de manera exclusiva en la explotación y uso del recurso solar. El sistema que ha sido diseñado y desarrollado para la generación de energía eléctrica, el cual utiliza paneles solares con el propósito de sustituir el grupo electrógeno que se encuentra actualmente en funcionamiento, está formado por diversos componentes fundamentales que juegan un papel crucial en su operación y eficacia. En primer lugar, se incorporan un total de diez paneles solares fotovoltaicos pertenecientes a la reconocida marca ERA SOLAR, y cada uno de estos paneles tiene una capacidad de generación eléctrica de 340 vatios. Estos paneles están dispuestos de tal manera que están conectados entre sí en serie, lo que permite optimizar su rendimiento en la captación de energía solar. Asimismo, se añade un dispositivo llamado Controlador de Bombeo Solar INVT, el cual actúa como un variador de velocidad y funciona con una tensión de 230 voltios. Para llevar a cabo la finalización del proceso de instalación, también se incluye la incorporación de una estructura adecuada que ofrecerá el soporte necesario y brindará una protección efectiva a todos los componentes que conforman el sistema en su totalidad. La cantidad total que se estima requerir para llevar a cabo la implementación del sistema que proveerá energía eléctrica, el cual se basa en la utilización de paneles solares fotovoltaicos que han sido especialmente diseñados para satisfacer las

necesidades del sistema de bombeo de agua, llega a un monto de S/ 18,255.24. Después de haber realizado un detallado y exhaustivo análisis económico que examina y compara las diversas opciones disponibles para garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica, se llevó a cabo una evaluación de dos alternativas principales: la primera consiste en seguir utilizando un generador eléctrico que ya se tiene en funcionamiento, mientras que la segunda opción sería elegir la instalación de paneles solares fotovoltaicos para aprovechar la energía del sol. Tras llevar a cabo un exhaustivo estudio y análisis detallado de diferentes alternativas, se ha llegado a la conclusión de que la elección de instalar paneles fotovoltaicos presenta un retorno de la inversión que se considera aceptable, siendo este retorno estimado en un lapso aproximado de cinco años y cinco meses. Adicionalmente, se ha realizado un cálculo que indica que la tasa interna de retorno, conocida como TIR, alcanza un notable porcentaje del 19%. Por otro lado, el valor actual neto, que se abrevia como VAN, se eleva hasta la cifra de S/ 9,021.40. Esta cantidad se determina al contrastar los beneficios financieros con el costo asociado a la continuación de las operaciones del grupo electrógeno. La evaluación que se ha mencionado anteriormente se realizó teniendo en cuenta un intervalo de tiempo considerable que abarca 25 años. Además, durante este proceso se aplicó una tasa de descuento que fue establecida en un 12%. Por consiguiente, se sostiene que la alternativa de sustitución resulta ser apropiada y satisfactoria en el contexto de esta situación particular. (Alvarado Flores, 2021)

En Lambayeque, Guevara Calderón (2020), en su investigación realizada “Aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el caserío Nuevo Eden – Yambrasbamba – Amazonas”, El propósito principal que se persigue con la presente tesis es la utilización de la energía solar con el fin de proporcionar energía eléctrica a la comunidad del caserío Nuevo Edén, además de contribuir a la disminución de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En la mencionada comunidad hay un total de 30 viviendas, así como un local comunal y una iglesia, que albergan a aproximadamente 125 residentes. Hasta la fecha, esta población no ha tenido acceso a ningún tipo de suministro eléctrico, lo que ha llevado a que carezcan de servicios fundamentales como la iluminación, la refrigeración, así como la posibilidad de acceder a información y comunicación, todos los cuales son absolutamente imprescindibles para mejorar su calidad de vida y desarrollo. Por esta razón, se ha decidido proponer la implementación de un sistema fotovoltaico. Tras llevar a cabo una serie de estudios exhaustivos, se concluyó que el consumo promedio diario de energía proyectado para el caserío conocido como Nuevo Edén se estima en un total de 13,318 vatios-hora (Wh). Además, se determinó que la potencia necesaria para el adecuado funcionamiento del sistema de captación fotovoltaica es de 5.09 kilovatios (kW). En este análisis, se han utilizado los datos de radiación solar mensual promedio que fueron extraídos de dos fuentes distintas. La primera fuente es la página oficial de la NASA, que reportó un nivel de radiación solar de 3,64 kWh/m<sup>2</sup>/día. La segunda fuente corresponde al atlas proporcionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que presenta un valor más elevado de 4,50

kWh/m<sup>2</sup>/día. Al considerar ambos datos, se optó por utilizar el menor de estos dos valores, es decir, 3,64 kWh/m<sup>2</sup>/día, para fines de este estudio. La instalación destinada a la generación de energía solar fotovoltaica estará conformada por un total de dieciséis paneles fotovoltaicos, cada uno con una potencia de 320 vatios pico (Wp). Además, se incluirán dieciséis baterías que servirán como acumuladores de energía, dos reguladores de carga para gestionar el flujo eléctrico, y dos inversores que permitirán transformar la energía generada en corriente alterna para su uso. Se está estableciendo un sistema de captación de energía que cuenta con una capacidad instalada de 5,12 kilovatios pico. Se realizó una estimación detallada de la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se dejaría de liberar al medio ambiente si se llevara a cabo este trabajo de investigación. Según los cálculos, la cifra aproximada es de 65,518.39 kilogramos de CO<sub>2</sub> que no se emitirían. El presupuesto correspondiente al sistema fotovoltaico que está conectado a la red de distribución de energía presenta un costo total de: S/. 143 845,15. (Guevara Calderón, 2020)

En Lambayeque, Pajares Espejo (2021), en la Tesis “Generación híbrida de 2 kW para el centro poblado Laguna Huanama en el distrito de Salas”, La presente investigación se enfoca en el análisis de un sistema de Generación Híbrida que combina la energía eólica y solar. Este sistema incluye tanto paneles fotovoltaicos como aerogeneradores, los cuales fueron implementados con el objetivo de proporcionar un servicio eléctrico eficaz al Centro Poblado de Laguna Huanama. La Generación Híbrida diseñada en este proyecto aprovecha de manera eficiente tanto la radiación solar

disponible como la velocidad del viento en la zona, contribuyendo de esta forma a mejorar significativamente la calidad de vida de la población que se encuentra afectada por la falta de acceso a una fuente de energía confiable. Para llevar a cabo el proceso de desarrollo, se realizó un exhaustivo estudio que analizó la necesidad de energía eléctrica, específicamente centrado en la máxima demanda de consumo que cada vivienda requiere. Este análisis es fundamental para garantizar que se pueda proporcionar un adecuado abastecimiento eléctrico a cada uno de los hogares implicados en el proyecto. Se logró obtener el parámetro que mide la radiación solar mediante el uso de un solarímetro, un dispositivo diseñado específicamente para cuantificar la cantidad de radiación solar que llega a una superficie. Por otro lado, el parámetro relacionado con la velocidad del viento fue determinado a través de un anemómetro, un instrumento especializado que permite medir la velocidad a la que sopla el viento. De este modo, se pudo llevar a cabo la recopilación de datos relevantes para el análisis. La investigación denominada "La Generación Híbrida" fue llevada a cabo empleando un método específico para la recolección de datos, el cual se centró en la población de la localidad de Laguna Huanama. Este proceso incluyó la realización de encuestas dirigidas a los habitantes del área, así como entrevistas detalladas al teniente gobernador del Centro Poblado y al ingeniero experto Jony Villalobos Cabrera. Adicionalmente, se recopilaron datos referenciales relacionados con la velocidad del viento y la radiación solar en esa misma comunidad. Para completar y enriquecer el análisis presentado en esta tesis, también se hizo uso de la información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMI), que sirvió como base para los cálculos y conclusiones

finales. Los resultados obtenidos en la implementación de la Generación Híbrida, que combina fuentes de energía eólica y fotovoltaica, han demostrado ser muy prometedores. Este sistema utiliza energías renovables y cuenta con una potencia instalada total de 2 kilovatios. En este sistema, un 60% de la energía proviene de la generación eólica, mientras que el 40% restante se genera a través de paneles solares fotovoltaicos. Con este enfoque, se espera satisfacer de manera eficiente la demanda eléctrica de toda la comunidad del centro poblado de Laguna Huanama. (Pajares Espejo, 2021)

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado**

### **Sistemas eléctricos de distribución**

Un sistema de distribución eléctrica constituye una de las secciones fundamentales dentro de un sistema eléctrico más amplio. Este componente en particular representa la fase final del proceso, en la cual se proporciona energía eléctrica directamente a los consumidores finales, quienes son los destinatarios de esta energía para su uso diario. Se trata de infraestructuras diseñadas específicamente para suministrar energía eléctrica a una variedad de usuarios diferentes. Este conjunto de instalaciones está compuesto por una variedad de espacios y recursos que incluyen

El subsistema que se encarga de la distribución primaria de energía, conocido como el subsistema de distribución primaria (SDP), junto con el subsistema de distribución secundaria (SDS), las infraestructuras destinadas al alumbrado público, que se denominan instalaciones de alumbrado público (IAP), las diversas conexiones que facilitan la distribución de energía (CNX), y el sistema que permite la utilización efectiva de dicha energía, son todos componentes

fundamentales de la red de distribución eléctrica.

### **Recursos Energéticos Renovables (RER)**

En la actualidad, se está produciendo un avance continuo y sostenido en la producción de energía eléctrica que proviene de fuentes de recursos energéticos renovables (RER), lo cual abarca tanto el ámbito económico como las innovaciones tecnológicas asociadas. En diversas situaciones, se presentan opciones que resultan ser más competitivas cuando se comparan con las fuentes de generación convencionales que han sido utilizadas tradicionalmente. Del mismo modo, los Recursos Educativos Abiertos (REA) ofrecen la ventaja significativa de reducir la gran cantidad de emisiones que se producen en diversos contextos.

### **Generación distribuida**

La generación distribuida se refiere a la presencia y utilización de numerosas fuentes de energía de menor escala que se encuentran distribuidas en diversas ubicaciones, en lugar de depender únicamente de grandes plantas de energía centralizadas.

Energía eléctrica, la cual se inyecta a la red eléctrica, proporcionándole un suministro constante de energía. Este tipo específico de generación energética tiene lugar de manera in situ, lo que significa que puede ser producido directamente en el mismo lugar donde se encuentra.

La energía que tenemos a nuestra disposición se va a agotar o consumirse completamente. Entre las distintas características generales que pueden ser resaltadas, se encuentra la notable reducción de los flujos de energía que

circulan a través de la red; esto, a su vez, conduce a una disminución de las pérdidas asociadas. Además, estos sistemas tienden a operar con potencias relativamente bajas, lo cual es una consecuencia de su ubicación cercana al punto de consumo de energía. Por último, es importante mencionar que la energía que se inyecta en estos sistemas no genera un retroceso en los flujos de potencia hacia la red principal de transporte.

Existen diversas tecnologías que permiten la implementación de sistemas de generación distribuida, y en el contexto del presente trabajo de investigación, se procederá a presentar las siguientes alternativas que se consideran relevantes:

### **Sistemas de generación fotovoltaicos**

Se trata de un sistema desarrollado específicamente para generar energía eléctrica aprovechando la radiación solar, utilizando para ello dispositivos semiconductores conocidos como células fotovoltaicas, que son capaces de convertir la luz del sol en electricidad. Una planta solar fotovoltaica, además de los elementos fundamentales que son los paneles fotovoltaicos en sí, requiere la inclusión de otros componentes esenciales para su correcto funcionamiento. Uno de estos elementos es el controlador de carga, cuya función principal es proteger las baterías del riesgo de sobrecargas o descargas totales, lo que a su vez contribuye a prolongar su vida útil significativamente. Además, otro componente crucial es el inversor, el cual tiene la responsabilidad de transformar la energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos, que originalmente se encuentra en forma de corriente continua, en corriente alterna, ajustándola a un voltaje y frecuencia

específicos que son adecuados para su uso. Por último, también es importante mencionar la batería, que actúa como un sistema de almacenamiento. Esta batería es fundamental, ya que permite acumular la energía generada para que pueda ser utilizada en cualquier momento en que sea necesario.

### **Sistemas de generación eólica**

Se trata de sistemas de generación de energía que utilizan la fuerza del viento, concretamente la energía cinética, para su funcionamiento. En estos sistemas, el movimiento de las hélices juega un papel fundamental, ya que convierte esa energía cinética en energía mecánica. A partir de este proceso, se logra producir energía eléctrica que es posteriormente enviada a las diversas redes de distribución a través de aerogeneradores que están conectados a dichas redes. Debido a la fluctuación inherente en las condiciones naturales, así como a la naturaleza impredecible del viento, resulta complicado presentar esta forma de generación eléctrica como la única opción viable o como la principal fuente de energía que se debe considerar. No obstante, se presenta la oportunidad de acumular la energía que se genera cuando hay viento y, posteriormente, utilizarla de manera eficiente para diversos fines.

### **Confiabilidad**

#### **Confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución**

La confiabilidad de los sistemas eléctricos desempeña un papel crucial en el funcionamiento de una empresa, ya que puede influir tanto de manera positiva como negativa en la productividad general y en la seguridad de los diversos

procesos internos, así como en la protección de las personas que laboran en dicha organización. Debido a esta situación, la accesibilidad y disponibilidad del suministro de energía eléctrica se ha transformado en un asunto de suma relevancia y significancia para las empresas y organizaciones. La confiabilidad se puede definir como la probabilidad de que un equipo o un sistema en particular logre cumplir con éxito su misión o función específica, mientras se opera bajo condiciones de uso establecidas y durante un intervalo de tiempo específico. El grado de confiabilidad que debe ser exigido de un sistema específico se tiene que definir en función de la importancia y la criticidad de sus respectivas cargas. Este establecimiento debe estar fundamentado en investigaciones exhaustivas que tomen en cuenta las diversas necesidades y características del proceso, particularmente en lo que respecta a los aspectos de disponibilidad, seguridad, mantenimiento y fiabilidad. Estas consideraciones son esenciales para garantizar que el sistema funcione de manera óptima y cumpla con los estándares requeridos.

### **2.2.2. Definiciones Conceptuales**

**Tabla 1:** Operacionalización de variables

TIPO	NOMBRE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Generación distribuida	La generación distribuida se refiere a la instalación de pequeñas fuentes de generación eléctrica (como sistemas fotovoltaicos o eólicos) conectadas directamente a las redes de distribución, próximas al punto de consumo. (Valadez, 2002)	Cantidad y tipo de potencia instalada (kW o MW) de generación distribuida conectada al alimentador C-218, su ubicación y su capacidad de inyección de energía a la red.	Capacidad instalada de GD (kW o MW)	Potencia instalada (kW)	Razón proporción
				Tipo de tecnología utilizada (solar, eólica, etc.)	Porcentaje de generación distribuida respecto a la carga total (%)	
				Porcentaje de penetración respecto a la demanda total del alimentador	Energía inyectada mensual o anual (kWh)	
				Localización de los puntos de conexión	Número de unidades generadoras conectadas	
DEPENDIENTE	Confiabilidad	La confiabilidad del sistema eléctrico de distribución mide la capacidad del sistema para suministrar energía eléctrica continua y de calidad a los usuarios, minimizando interrupciones. (ASTM, 2024)	Se mide a través de indicadores de confiabilidad reconocidos por la IEEE y la OSINERGMIN, evaluados antes y después de la integración de generación distribuida	Frecuencia de interrupciones	SAIFI	Razón proporción
				Duración de interrupciones	SAIDI: ENS	
				Energía no suministrada	CAIDI:	

## **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada**

La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. En esta situación se utilizará el conocimiento de sistema de generación distribuida para mejorar la disponibilidad del alimentador C-218.

#### **3.1.2. Diseño de investigación: No experimental**

Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables.

### **3.2. Población y muestra**

**La población:** Está dada por el alimentador C-218, de la ciudad de Chiclayo.

**La muestra:** Está constituida por el Alimentador C-218, de la ciudad de Chiclayo.

### **3.3. Técnicas de muestreo**

Debido a que la muestra que se está considerando es, de hecho, representativa de toda la población, no será necesario utilizar ninguna técnica de muestreo para su selección.

### **3.4. Métodos y Técnicas de investigación**

#### **Técnicas**

##### **Análisis documental**

Consiste en la localización de las referencias bibliográficas, sobre algún tema concreto, extraídas de diferentes fuentes de información.

La búsqueda de información bibliográfica es un elemento esencial para evaluar la importancia de la pregunta de investigación y la escogencia del tipo de diseño del estudio. También nos ayuda a aprender de los errores o limitaciones de los estudios previos que, por lo general, son enunciados por sus propios autores en la sección de discusión, o bien, en la correspondencia que se genera luego de la publicación de un artículo. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

##### **Recolección de datos**

Es aquella en la que los datos se recolectan o provienen directamente de los sujetos investigados o de la realidad en la que ocurren los hechos (datos primarios). Sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **3.5. Descripción de los instrumentos utilizados**

Se emplearon las siguientes herramientas y están directamente relacionadas con los métodos:

#### **Ficha de análisis documental**

Es una ficha pequeña que solo debe usarse para registrar información de un libro o artículo. Estos archivos se crean para todas las publicaciones, no solo

aquellas que se han descubierto o leído físicamente, que en algún momento pueden resultar útiles para nuestra investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **Ficha de recolección de datos**

Nos permite recoger datos obtenidos mediante la observación directa. Contienen la información descriptiva obtenida del trabajo de campo que se realiza tomando nota de la realidad social o natural. Ésta ficha nos permitirá identificar y categorizar temas comunes en relación al problema del estudio. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018)

### **3.6. Análisis estadístico e interpretación de los datos**

Su propósito es analizar un conjunto de datos con el fin de obtener conclusiones que permitan tomar decisiones informadas. En este estudio, se recolectaron datos sobre la confiabilidad del alimentador C-218, para posteriormente analizarlos a través de la estadística descriptiva. Los datos fueron agrupados en rangos y luego analizados empleando la media aritmética, lo cual facilitó la evaluación de la confiabilidad de cada unidad. La media aritmética se considera la medida de tendencia central más importante desde el punto de vista estadístico. La divergencia entre el valor superior y el valor inferior actúa como fundamento para el cálculo del rango, el cual indica la amplitud de los valores en los datos.

## **CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **4.1. Diagnóstico de la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo**

Para realizar el diagnóstico de la confiabilidad del Alimentador C-218, emplearemos la metodología IEEE Std 1366 y la comparación con los límites regulatorios de OSINERGMIN (RD N° 074–2004 - OS/CD).

En la siguiente tabla presentamos las principales fallas a que estuvo sujeto el Alimentador en el año 2024.

**Tabla 2:** Fallas en Alimentador C-218 en el año 2024

Fecha de inicio	Fecha de Fin	Motivo	Sub-Motivo	N° de usuarios afectados	Duración (H)	SAIDI	SAIFI	CAIDI	ASAI (%)
14/12/2024 15:26	14/12/2024 16:45	Falla	Sobrecarga	6372	1,2167	9,1293	6,933623504	1,316667	99,896
18/11/2024 18:11	18/11/2024 18:09	Falla	Transitorio	6375	1,2000	6,9369	6,936887922	1,000000	99,921
18/11/2024 17:35	18/11/2024 18:09	Falla	Transitorio	2242	2,4367	10,0580	4,102285092	2,451795	99,885
9/11/2024 10:00	9/11/2024 18:00	Falla	Sobrecarga	6373	2,1000	9,4777	6,934711643	1,366703	99,892
31/10/2024 13:55	31/10/2024 17:14	Falla	Cortocircuito	6265	3,3457	5,3392	6,102285092	0,874958	99,939
29/10/2024 15:44	29/10/2024 15:51	Falla	Transitorio	7614	2,2150	9,0119	5,102285092	1,766254	99,897
29/10/2024 15:14	29/10/2024 16:01	Falla	Colapso de estructura	6365	1,9833	5,4254	6,926006529	0,783333	99,938
18/10/2024 22:45	18/10/2024 22:55	Falla	Sobrecarga	6360	2,3650	10,1534	6,920565832	1,467138	99,884
18/10/2024 19:28	18/10/2024 21:36	Falla	Sobrecarga	6360	2,2540	9,7639	6,920565832	1,410849	99,889

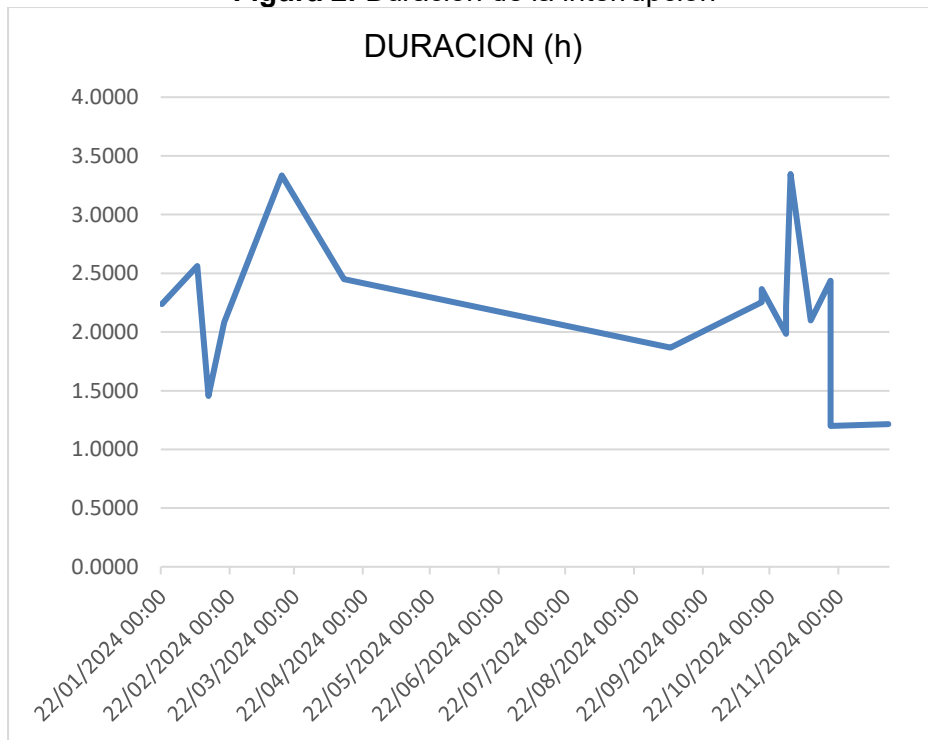
7/09/2024 15:39	7/09/2024 17:25	Falla	Sobrecarga	4738	1,8667	9,1082	5,155603917	1,766667	99,896
13/04/2024 17:11	13/04/2024 17:30	Falla	Falla o malfuncionamiento en el equipo.	4709	2,4500	10,6226	5,124047878	2,073091	99,879
16/03/2024 16:10	16/03/2024 16:24	Falla	Falla o malfuncionamiento en el equipo	4299	3,3333	10,0915	4,677910773	2,157269	99,885
19/02/2024 17:23	19/02/2024 17:34	Falla	Sobrecarga	4660	2,0833	4,9296	5,070729053	0,972175	99,944
12/02/2024 08:35	12/02/2024 19:48	Falla	Sobrecarga	5456	1,4560	9,0008	5,089227421	1,768605	99,897
7/02/2024 02:46	7/02/2024 08:30	Falla	Sobrecarga	4654	2,5630	12,0347	5,064200218	2,376436	99,863
22/01/2024 11:45	22/01/2024 12:15	Falla	Transitorio	5743	2,2364	11,1246	6,249183896	1,780167	99,873
<b>PROMEDIO</b>				<b>5537</b>	<b>2,1941</b>	<b>8,887989662</b>	<b>5,831882481</b>	<b>1,5833</b>	<b>99,899</b>
<b>TOTAL</b>				<b>88585</b>	<b>35,1051</b>				

**Figura 1: Número de Usuarios Afectados**



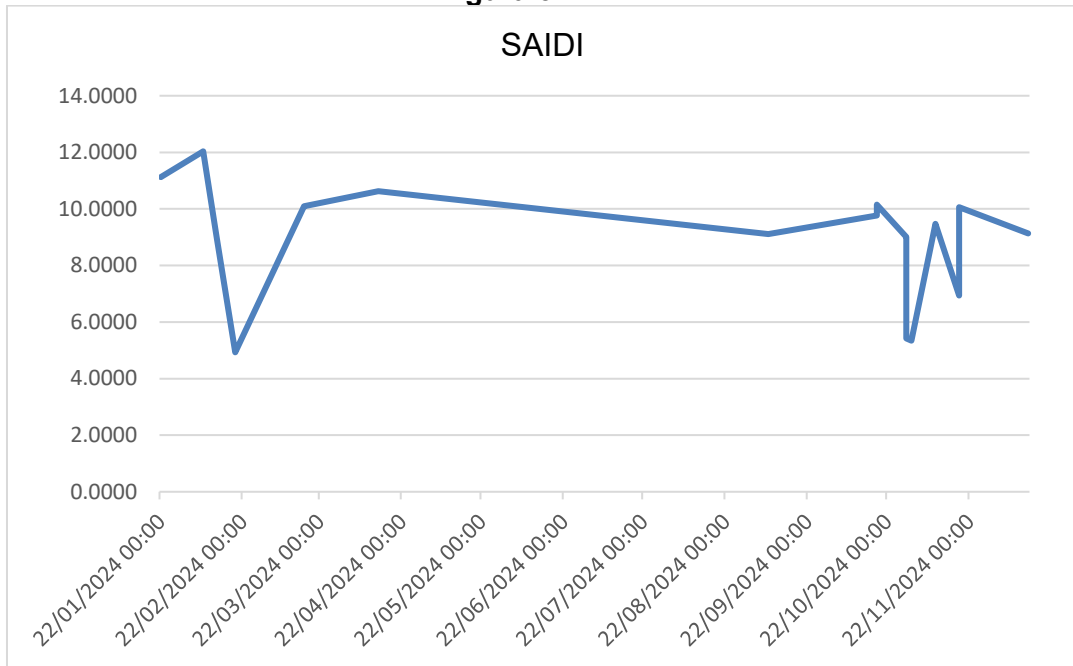
Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

**Figura 2: Duración de la interrupción**



Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

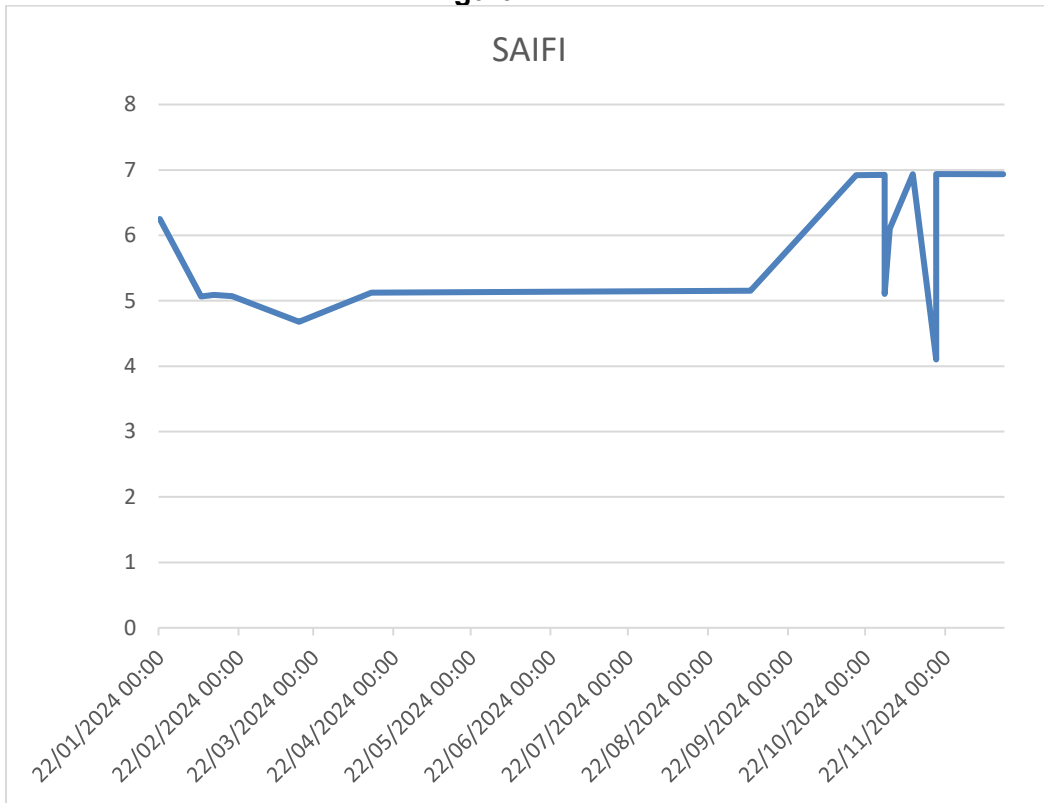
**Figura 3: SAIDI**



Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

El promedio del indicador SAIDI durante el año 2024 se registró en un valor de 8,88. Este valor excede el indicador de SAIDI, que se encuentra en 8,0 según lo reportado por OSINERGMIN, como se puede observar en la Tabla 3. El indicador logra su punto más alto en la fecha 16 de marzo del año 2024 a las 17:10 horas, alcanzando un valor de 10,8774, lo cual se debe a la situación de sobrecarga.

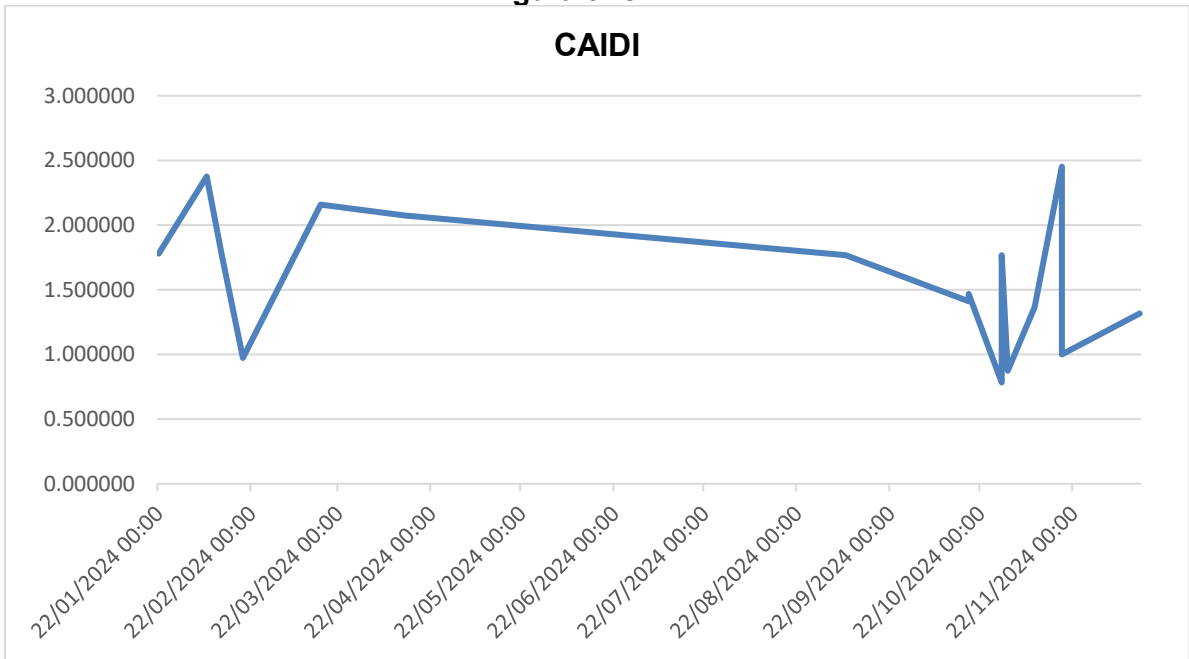
**Figura 4: SAIFI**



Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

El índice promedio de SAIFI durante el año 2024 alcanzó un valor de 5,83, lo que indica el nivel de interrupciones por cliente en ese periodo específico. Este número es mayor que el valor de SAIFI, que está establecido en 4,0 por la Organización Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, por lo tanto, es necesario que se tomen medidas para reducirlo. El indicador muestra un nivel más alto en su trayectoria el día 12 de febrero del año 2024 a las 09:35 horas. Poseyendo un valor equivalente a 7,89 por concepto de Sobrecarga

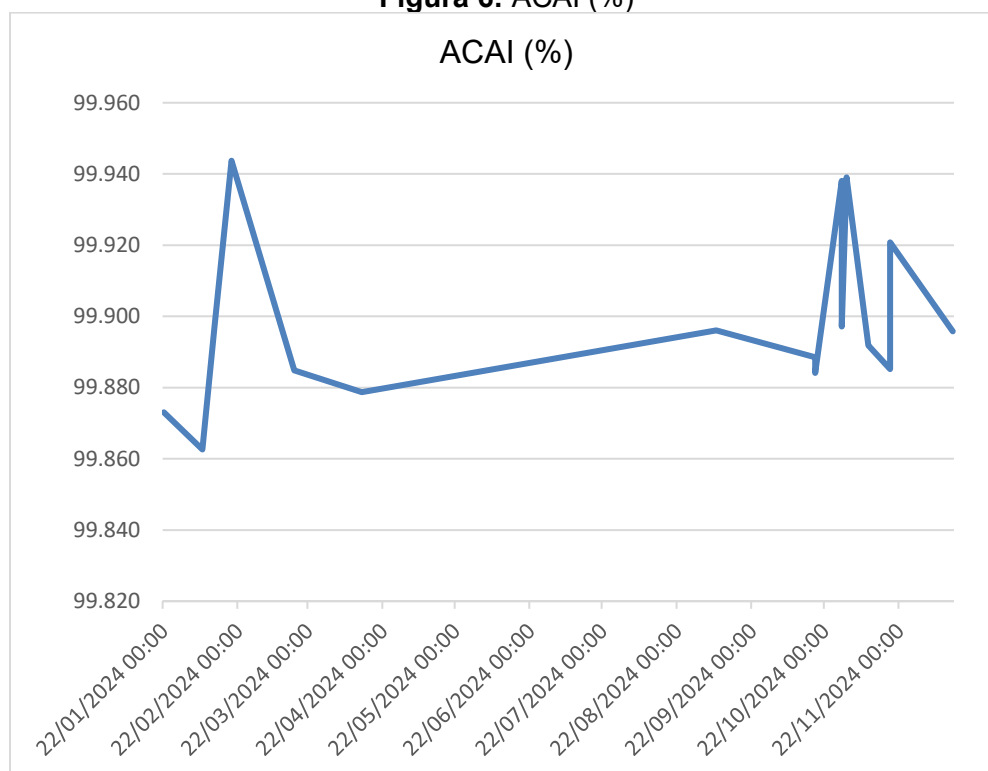
**Figura 5: CAIDI**



Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

El promedio del Indicador de Tiempo de Interrupción de Clientes Afectados, conocido como CAIDI, durante el año 2024 fue de 1,58 horas. Este valor se encuentra por debajo del índice de CAIDI establecido en 1,5 por la entidad supervisora OSINERGMIN, como se puede observar en la Tabla 3 que se presenta a continuación. El índice llega a su punto más alto el día 16 de marzo del año 2024, específicamente a las cinco y diez de la tarde. Es necesario que se disminuya el valor que corresponde a 2,32 por concepto de Sobrecarga.

**Figura 6: ACAI (%)**



Nota: Elaboración propia: Electronorte SA

En el año 2024, el promedio del ASAI, que corresponde al Índice de Satisfacción del Cliente, fue de 99,89, lo que indica un nivel de satisfacción notablemente alto entre los usuarios. Este valor es notablemente más alto en comparación con el ASAI que ha sido reportado por OSINERGMIN, el cual se encuentra en 99,83, como se puede observar en la Tabla 3. El indicador en cuestión alcanza su punto máximo en la fecha del 29 de octubre del año 2024, exactamente a las 17 horas y 44 minutos, registrando un valor total de 99,922.

Los límites de confiabilidad que establece OSINERGMIN para zonas urbanas son:

**Tabla 3:** Indicadores de Confiabilidad

INDICADOR	SAIDI	SAIFI	CAIDI	ASAI
Rangos para el sector urbano según OSINERGMIN	8,00 horas/año	4,00 / año	1,5 horas	99,83 %
2024	<b>8,88</b>	<b>5,83</b>	<b>1,58</b>	<b>99,89</b>

Nota: OSINERGMIN

La situación es preocupante porque los valores registrados exceden aquellos que normalmente son manejados por OSINERGMIN, lo que implica que el Alimentador C-218 de Chiclayo no puede ser considerado confiable. Por lo tanto, es imperativo que se implementen medidas urgentes para abordar este problema, ya que la falta de fiabilidad se origina en una sobrecarga que afecta su funcionamiento.

A continuación, realizamos el balance de potencia:

**Tabla 4:** Balances de Potencia del Alimentador C-218 en el año 2024

MES	POTENCIA NOMINAL (MW)	POTENCIA A TRANSMITIR (MW)	Diferencia (MW)
Enero	1,2	1,0	0,2
Febrero	1,2	1,1	0,1
Marzo	1,2	0,9	0,3
Abril	1,2	1,0	0,2
Mayo	1,2	1,0	0,2
Junio	1,2	1,0	0,2
Julio	1,2	1,1	0,1
Agosto	1,2	1,1	0,1
Setiembre	1,2	1,0	0,2
Octubre	1,2	1,0	0,2
Noviembre	1,2	1,1	0,1
Diciembre	1,2	0,9	0,3
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,20</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>
		<b>Máximo</b>	<b>0,3</b>

Nota: Electronorte: Elaboración propia

De la tabla anterior podemos evidenciar que el Alimentador está llegando a cubrir su Potencia Nominal de Transmisión que es de 1,20 MW, por lo que es viable

emplear la Generación Distribuida con potencia de 0,5 MW con el objetivo de aliviar esta carga. Además, dado que esta generación adicional no será requerida, se deberá considerar la inyección de la energía sobrante en el Sistema Interconectado Nacional, lo que contribuirá a optimizar el uso de los recursos energéticos.

#### **4.2. Tipo de generación distribuida a instalar en el Alimentador C-218 – Chiclayo**

Se presentan los criterios de selección y posterior los resultados del proceso.

##### ***Criterios de selección.***

- a. Tamaño de planta:** Este aspecto se refiere a la magnitud física de la instalación de generación de energía, la cual varía según las distintas tecnologías empleadas. En el proceso de selección, este factor específico representa un 10% de la importancia total. La escala utilizada para clasificar estas plantas de generación oscila entre 0 y 2, donde un valor de cero corresponde a una planta de grandes dimensiones, un valor de uno a una instalación de tamaño medio y un valor de dos a una pequeña planta central. Este sistema de clasificación se ha establecido porque, en general, a medida que aumenta el tamaño de la planta, también se incrementan significativamente los costos asociados a su construcción y operación.
- b. Costo de la tecnología de captación en función de la inversión:** En esta situación particular, la tecnología utilizada para la captación de energía comprende dos componentes principales: las turbinas y los paneles solares. Este criterio específico señala la influencia significativa que tiene en relación al coste de la inversión total realizada. Se establece que el peso de este criterio en el proceso de toma de decisiones es del 25%. Además, se ha

definido una escala que va del valor 0 al valor 1, donde un valor de cero indica que el coste es superior al 50% del total de la inversión, mientras que un valor de uno se asigna cuando el coste es inferior al 50%.

- c. Requerimiento de mantenimiento:** Este enunciado señala la importancia y el grado de necesidad que tiene el mantenimiento. En términos de su impacto en la decisión final, ocupa un peso específico del 15 por ciento. La escala de evaluación para esta métrica varía desde 0 hasta 2 puntos, donde un puntaje de cero corresponde a una situación de alta exigencia o necesidad, un puntaje de uno sugiere una exigencia media o intermedia, y un puntaje de dos indica que la necesidad es baja.
- d. Disponibilidad de equipos:** Es importante determinar si los equipos indispensables, tales como turbinas y paneles solares, están disponibles en el Perú o si es necesario importarlos desde otro país. Este factor tiene un peso significativo en el proceso de elección, representando un 20% de la decisión final. Además, se utiliza una escala que varía de 0 a 1 para evaluar esta disponibilidad, donde un puntaje de cero indica que la tecnología en cuestión debe ser importada, y un puntaje de uno significa que se pueden adquirir los equipos directamente dentro del territorio peruano. Esta consideración es crucial, ya que la importación de dichos equipos puede generar costos adicionales que impactan en la viabilidad del proyecto.
- e. Montaje de equipos electromecánicos:** El texto menciona que se debe indicar el nivel de dificultad asociado con la instalación. Este aspecto tiene un peso de un 15% en la toma de decisiones, lo que significa que su impacto es relevante. La escala utilizada para evaluar la complejidad de la instalación varía entre 0 y 2. En esta escala, un valor de cero se asigna cuando la

instalación se considera difícil, un valor de uno se otorga cuando la instalación es moderadamente complicada, y un valor de dos se establece para aquellas instalaciones que son fáciles de llevar a cabo.

- f. **Impacto ambiental:** Señala el nivel de contaminación que puede producir distintas tecnologías, donde su importancia en la toma de decisiones representa un 15%, y la escala para evaluar este impacto va de 0 a 2. En esta escala, un valor de cero indica que la contaminación es significativa, un valor de uno sugiere que es moderada, y un valor de dos señala que se considera leve.

**Tabla 5:** Criterios de Selección

N°	Importancia	Criterio	Descripción	valor que puede tomar
1	0,1	Tamaño de planta	Grande	0
			Mediana	1
			Pequeña	2
2	0,25	Costo de la tecnología de captación en función de la inversión	>50%	0
			<50%	1
3	0,15	requerimiento de mantenimiento	Alto	0
			intermedio	1
			Bajo	2
5	0,2	Disponibilidad de equipos	Extranjeros	0
			Nacionales	1
6	0,15	Montaje de equipos electromecánicos	difícil	0
			moderado	1
			fácil	2
7	0,15	Impacto ambiental	significativo	0
			moderado	1
			leve	2

Nota: Autor de tesis. (Saaty, 1980)

En esta evaluación se han tenido en cuenta diversos sistemas energéticos, entre los cuales se destacan el sistema eólico, que aprovecha la energía del viento, el

sistema fotovoltaico, que se basa en la conversión de la luz solar en electricidad, y, por último, el sistema híbrido, que resulta de la combinación de los dos sistemas anteriores, es decir, que integra tanto la energía eólica como la solar.

**Tabla 6:** Resultados del método de ponderación

N°	SISTEMA	CRITERIOS						TOTAL
		a	b	c	d	e	f	
		0.1	0.25	0.15	0.2	0.15	0.15	
1	Fotovoltaico	1	1	2	1	2	2	<b>1,45</b>
2	Eólico	1	0	1	0	0	0	<b>0,25</b>
3	Hibrido (Fotovoltaico + Eólico)	0	1	1	0	0	1	<b>0,55</b>

Fuente: Autor de tesis.

El sistema fotovoltaico se presenta como la opción más viable y conveniente para llevar a cabo la instalación, obteniendo una puntuación destacada de 1,45.

#### **4.3. Cálculo y selección de los componentes del sistema de generación distribuida**

Para realizar el cálculo y selección de los componentes del sistema de generación distribuida si la tabla presentada determina que el valor de las HSP se sitúa en 4,38, basándose en la metodología que utiliza los datos del mes más desfavorable y en información recopilada por la NASA.

**Tabla 7** Cálculo de hora solar pico (HSP).

MES	Radiación (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	5.79
Febrero	5.85
Marzo	5.84
Abril	4.59
Mayo	4.75
Junio	4.51
Julio	4.38
Agosto	4.94
Setiembre	5.81
Octubre	5.74
Noviembre	5.88
Diciembre	5.83
Promedio	5.33
MAX	5.88
<b>MIN</b>	<b>4.38</b>

Nota: NASA

### Potencia del sistema fotovoltaico

Se lleva a cabo un cálculo detallado para determinar la cantidad de potencia que es necesaria para cubrir adecuadamente la demanda, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{teorica} = \frac{CD}{HSP}, \quad \text{se considera } 1HSP = 1000Wh/m^2 \quad \text{Fórmula 1}$$

Una Hora Solar Pico (HSP) corresponde a una irradiancia solar equivalente de 1000 Wh/m<sup>2</sup>, valor estándar empleado internacionalmente para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos (Duffie & Beckman, 2020)

Remplazando:

Carga de diseño	Cd	2146,2 kW.h/día	783 363 kWh/año
Radiación Promedio anual	Rpa	4,38 kWh/m <sup>2</sup> /día	
Hora Pico Solar	HSP	4,38 h	
Potencia	Pt	490 kW	<b>0,5 MW</b>

La carga de diseño diaria ( $C_d = 2146,2$  kWh/día) representa el consumo energético total requerido por el sistema en condiciones normales de operación durante un día típico.

Este valor se sustenta considerando:

- El consumo energético diario de todos los equipos eléctricos del sistema.
- La aplicación de factores de demanda y simultaneidad, ya que no todas las cargas operan al mismo tiempo ni a plena potencia.
- Un análisis energético diario, adecuado para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, donde el parámetro base es la energía diaria (kWh/día) y no solo la potencia instantánea.

La capacidad eléctrica del sistema que se encarga de la generación de energía deberá ser, como mínimo, igual a 0,50 MW o incluso superior a esa cifra. Se llevará a cabo la utilización de Paneles Solares Monocristalinos de la marca POWEST, que cuentan con una potencia de 360 Wp. Estos paneles han sido seleccionados debido a su impresionante eficiencia, que supera el 20%, así como por su menor costo en comparación con otras opciones disponibles en el mercado. Por favor, consulte el Anexo 02 para obtener información detallada sobre los datos técnicos relevantes.

### **Topología y bloques de la instalación**

En seguida, se presenta una explicación detallada sobre el proceso de agrupación de paneles solares en una configuración en serie, con el objetivo de crear un

conjunto, conocido como string, que se utilizará específicamente para los inversores.

$$N_{m\acute{a}x} = \frac{U_{m\acute{a}x}}{U_{oc}} \quad \text{F\acute{o}rmula 2}$$

Las variables significan:

$N_{m\acute{a}x}$ : n\acute{u}mero m\acute{a}ximo de paneles en serie por string

$U_{m\acute{a}x \text{ inv}}$ : tensi\acute{o}n de entrada m\acute{a}xima a circuito en el inversor (V)

$U_{oc}$ : tensi\acute{o}n en circuito abierto de los paneles fotovoltaicos (V)

Sustituyendo obtenemos:

$U_{m\acute{a}x \text{ inv}}$	1000
$U_{oc}$	41,04
$N_{m\acute{a}x}$	24

Es fundamental realizar una verificaci\acute{o}n exhaustiva con el objetivo de confirmar que el inversor est\acute>e operando adecuadamente en el punto de m\acute{a}xima potencia, el cual corresponde a la cantidad de paneles solares que han sido instalados. En este caso espec\acute{f}ico, los detalles son los siguientes:

$$N_{ps} * U_{pmp} < U_{pmpi} \quad \text{F\acute{o}rmula 3}$$

Siendo:

Sustituyendo obtenemos:

$N_{ps}$	24
$U_{pmp}$	34,20
$U_{pmpi}$	1000
$N_{ps} * U_{pmp}$	820,80

En consecuencia, se verifica la comprobaci\acute{o}n, ya que se puede observar que 820,80 es menor que 1000.

La disposici\acute{o}n simult\acute{a}nea de strings en paralelo conectados a un inversor es:

$$N_{m\acute{a}x\ str} = \frac{P_{inv}}{(N_{ps} * P_p)} \quad \text{F\acute{o}rmula 4}$$

Siendo:

Nm $\acute{a}$ x str: n $\acute{u}$ mero m $\acute{a}$ ximo de strings en paralelo conectados a un inversor

P inv: potencia del inversor kW : 500 kW

Nps: n $\acute{u}$ mero de paneles en serie por string : 24

Pp: potencia pico de un panel fotovoltaico kW : 0.36 Wp

Sustituyendo obtenemos:

P inv	500
Nps	24
Pp	0,36
Nm $\acute{a}$ x str	57

La creaci3n de las agrupaciones que funcionan en paralelo se realiza mediante el uso de lo que se conoce como 'cuadros de cc nivel I'. Estos paneles han sido dise $\acute{n}$ ados de manera especial para facilitar la conexi3n simult $\acute{a}$ nea de diversos circuitos de corriente continua, de tal forma que operan en paralelo. Cada una de estas conexiones cuenta con una protecci3n individual mediante fusibles para garantizar la seguridad en cada entrada. Adem $\acute{a}$ s, hay un interruptor que facilita el control de la salida, proporcionando as $\acute{i}$  un manejo eficiente y seguro de la energ $\acute{i}$ a el $\acute{e}$ ctrica. Los gr $\acute{a}$ ficos o diagramas que pertenecen al nivel I cuentan con un conjunto de entradas que han sido estandarizadas para garantizar uniformidad y claridad, y estas entradas en particular son los n $\acute{u}$ meros: 9, 19 y 38. Para lograr una agrupaci3n homog $\acute{e}$ nea que cumpla con los requisitos establecidos, se necesitan un total de tres cuadros, cada uno de los cuales posee 19 canales, organizados en dos niveles distintos:

$$P_{pico\ inv} = N_{string} * N_{ps} * P_p \quad \text{F\acute{o}rmula 5}$$

Siendo:

$P_{pico\ inv}$ : potencia pico de cada inversor kW

$N_{string}$ : número de string

$N_{ps}$ : número de paneles en serie por string

$P_p$ : potencia pico de un panel fotovoltaico kW

Sustituyendo obtenemos:

# cuadros	3
# de canales por cuadro	19
N strings	57
N ps	24
P p	0,36
Ppic inv (kW)	492,50

El Número total de paneles será:

$N^\circ \text{ paneles} = 57 \cdot 24 = 1368 \text{ paneles}$

La tabla que se presenta a continuación ilustra claramente los resultados mencionados anteriormente:

**Tabla 8:** Combinación de paneles para atacar inversor

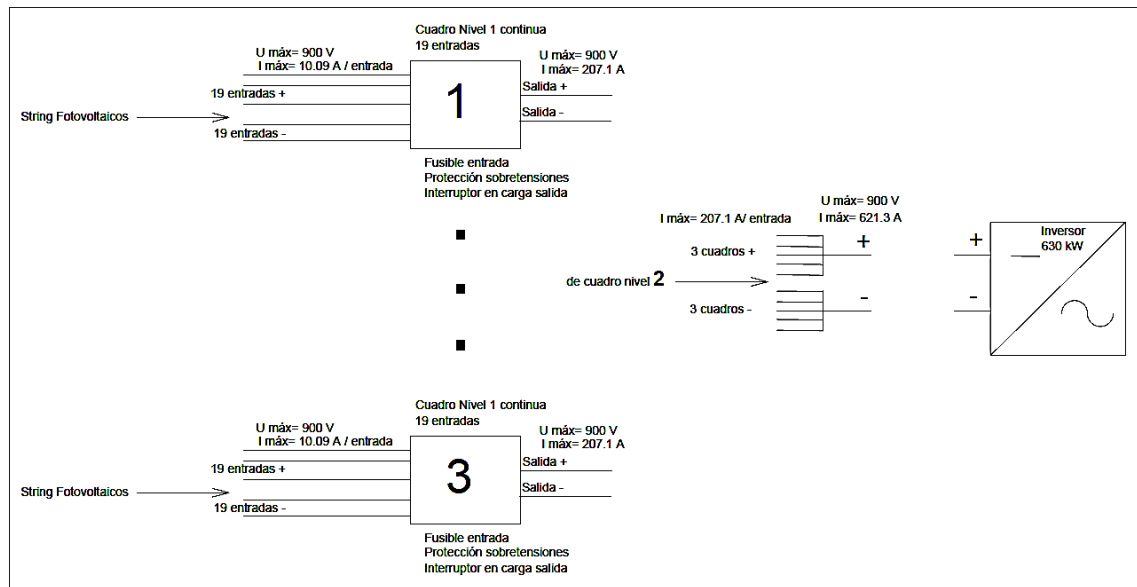
	paneles/canales/cuadros	I máx cc	I pmp	V máx abierto	V pmp	Pot kW
1 string/canal	24 paneles	10,09	9,48	900,0	798	7,56
cuadro I	19 canales	207,01	151,68	900,0	798	120,96
1 inversor 630 kW	3 cuadros I	621,30	758,4	900,0	798	625,94

Nota: Elaborado por el autor

En la segunda categoría que conforma el sistema, se integrará el modelo denominado DCBox 06Bprotec, el cual se describe como un cuadro de fusibles que opera bajo un diseño bípole. Este aparato ha sido concebido y fabricado con el propósito específico de gestionar de manera eficiente y soportar adecuadamente las intensidades de corriente que provienen de múltiples fuentes de energía. Desde

la ubicación de este panel específico, los cables se dirigen hacia las protecciones del inversor de energía.

**Figura 7:** Agrupaciones de strings en paralelo



Nota: Autor de tesis

Se va a emplear un inversor con una potencia pico de 630 kW.

El transformador debe tener características especiales:

Los armónicos generados por el inversor tienden a incrementar las pérdidas de energía en vacío, así como también a contribuir al aumento del nivel de ruido. Es posible que el núcleo llegue a un nivel de saturación, por lo que es necesario que se considere un sobredimensionamiento para evitar problemas.

Los armónicos producidos por el inversor contribuyen a un incremento en las pérdidas de carga dentro del sistema y, además, provocan un calentamiento adicional que puede afectar el rendimiento general. Es necesario que el transformador sea dimensionado para manejar una mayor potencia de la que se requería inicialmente.

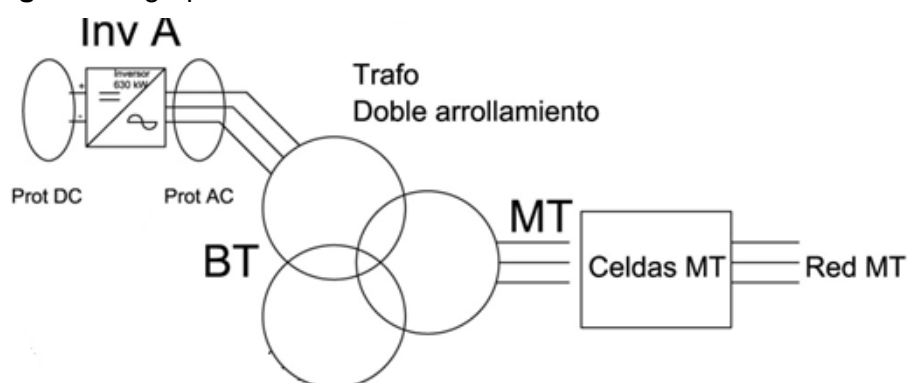
Para prevenir el fenómeno del acoplamiento capacitivo y, al mismo tiempo, ofrecer una protección efectiva al inversor contra posibles sobretensiones, se sugiere encarecidamente la instalación de pantallas electrostáticas que se coloquen

estratégicamente entre los devanados de alta tensión y los devanados de baja tensión.

Los inversores que se encuentran en el sector central poseen niveles de tensión que no son considerados convencionales o típicos en comparación con otros tipos de inversores. Los inversores trabajan con un sistema que proporciona una salida de 440 voltios entre las diferentes fases. Esto se debe a que la tensión óptima necesaria para el funcionamiento eficiente de este proyecto en particular varía y está determinada por el diseño específico, el cual ha sido cuidadosamente elaborado para maximizar la potencia y el rendimiento general del sistema. Los diferentes componentes eléctricos presentan ciertas limitaciones en cuanto a la cantidad de corriente y la tensión que pueden manejar de manera segura. Por esta razón, el fabricante ha decidido establecer la salida de energía en formato de corriente alterna, teniendo en cuenta los aspectos del diseño específico del dispositivo. Por esta razón, no es posible emplear un transformador convencional en aplicaciones fotovoltaicas que utilicen estos tipos de inversores.

La serie de transformadores conocida como PV Minera, fabricada por la empresa Schneider, está diseñada específicamente para ser utilizada en sistemas fotovoltaicos, proporcionando una capacidad de hasta 0,60 MVA y una tensión máxima de 36 kV.

**Figura 8:** Agrupación de inversor con transformador de 3 devanados



Nota: Elaborado por el autor

Las especificaciones y detalles del transformador que ha sido elegido pueden ser consultados en la tabla que se presenta a continuación:

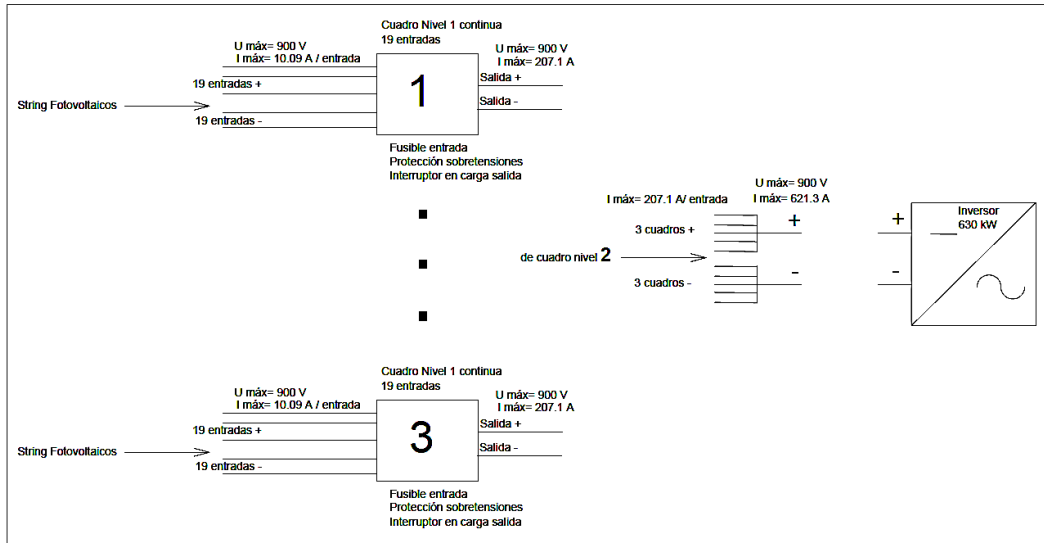
**Tabla 9:** Especificaciones del transformador

Datos técnicos del transformador PV		
Fabricante		Schneider
Denominación		Minera PV-600
Potencia	kVA	600
Tensión primaria entre fases	V	2x350
Tensión secundaria	kV	10
Nivel de tensión de aislamiento (primario)	kV	15
Rango de regulación	%	-5, -2,5, 0, +2,5, +5
Grupo de conexión		DY11Y11
Pérdidas en vacío	w	1350
Pérdidas en plena carga	w	11000
Tensión de cortocircuito	%	6
Tipo de refrigerante		aceite mineral
Estándar		N 50464-1, EN 60076-1 hasta 10
Peso de aceite	kg	1150
Peso total	kg	4200

Nota: Ficha técnica de transformador PV 600 Schneider

Finalmente, la organización y distribución de los elementos se llevará a cabo conforme al siguiente esquema que se presentará a continuación:

**Figura 9:** Configuración de la Central Solar Fotovoltaica



Nota: Elaborado por el autor

### Disposición física, separación entre filas de paneles y estructura de soporte

El procedimiento mediante el cual se establece y se determina con precisión el ángulo de inclinación es el siguiente:

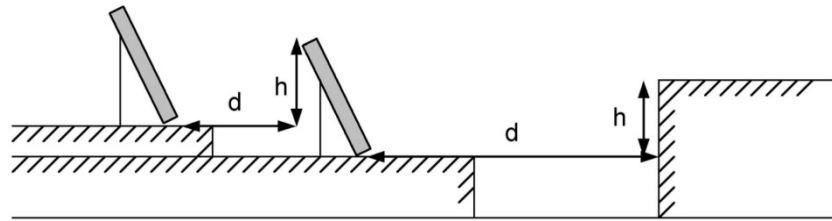
$$\beta_{oPT} = 3,7 + 0,69 * |\Phi| = 8,39, \text{ donde } \Phi \text{ es latitud} \quad \text{Fórmula 6}$$

Debido a su posición geográfica específica, se opta por establecer un ángulo de 15°, conforme a las recomendaciones detalladas en la guía de instalación proporcionada por el Ministerio de Energía y Minas, tal como se indica en el documento de PMACURI del año 2008.

De acuerdo con lo establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de IDEA, Se propone que es fundamental que la distancia horizontal que se mantenga entre las diferentes filas de módulos, así como la separación entre una fila de módulos y cualquier tipo de obstáculo o estructura que se encuentre en su proximidad, sea suficientemente amplia. Esto es crucial para garantizar que, durante el mediodía en el momento del solsticio de invierno, se eviten sombras y se maximice la captación

de luz solar, al menos se puedan recibir 4 horas de luz solar directa.

**Figura 10:** Separación entre filas de paneles



Nota: Elaboración propia

La representación gráfica conocida como figura 10 muestra de manera clara este aspecto en particular, donde es importante señalar que, en cualquier circunstancia, el valor de  $d$  debe ser, como mínimo, equivalente a la multiplicación de  $h$  por  $k$ . Aquí,  $k$  se define como un factor sin dimensiones que se establece de acuerdo a los siguientes criterios:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad \text{Fórmula 7}$$

Dado que es necesario mantener una separación específica entre las filas de paneles, la opción seleccionada consiste en organizar las filas de manera que se coloquen 2 paneles uno sobre otro en posición vertical, lo que resulta en una altura total de 0,8 metros.

**Tabla 10:** Separación entre filas de paneles

Datos paneles y latitud		$k$ resultante	Disposición	Resultados	
Alto panel(m)	1,957	0,4079	Panel en altura	$h(m)$	$d(m)$
Ancho panel (m)	0,992		1 panel vertical	1,2726133	0,51909897
Inclinación (°)	15		1 panel horizontal	0,64508554	0,26313039
Latitud (°)	-6,804546		2 paneles en vertical	1,957	0,7982603

Nota: Autor de tesis

La distancia final es de aproximadamente 1 metro, pero se utiliza 3 metros para facilitar la instalación con un camión grúa.

Los soportes fijos que se utilizarán para los paneles solares estarán compuestos

por un total de 3 soportes, diseñados específicamente para sostener un conjunto de 2 cadenas o "strings" que se organizan en una disposición de 2 filas y 7 columnas cada una. Estos soportes están fabricados con aluminio de excelente calidad, garantizando una gran durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas. Además, contarán con tornillería fabricada en acero inoxidable, lo que proporcionará una protección adicional contra la corrosión. Las patas de los soportes serán de acero galvanizado, un material que también ofrece mayor resistencia y longevidad, asegurando así una instalación sólida y fiable a lo largo del tiempo. Se incorporarán prensos, tanto laterales como centrales, con el propósito de fijar firmemente cada módulo al perfil correspondiente. La empresa conocida como Autosolar ofrece la posibilidad de personalizar el soporte para adaptarse a paneles solares de diversas dimensiones. Sin embargo, establece ciertas limitaciones, como una altura máxima de instalación de 3 metros y una inclinación que no puede exceder los 20 grados. Además, este sistema de soporte está diseñado para resistir cargas de hasta 200 Newtons por metro cuadrado y vientos de hasta 29 metros por segundo, garantizando así su eficiencia y seguridad en condiciones variadas. El Anexo 07 proporciona una descripción detallada y exhaustiva acerca de las diversas características y especificaciones de los soportes utilizados.

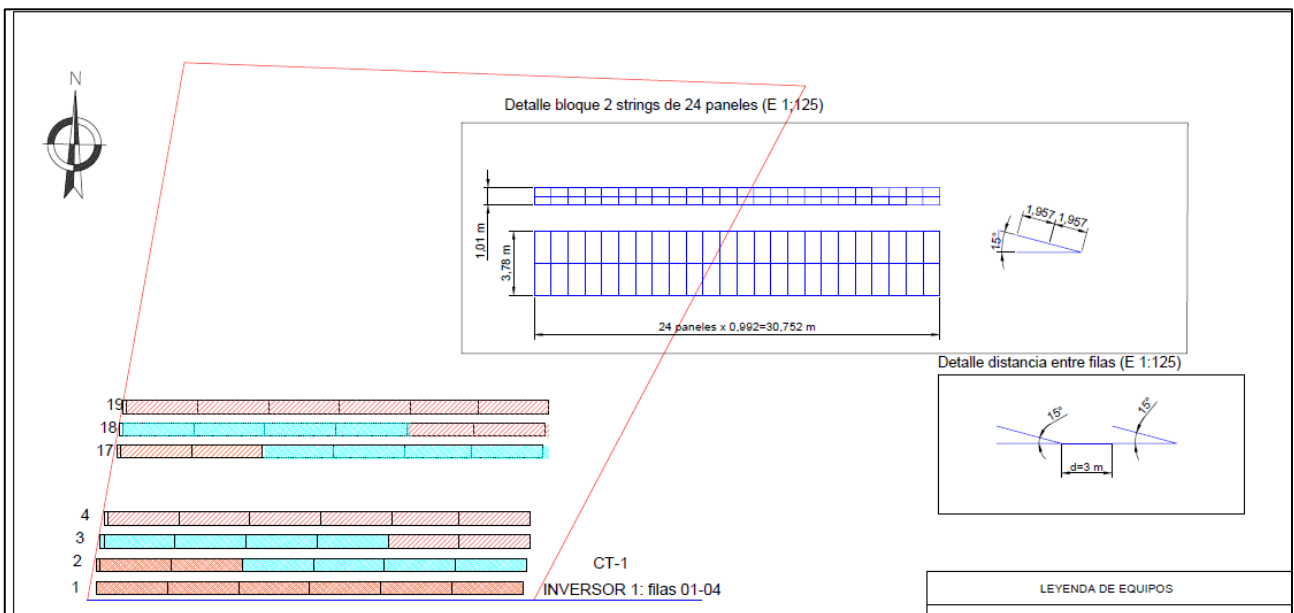
La distancia definitiva que se necesita alcanzar es de alrededor de un metro; sin embargo, se toma en consideración una medida de tres metros para facilitar la adecuada instalación utilizando un camión grúa.

No se han empleado sistemas de seguimiento para los paneles solares debido a sus diversas desventajas: en primer lugar, tienden a ser más caros, además

requieren un mayor nivel de mantenimiento; también es importante mencionar que su instalación es más complicada en comparación con alternativas más simples, y, por último, su uso puede complicar la distribución adecuada de los paneles en el espacio disponible.

La organización y el posicionamiento de los distintos componentes dentro de la Central Fotovoltaica se ilustran de manera clara y detallada en la gráfica que se presenta a continuación:

**Figura 11:** Disposición de los componentes en la Central Fotovoltaica



Nota: Elaboración Propia

### **Cálculo de la sección de conductores en corriente continua**

El sistema de cableado que se utiliza para la corriente continua se organiza y clasifica en dos niveles distintos. La selección de los conductores se realiza

teniendo en cuenta que la reducción de tensión experimentada no debe exceder el 1,5% desde el generador hasta el punto en el que se lleva a cabo la interconexión. La fórmula que se utilizará para llevar a cabo el cálculo será la siguiente:

$$\Delta V = \frac{I_{pmp} * \rho * 2 * L}{S} \quad \text{Fórmula 8}$$

Donde:

$\Delta V$ : es la variación de tensión en voltios

$I_{pmp}$ : es la intensidad circulante en el tramo considerado, para el punto de máxima potencia,

$\rho$ : es la resistividad del cobre,

$S$ : es la sección del cable (Los cables serán seleccionados de INDECO por ser una marca comercial),

- Cables desde string hasta los cuadros de nivel I

Sustituyendo obtenemos:

**Tabla 11.** Cálculo del conductor entre string y cuadros nivel I

PRIMER TRAMO		
Símbolos	Magnitud	unidades
V	722	V
$I_{pmp}$	9,48	A
$\rho$	0,017	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
L	127	m
$\Delta V$	0,015	
S	3,42	mm

Nota: Elaboración propia

Hemos decidido optar por el conductor N2XY UNIPOLAR de 10 mm<sup>2</sup>, ya que para que el string funcione correctamente, es necesario contar con dos de estos conductores, uno de ellos para la polaridad positiva y el otro para la polaridad negativa.

- El proceso de cálculo de los cables que van desde la caja de corriente continua número II hasta el inversor considera que la caída de tensión en este trayecto es tan pequeña que puede ser ignorada, gracias a la cercanía de los equipos involucrados. Para elegir el tipo y tamaño adecuado del conductor, se toma en cuenta la corriente que se genera en la máxima potencia, la cual se multiplica por un factor de 1,25.

$$I_d = I_{pmp} * 1,25 \qquad \text{Fórmula 9}$$

Siendo:

$I_d$ : corriente de diseño

$I_{pmp}$ : es la intensidad circulante en el tramo considerado, para el punto de máxima potencia

Sustituyendo se obtiene:

**Tabla 12:** Cálculo del conductor entre DC Box II y el inversor

SEGUNDO TRAMO		
Símbolos	Magnitud	unidades
$I_{pmp}$	758,4	A
a	1,25	
$I_d$	948	A

Nota: Elaboración propia

Se seleccionó el conductor N2XY UNIPOLAR, que tiene una capacidad de 0,6/1 kV y un área de sección transversal de 400 mm<sup>2</sup>, debido a que su voltaje y amperaje son apropiados para nuestras necesidades específicas.

### **Cálculo de la sección de conductores en corriente alterna**

- Cables desde el inversor hasta el transformador:

El cable debe soportar 350 V trifásicos sin neutro a 60 Hz y 1040 A del inversor, obteniendo los resultados similares al punto anterior:

**Tabla 13:** Cálculo del conductor entre el inversor y el transformador

TERCER TRAMO		
Símbolos	Magnitud	unidades
Ipmp	1040	A
a	1,25	
Id	1300	A

Nota: Elaboración propia

Se seleccionan dos conductores unipolares de tipo N2XY, que poseen una capacidad de 0,6/1 kV y una sección transversal de 240 mm<sup>2</sup>, para ser utilizados en cada una de las fases del inversor.

- Cables desde el transformador hasta la red:

El cable en cuestión tiene la obligación de poder soportar una tensión trifásica que llega hasta los 10 kV operando a una frecuencia de 60 Hz, así como la capacidad de gestionar una corriente de 126 A proveniente del transformador. A raíz de estas especificaciones, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 14** Cálculo del conductor entre transformador hasta la red

CUARTO TRAMO		
Símbolos	Magnitud	unidades
Ipmp	126	A
a	1,25	
Id	157,5	A

Nota: Elaboración propia

Se escoge un conductor NA2XSA2Y-S de 6/10 Kv con una sección de 3x1 y un tamaño de 35 mm<sup>2</sup> específicamente para las tres fases del transformador. Esta elección se debe a que el amperaje del conductor seleccionado es tres unidades inferiores a lo que se requeriría en condiciones ideales. No obstante, se estima que la electricidad que efectivamente fluirá a través del conductor será menor que la capacidad máxima que originalmente se había previsto, esto se debe a que la

cantidad de energía producida por los paneles solares resulta ser inferior a la potencia nominal máxima que el inversor, que se ha implementado en el sistema, es capaz de gestionar.

#### **4.4. Nuevos indicadores de confiabilidad del Alimentador C-218, después de implementar la generación distribuida**

Como consecuencia de que como ya se instaló el Sistema de Generación Distribuida para aliviar la sobre potencia del alimentador, el alimentador ya no fallará por sobrecarga, quedando así:

**Tabla 15:** Comportamiento del Alimentador C-218, con el Sistema de Generación Distribuida

Fecha de inicio	Fecha de Fin	Motivo	Sub-Motivo	N° de usuarios afectados	Duración (H)	SAIDI	SAIFI	CAIDI	ASAI (%)	
18/11/2024 18:11	18/11/2024 18:09	Falla	Transitorio	6375	1.2000	6.9369	6.936887922	1.000000	99.921	
18/11/2024 17:35	18/11/2024 18:09	Falla	Transitorio	2242	2.4367	10.0580	4.102285092	2.451795	99.885	
31/10/2024 13:55	31/10/2024 17:14	Falla	Cortocircuito	6265	3.3457	5.3392	6.102285092	0.874958	99.939	
29/10/2024 15:44	29/10/2024 15:51	Falla	Transitorio	7614	2.2150	9.0119	5.102285092	1.766254	99.897	
29/10/2024 15:14	29/10/2024 16:01	Falla	Colapso de estructura	6365	1.9833	5.4254	6.926006529	0.783333	99.938	
13/04/2024 17:11	13/04/2024 17:30	Falla	Falla o malfuncionamiento en el equipo	4709	2.4500	10.6226	5.124047878	2.073091	99.879	
16/03/2024 16:10	16/03/2024 16:24	Falla	Avería en equipo de protección y/o maniobra	4299	3.3333	10.0915	4.677910773	2.157269	99.885	
19/02/2024 17:23	19/02/2024 17:34	Falla	Avería en equipo de protección y/o maniobra	4660	2.0833	4.9296	5.070729053	0.972175	99.944	
12/02/2024 08:35	12/02/2024 19:48	Falla	Avería en equipo de protección y/o maniobra	5456	1.4560	9.0008	5.089227421	1.768605	99.897	
22/01/2024 11:45	22/01/2024 12:15	Falla	Transitorio	5743	2.2364	11.1246	6.249183896	1.780167	99.873	
				<b>PROMEDIO</b>	<b>5373</b>	<b>2.2740</b>	<b>8.25405876</b>	<b>5.538084875</b>	<b>1.5628</b>	<b>99.906</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>53728</b>	<b>22.7397</b>				

Donde podemos determinar que

**Tabla16:** Indicadores de Confiabilidad

<b>INDICADOR</b>	<b>SAIDI</b>	<b>SAIFI</b>	<b>CAIDI</b>	<b>ASAI</b>
Rangos para el sector urbano según OSINERGMIN	8,00 horas/año	4,00 / año	1,5 horas	99,83 %
2024	<b>6,58</b>	<b>3,53</b>	<b>1,38</b>	<b>99,83</b>

Nota: OSINERGMIN

Como podemos ver los Indicadores de Confiabilidad del Alimentador C-218, cumple con lo dispuesto por el OSINERGMIN.

#### **4.5. Evaluación económica que involucra el sistema de generación distribuida**

Realicemos un cálculo detallado del presupuesto necesario con el fin de analizar y evaluar la viabilidad de implementar la generación distribuida en el Alimentador C-218, que se encuentra en la ciudad de Chiclayo.

Hemos realizado un exhaustivo cálculo del presupuesto necesario para llevar a cabo el establecimiento de la Central Fotovoltaica.

**Tabla 17:** Presupuesto para la instalación de la Central Fotovoltaica

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNIT. S/	PRECIO PARCIAL S/
<b>1.00</b>	<b><u>EQUIPOS</u></b>				
1.01	Panel Fotovoltaico Powest 360 Wp 38 V	u	1,368.00	450.00	615,600.00
1.02	Estructura Elevada ELV 2x7 3M	u	195.00	2,178.93	424,891.35
1.03	Conductor N2XY Unipolar 0,6/1 kV	m	5,060.00	2.02	10,221.20
1.04	Cable Solar 12AWG DC/AC - 1/0,6 kV	m	3,400.00	10.10	34,340.00
1.05	Multi-Contact MC4 Female Connector	u	16.00	7.00	112.00
1.06	Multi-Contact MC4 Female Connector	u	16.00	7.00	112.00
1.07	Fusible Gpv-1000Vdc - 10x38mm 10A	u	320.00	38.10	12,192.00
1.08	Protector Sobretensiones PSM3 - 40/100PV	u	1.00	187.00	187.00
1.09	Interruptor Corte en Carga NSX160 TM DC PV	u	1.00	1,200.16	1,200.16
1.10	Cuadro DC Nivel I(Array Box AB16-160)	u	1.00	746.72	746.72
1.11	Bandejas de rejillas 60x300mm	m	500.00	35.65	17,825.00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>1,117,427.43</b>
<b>2.00</b>	<b><u>MANO DE OBRA (8h X 30d)</u></b>				
2.01	Ingeniero Supervisor	Gbl.	1.00	4,000.00	4,000.00
2.02	Ingeniero de Seguridad	Gbl.	1.00	4,000.00	4,000.00
2.03	Técnico Electricista	Gbl.	2.00	2,800.00	5,600.00
2.04	Ayudante	Gbl.	2.00	2,200.00	4,400.00
2.05	Otros	Gbl.	1.00	1,000.00	1,000.00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>19,000.00</b>
<b>3.00</b>	<b><u>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</u></b>				
3.01	Herramientas Varios	%MO	0.05	19,000.00	950.00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>950.00</b>
<b>4.00</b>	<b><u>TRANSPORTE</u></b>				
4.01	Transporte	Glb	0.05	1,117,427.00	55,871.35
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>55,871.35</b>
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>1,193,248.78</b>

Nota: Elaboración Propia

Después de haber completado las etapas preliminares, nos pusimos a la tarea de efectuar un cálculo detallado del presupuesto que será indispensable para poder llevar a cabo la instalación del sistema de acoplamiento y protección que hemos planeado implementar en el futuro cercano.

**Tabla 18:** Presupuesto para la instalación del sistema de acoplamiento y protección

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	UNID.	CANTIDAD	PRECIO UNIT. S/	PRECIO PARCIAL S/
<b>1.00</b>	<b><u>EQUIPOS</u></b>				
1.01	PV Box 500	u	1.00	8,600.00	8,600.00
1.02	Cuadro DC Nivel II (DC 06B Protec)	u	3.00	4,177.89	12,533.67
1.03	Fusible Gpv NH1 160A	u	1.00	63.00	63.00
1.04	Protector Sobretensiones PSM3 - 40/100PV	u	2.00	55.00	110.00
1.05	Vigilador Aislamiento PV1000 Vdc doble relé	u	1.00	574.88	574.88
1.06	Interruptor 2P NSX 1000 NA DC PV	u	1.00	9,138.35	9,138.35
1.07	Interruptor 2P NSX 1000 NA DC PV motorizado	u	1.00	7,138.35	7,138.35
1.08	Inversor XC-630	u	1.00	44,174.14	44,174.14
1.09	Protector Sobretensiones PSM40/tipo2/400V	u	2.00	70.00	140.00
1.10	Vigilador Aislamiento iso-check 230 simple relé	u	2.00	472.38	944.76
1.11	Interruptor NS1250N-3P	u	2.00	11,824.36	23,648.72
1.12	Transformador Minera PV 600 kVA	u	1.00	20,956.41	20,956.41
1.13	Conductor N2XY Unipolar 0,6/1kV 25 mm2	m	5,003.00	2.60	13,007.80
1.14	Conductor N2XY Unipolar 0,6/1kV 400 mm2	m	5.00	12.30	61.50
1.15	Conductor N2XY Unipolar 0,6/1kV 240 mm2	m	5.00	15.20	76.00
1.16	Conductor N2XY Unipolar 0,6/1kV 35 mm2	m	2.00	22.20	44.40
1.17	Bandejas de rejillas 60x100mm	m	50.00	14.62	731.00
1.18	Pack de accesorios y otros	und	0.20	18,556.00	3,711.20
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>145,654.18</b>
<b>2.00</b>	<b><u>MANO DE OBRA (8h X 30d)</u></b>				
2.01	Ingeniero Supervisor	Gbl.	1.00	3,000.00	3,000.00
2.02	Ingeniero de Seguridad	Gbl.	1.00	3,000.00	3,000.00
2.03	Técnico Electricista	Gbl.	2.00	2,400.00	4,800.00
2.04	Ayudante	Gbl.	2.00	2,100.00	4,200.00
2.05	Otros	Gbl.	1.00	1,000.00	1,000.00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>16,000.00</b>
<b>3.00</b>	<b><u>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</u></b>				
3.01	Herramientas Varios	%MO	0.05	16,000.00	800.00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>800.00</b>
<b>4.00</b>	<b><u>TRANSPORTE</u></b>				
4.01	Transporte	Glb	0.05	145,654.18	7,282.71
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>7,282.71</b>
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>169,736.89</b>

Nota: Elaborado por el autor

Finalmente hemos llegado a una conclusión sobre el presupuesto destinado a las obras civiles que se llevarán a cabo.

**Tabla 19:** Presupuesto de obras civiles

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	UND.	CANT.	PRECIO UNIT. S/.	PRECIO PARCIAL S/.
<b>1.00</b>	<b>ACTIVIDAD</b>				<b>86097,62</b>
1.1	Apertura de zanja 30x30 cm para cimientos de estructuras	und	400,00	3,16	1264,00
1.2	Apertura de zanja 30x80 cm para puestas a tierra en lateral	und	55,00	4,16	228,80
1.3	Excavación 370x40 cm para vial y acera en lateral de parcela	und	35,00	30,82	1078,70
1.4	Hormigón HA-25 para zunchos y cimentaciones	und	400,00	148,55	59420,00
1.5	Firme rígido para tráfico pesado T 42 sobre explanada E3, compuesto de capa de 20 cm de espesor de HF-3,5.	und	400,00	57,19	22876,00
1.6	Solado de loseta de hormigón para uso exterior	und	36,00	34,17	1230,12
<b>2.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>19000,00</b>
2.1	Ingeniero Supervisor	Glb.	1,00	4000,00	4000,00
2.2	Ingeniero de Seguridad	Glb.	1,00	4000,00	4000,00
2.3	Técnico Electricista	Glb.	2,00	2800,00	5600,00
2.4	Ayudante	Glb.	2,00	2200,00	4400,00
2.5	Otros	Glb.	1,00	1000,00	1000,00
<b>3.00</b>	<b>MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>				<b>950,00</b>
3.1	Herramientas Varios	%MO	0,05	19000	950,00
<b>TOTAL</b>					<b>106047,62</b>

Nota: Elaborado por el autor

El presupuesto total será:

**Tabla 20:** Presupuesto Total

ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
<b>A</b>	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>	1 117 427,43	145 654,18	0,00	1263081,61	1 263 081,61
<b>B</b>	<b>MONTAJE ELECTROMECAÁNICO Y CIVIL</b>	19 950,00	16 800,00	106047,62	142797,62	142 797,62
<b>C</b>	<b>TRANSPORTE</b>	55 871,37	7 282,71	0,00	63154,08	63 154,08
	<b>COSTO DIRECTO (A+B+C)</b>	1 193 248,80	169 736,89	106047,62	1469033,31	1 469 033,31
	<b>GASTOS GENERALES y UTILIDADES</b>	238 649,76	33 947,38	21209,52	293806,66	293 806,66
	<b>COSTO DE OBRA (SIN IGV)</b>	1 431 898,56	203 684,27	127 257,14	1,762,839,97	1 762 839,97
<b>PRECIO</b>	<b>COSTO DE OBRA (CON IGV)</b>	<b>1 703 959,29</b>	242384,28	151436,00	2097779,57	<b>S/.2 097 779,57</b>

Nota: Elaborado por el autor

De la misma manera, llevamos a cabo el cálculo de la cantidad de energía que generará la Central Fotovoltaica, utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$E = P_{SFV} * hf * 365 * fd \quad \text{Fórmula 10}$$

De la manera en que se logra obtener:

Psfv	0,50 MW
hf	10,00 h
fd	0,21
<b>E</b>	<b>383,25 MWh/año</b>

Se ha considerado cuidadosamente que los gastos relacionados con la operación y el mantenimiento de las actividades proyectadas son equivalentes a aproximadamente un 1% del total de la inversión que se tiene planeado realizar a lo largo de un año. Esta evaluación detallada nos lleva a la conclusión que se

exponen a continuación:

<b>COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
OyM (0,1%)	2097,78

De igual manera, procedemos a determinar el Costo Teórico asociado a la Generación de Energía Eléctrica utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$LCOE = \frac{\text{Costos Inversión} + \text{Costos OyM}}{\text{Generación de Energía anual}}$$

Fórmula 11

S/. 146,20	S/. 175,4424
S/. 478137,41	

Entonces con los siguientes datos:

<b>COSTO</b>	
Planta Fotovoltaica (S/.)	2097779.57
O y M (0,1%) al año (S/.)	2097.78
E (MW-h/año)	383,25

Obtenemos:

<b>LCOE</b>	0.284 S/./kWh
-------------	---------------

Además, calcularemos el ingreso por Bonos de Carbono, así:

Electricidad	376 333,25 kWh
Factor de emisión	0,62 Kg de CO <sub>2</sub> eq/kWh
Kg de CO <sub>2</sub> eq	231 444.95 Kg

<b>BENEFICIO</b>	<b>Valor</b>	
1T de CO <sub>2</sub>	S/.860,20	S/.1 032,2424
<b>MONTO</b>	S/.253 907,29	

Finalmente, llevaremos a cabo la determinación de los ingresos generados por la producción de energía. Con ese propósito en mente, aplicaremos la fórmula que se presenta a continuación:

$$IG_{SFV} = P_o + hp * 365 * fd * P_{SFV}$$

Fórmula 12

Po (S/.)	100
Hp (h)	10
fd	0,98
P <sub>SFV</sub> (MW)	0,50
IG <sub>SFV</sub> (S/.)	178 850

Con la información que se nos ha brindado, nos disponemos a realizar una evaluación exhaustiva y minuciosa de la situación económica actual, tomando en consideración una tasa de interés que se establece en un 12% anual y un horizonte temporal que se extiende a lo largo de un total de 20 años. Una vez que hayamos completado este exhaustivo análisis, procederemos a obtener y presentar el resultado que se derive de él.:

**Tabla 21:** Evaluación Económica (precios en S/)

<b>AÑOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>EGRESOS / INGRESOS</b>								
Planta fotovoltaica	-2097779,57							
OyM		-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78
Sub total	-2097779,57	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78	-2097,78
<b>EGRESOS</b>								
Producción		178850,00	178850,00	178850,00	178850,00	178850,00	178850,00	178850,00
Bonos de carbono		253907,29	253907,29	253907,29	253907,29	253907,29	253907,29	253907,29
Sub total		432757,29	432757,29	432757,29	432757,29	432757,29	432757,29	432757,29
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	-2097779,57	-1667120,06	-1236460,55	-805801,04	2208815,53	2639475,04	6084751,12	6515410,63
<b>VAN</b>	4815472,523		(+)					
<b>TIR</b>	18,08%							

Nota: Elaboración propia

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente de investigación son:

- La confiabilidad del Alimentador C-218, ubicado en Chiclayo, durante el año 2024 se ha medido y se presentan los siguientes indicadores: SAIDI que alcanza un valor de 8,88, SAIFI que se sitúa en 5,83, CAIDI que es de 1,58 y ASAI que se encuentra en 99,89. Todos estos valores están claramente por encima de los estándares establecidos por la entidad reguladora OSINERGMIN. Adicionalmente, se observa que el alimentador está alcanzando su capacidad máxima de potencia. Como resultado de esto, es necesario implementar medidas para aliviar la sobrecarga, lo cual implica la necesidad de contar con una potencia adicional de 0,5 megavatios.
- El tipo específico de sistema de generación distribuida que se tiene planeado instalar en el Alimentador C-218 es, sin lugar a dudas, el Sistema de Generación Fotovoltaica.
- El sistema de generación distribuida fotovoltaica se compone de varios elementos esenciales que desempeñan un papel crucial en su funcionamiento. En primer lugar, se incluye un transformador de potencia con una capacidad de 600 kVA, que es fundamental para la conversión y manejo de la energía generada. Además, cuenta con un conjunto de 1,368 paneles fotovoltaicos de la marca Powest, cada uno con una potencia de 360 Wp y un voltaje de 38 V, que son responsables de capturar la energía solar y transformarla en electricidad utilizable. También se requieren 195 estructuras elevadas, que sirven para soportar los paneles y optimizar su

ángulo de inclinación. Complementando este sistema, se incorpora un PV Box de 500 para la gestión y distribución de la energía generada, y tres cuadros de corriente continua, a nivel II, especificados como DC 06B Protec, que aseguran la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica.

- Los indicadores que miden la confiabilidad del Alimentador C-218, tras la implementación del Sistema de Generación Distribuida basado en energía fotovoltaica, han mostrado los siguientes valores: un SAIDI de 6,58, un SAIFI de 3,53, un CAIDI de 1,38 y un ASAI de 99,83. Estos números se encuentran adecuadamente dentro del rango establecido por la normativa vigente del organismo regulador OSINERGMIN, lo que indica un buen desempeño del sistema.
- El monto total del presupuesto necesario para realizar la instalación del Sistema de Generación Distribuida Fotovoltaica asciende a S/ 2 097 779,57. El costo total de generación de la energía asciende a S/ 0,296/kWh. Además de lo mencionado anteriormente, se observa que la Tasa Interna de Retorno (TIR) se sitúa en un notable 18.08%. Asimismo, el Valor Actual Neto (VAN) se ha calculado en la suma de S/ 4 815 472,523, lo que pone de manifiesto de manera clara y contundente que este proyecto posee viabilidad económica

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda:

- Llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre los sistemas de protección

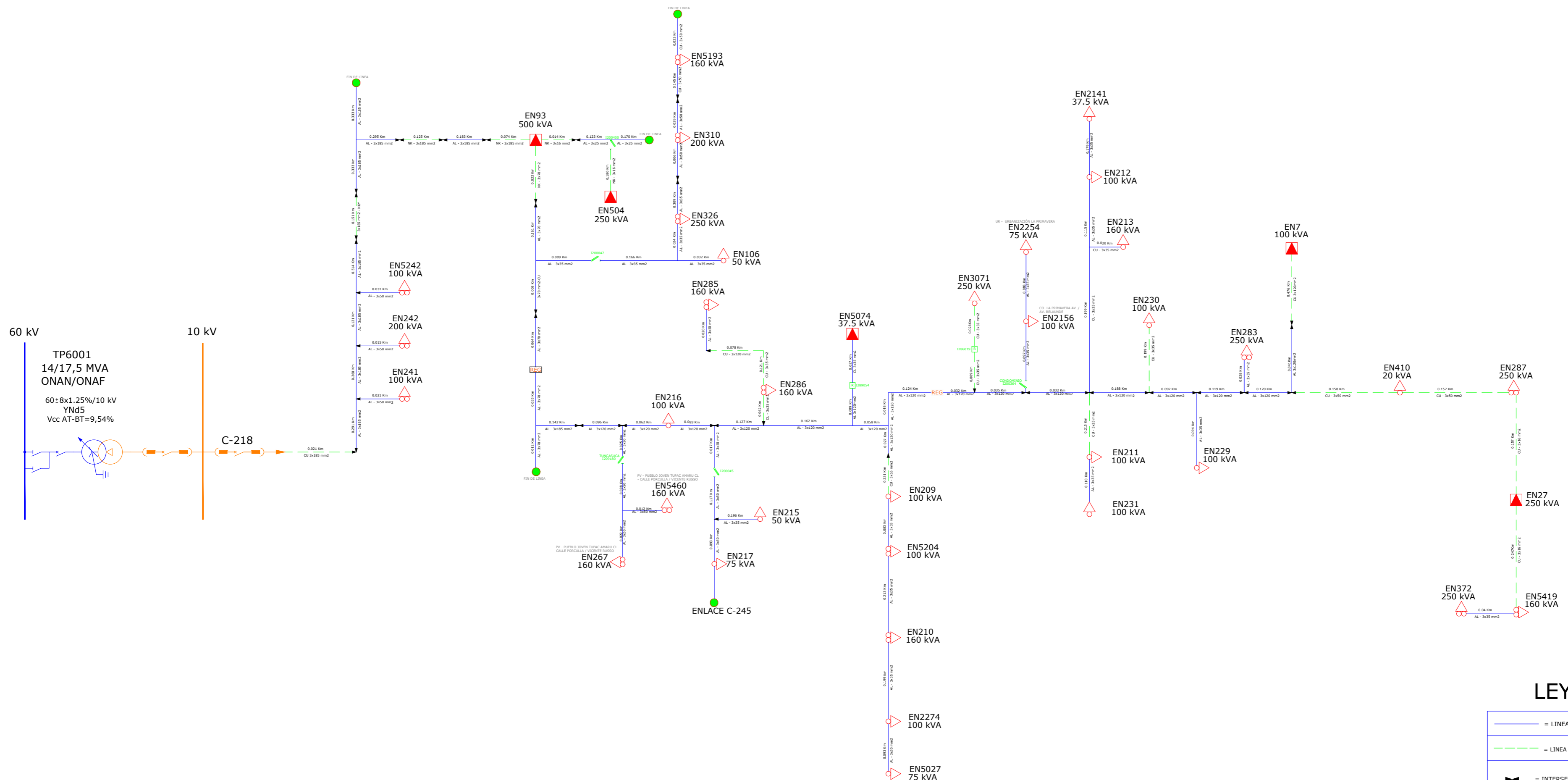
instalados en el alimentador eléctrico C-218.

- Realizar una evaluación exhaustiva de la implementación del Sistema de Generación Distribuida en todos los demás alimentadores que pertenecen a la empresa Electronorte SA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Flores, E. P. (2021). *Diseño y selección de un sistema de generación eléctrica utilizando fuentes renovables para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua en el centro poblado de Mata Indio, distrito de Cayaltí*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Alvarez Cadillo, K. C., & León Saavedra, S. D. (2020). *Aspectos técnicos en una red de distribución al inyectar energía eléctrica de micro generación fotovoltaica distribuida desde una vivienda urbana en Nuevo Chimbote – Perú*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- ASTM. (2024). *La Confiabilidad*.
- Blanco Orozco, N. V. (2021). *Generación de energía eléctrica en sistemas de generación distribuida de pequeña escala usando bioenergía en Nicaragua*. Nicaragua: Univesidad Industrial de Santander.
- Cruceira Fuetan, E. P. (2021). *Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica Del Norte*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2020). *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons.
- ENDESA. (2024). *La Generación Distribuida*.
- Guevara Calderón, B. A. (2020). *Aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica y reducción de emisiones de CO2 en el caserío Nuevo Eden – Yambrasbamba – Amazonas*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Pajares Espejo, M. G. (2021). *Generación híbrida de 2 kW para el centro poblado Laguna Huanama en el distrito de Salas*. Chiclayo, Perú: Universidad Señor de Sipán.
- PROMELSA. (2024). *Conoce las principales medidas de seguridad para líneas de transmisión de media tensión*.
- Saaty, T. L. (1980). *Método para ponderar criterios según su importancia relativa*.
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Serrano Carhuallanqui, J. M. (2019). *Influencia de la pérdida por caída de tensión en la línea de transmisión de la selva oriental San Martín*. Huancayo: Universidad Continental.
- Trigoso Yarlaque, J. A. (2021). *Estudio de confiabilidad en alimentadores de la subestación Chiclayo Oeste utilizando el método probabilístico de simulación montecarlo para determinar índices de confiabilidad*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Valadez, J. M. (2002). *Generación Distribuida*. Mexico: Alfaomega.

## ANEXOS



**LEYENDA**

	= LINEA AEREA MT
	= LINEA SUBTERRANEA MT
	= INTERSECCION ENTRE CALIBRES
	= SECCIONADOR CUT OUT
	= SUB ESTACION MONOPOSTE
	= SUB ESTACION BIPOSTE
	= INSTALACION EQUIPO REGULADOR
	= SUB ESTACION DE CASETA
	= RECLOSER
	= TRANFOMIX

**DIAGRAMA UNIFILAR:  
ALIMENTADOR C - 218 (A2022)**



**DPTO. INGENIERIA Y ANALISIS**

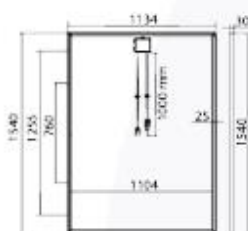
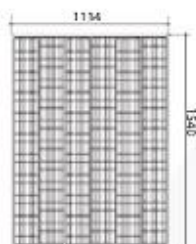
Fecha: 10/03/2025	Formato: A1	Escala: 1:1500
----------------------	----------------	-------------------

## Anexo 02: Datos Técnicos Módulos Solares

# POWEST®

Panel Solar Monocristalino 360W

- Máxima durabilidad Vs otros módulos fotovoltaicos del mercado.
- Especializados para trabajar en condiciones adversas.
- Mayor rendimiento energético gracias a su vidrio y cristal texturizado avanzado de alta transmisión, permite tener mayor eficiencia y transmisión de energía.
- Diseño innovador en sus celdas, permite reducir costos y tiempos de manejo en su instalación.



CERTIFICADO  
**RETIE**

\* Sigue a modificaciones en precios, pesos, según requerimiento del cliente, según disponibilidad de inventario y/o bajo pedido del cliente. \*\* Datos de referencia, consulte los en versión por separado.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÓDULO SOLAR	
Tipo de módulo	Monocristalino
Diseño	HP5400-6300
Potencia máxima (P <sub>max</sub> )	360W
Tolerancia salida de potencia	±2%
Eficiencia	20.66%
Voltaje en potencia máxima (V <sub>mp</sub> )	34.25VDC
Corriente potencia máxima (I <sub>mp</sub> )	10.53A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	41.0VDC
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	11.56A
Módulo a modo del sistema	600VDC
Máx. serie de fusibles	30A
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67
Rango de temperaturas de funcionamiento	-40°C a 85°C
MOCT (Temperatura nominal de funcionamiento de la celda)	±0.5 ± 2
Dimensiones (Alt x Ancho x Profundo)	1540mm x 1134mm x 30mm
Peso	18.6kg
Celda (construcción / material)	60 / silicio monocristalino
Clase de aplicación	A
Celda (longitud / área transversal)	1000mm / 4.0mm <sup>2</sup>
Conector	MC4
Certificaciones y verificados	IEC 61215, IEC 61736, CE, CQC, ISO 9001:2015, ISO 14001:2004, GS CHINAS 183/1207, RETIE

## Anexo 03: Datos Técnicos Inversor

### Conext Core XC series

Device short name	XC 540	XC 630	XC 680
<b>Electrical specifications</b>			
<b>Input (DC)</b>			
Input voltage range, MPPT	440 - 800 V (at PF=1)	510 - 800 V (at PF=1)	550 - 800 V (at PF=1)
Static MPPT accuracy	>99.9%	>99.9%	>99.9%
	5% to 100% of nominal power	5% to 100% of nominal power	5% to 100% of nominal power
Entire MFP (maximum power point) range: PV generator Fill Factor from 60-80%	Entire MFP (maximum power point) range: PV generator Fill Factor from 60-80%	Entire MFP (maximum power point) range: PV generator Fill Factor from 60-80%	Entire MFP (maximum power point) range: PV generator Fill Factor from 60-80%
Input voltage range, operating	440 - 885 V	510 - 885 V	550 - 885 V
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. input current	1280 A	1280 A	1280 A
Max. input short circuit current	2000 A	2000 A	2000 A
<b>Output (AC)</b>			
Nominal output power	540 kVA	630 kVA	680 kVA
Real power	540 kW (at PF=1)	630 kW (at PF=1)	680 kW (at PF=1)
Reactive power range	+ / - 540 kVAr	+ / - 630 kVAr	+ / - 680 kVAr
Output voltage	300 V	350 V	380 V
Frequency	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Nominal output current	1040 A	1040 A	1040 A
Power factor settable range (Ppf dispatch)	0.8 to 1.0 leading and lagging	0.8 to 1.0 leading and lagging	0.8 to 1.0 leading and lagging
Power factor range (PQ dispatch)	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging
Harmonic distortion	< 3% at rated power	< 3% at rated power	< 3% at rated power
<b>Efficiency (to IEC61683)</b>			
Maximum (@ 50Hz)	98.5%	98.7%	98.9%
European (@ 50Hz)	98.3%	98.4%	98.6%
CEC (@ 60Hz)	98.5%	98.5%	98.7%
<b>General specifications</b>			
Power consumption, night time	< 100 W	< 100 W	< 100 W
IP degree of protection	IP20	IP20	IP20
Enclosure material	Steel	Steel	Steel
Seismic	IEEE-693-2005 High performance level*, ICC-ES AC156-2012**		
Product weight	1590.0 kg (3505.0 lb)	1590.0 kg (3505.0 lb)	1590.0 kg (3505.0 lb)
Product dimensions (H x W x D)	208.5 x 240.0 x 66.0 cm (82.0 x 94.5 x 26.0 in)	208.5 x 240.0 x 66.0 cm (82.0 x 94.5 x 26.0 in)	208.5 x 240.0 x 66.0 cm (82.0 x 94.5 x 26.0 in)
Ambient air temperature for operation	-10°C to 45°C (14°F to 113°F) full power. Power derating to 50°C		
Operating altitude	1000 m, derating for higher altitudes		
Relative humidity	0 to 95% non-condensing		
<b>Features and options</b>			
Type of cooling	Temperature-dependent forced convection cooling		
Display type	LCD multifunction removable display standard		
Communication interface	RS485/Modbus standard		
AC/DC disconnect	Load break rated DC disconnect and AC circuit breaker standard		
Ground fault detection/interruption	Optional isolation monitoring relay or GFDI with circuit breaker		
Sub-array combiner	Optional external combiners with various quantities and trip ratings		
<b>Regulatory approvals</b>			
Conext Core XC Series are CE marked for the EMC Directive (EN61000-6-2 and EN61000-6-4) and Low Voltage Directive (EN50178)			
Conext Core XC Series complies			
	French order of April 23, 2008, IEC 61727, PO 12.3 (Spain), US-MV (FERC 661/661A, FRCC, WECC, NERC PRC-024-1), BDEW (Germany), RD1663/200 (Spain), RD661/2007 (Spain), CEI-016 (Italy), ANRE Order 30/2013 (Romania), PEA (Thailand)		



## Anexo 04: Datos Técnicos Cuadro I

### Array Box

Device short name	AB08-160	AB16-160	AB16-300	AB24-300
<b>Electrical specifications</b>				
<b>DC inputs</b>				
Number of inputs	8	16	16	24
Max. voltage in open circuit	1000 Vdc	1000 Vdc	1000 Vdc	1000 Vdc
Max. input current in short circuit	25 A	25 A	25 A	25 A
Max. input current in short circuit at STC	20 A	20 A	20 A	20 A
<b>DC output</b>				
Max. output current in short circuit				
at ambient temperature $\leq 40^{\circ}\text{C}$	200 A	200 A	375 A	375 A
at ambient temperature $\leq 45^{\circ}\text{C}$	180 A	200 A	350 A	350 A
at ambient temperature $\leq 50^{\circ}\text{C}$	160 A	200 A	315 A	315 A
Max. output current in short circuit at STC				
at ambient temperature $\leq 40^{\circ}\text{C}$	160 A	160 A	300 A	300 A
at ambient temperature $\leq 45^{\circ}\text{C}$	145 A	160 A	280 A	280 A
at ambient temperature $\leq 50^{\circ}\text{C}$	125 A	160 A	250 A	250 A
<b>AC supply*</b>				
Voltage at 50/60 Hz	230 V + 10 / -15%	230 V + 10 / -15%	230 V + 10 / -15%	230 V + 10 / -15%
<b>Environmental specifications (in operation)</b>				
Ambient temperature	-25°C to +50°C, above*	-25°C to +50°C, above*	-25°C to +50°C, above*	-25°C to +50°C, above*
Relative humidity	0 to 100% condensing	0 to 100% condensing	0 to 100% condensing	0 to 100% condensing
Altitude	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating
<b>Mechanical specifications</b>				
<b>Enclosure</b>				
Type	Outdoor use, full insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)			
Fire withstand	Self-extinguishing (does not propagate fire during the glow-wire test at 960 °C), halogen-free			
Color	RAL 7032, grey	RAL 7032, grey	RAL 7032, grey	RAL 7032, grey
<b>Product</b>				
Dimensions (H x W x D)	84.7 x 63.6 x 30.0 cm (33.3 x 25.0 x 11.8 in)	105.6 x 85.2 x 35.0 cm (41.6 x 33.5 x 13.8 in)	105.6 x 85.2 x 35.0 cm (41.6 x 33.5 x 13.8 in)	105.6 x 85.2 x 35.0 cm (41.6 x 33.5 x 13.8 in)
Weight (protect / monitored / controlled)	33.0 / 37.0 / 40.0 kg (72.8 / 81.6 / 88.1 lb)	58.0 / 62.0 / 65.0 kg (127.9 / 136.7 / 143.3 lb)	63.0 / 67.0 / 71.0 kg (138.9 / 147.7 / 156.5 lb)	67.0 / 71.0 / 75.0 kg (147.7 / 156.5 / 165.3 lb)
Mounting	Floor-standing on support, wall-fixing or attached with lugs (must be installed protected from direct sunshine)			
Degrees of protection	IP54 (IP55 with optional covers), IK10			
<b>Features</b>				
<b>Protection</b>				
DC inputs overcurrent protection	Protection on both polarities, gPV fuses, size 10 x 38 (fuses not provided with product)			
DC overvoltage protection	Surge arrester, 1000 Vdc, type 2, I <sub>max</sub> 40 KA			
AC supply overvoltage protection*	Surge arrester, 230 Vac, type 2, I <sub>max</sub> 40 KA			
Electric shock protection	Class II equipment			
<b>Monitoring and control*</b>				
DC input currents*	0 to 30 A, accuracy +/- 0.5% full scale (one measurement per input)			
DC voltage*	0 to 1000 V, accuracy +/- 0.5%			
Internal temperature**	-30 to +120°C, accuracy +/- 1°C			
Temperature sensor input***	-30 to +120°C, accuracy +/- 1°C, for external PT1000 2 wires temperature sensor			
2 x irradiance sensor inputs***	0 to 1600 W/m <sup>2</sup> , accuracy +/- 0.5% full scale, for external 4-20 mA irradiance sensor			
Communication**	Profibus DP / RS485 and Modbus RTU / RS485 link			
Switch disconnector remote control****	Motor pack and MX shunt release			
<b>Compliance</b>				
LV switchgear	IEC / EN 61439-1 and 61439-2			
CE marking	According LV directive 2006 / 95 / CE and EMC directive 2004 / 108 / CE			
<b>Available models</b>				
Protect: protection only	PVSAB31101	PVSAB31201	PVSAB31301	PVSAB31401
Monitored: protection and monitoring	PVSAB31111	PVSAB31211	PVSAB31311	PVSAB31411
Controlled: Protection, monitoring and switch control	PVSAB31121	PVSAB31221	PVSAB31321	PVSAB31421
Optional weather module*	PVSAB31021	PVSAB31021	PVSAB31021	PVSAB31021

## Anexo 05: Datos Técnicos Cuadro II

DC Box // PV array combiner box.

solarschneider-electric.com | 2

Device short name	DC06B Protect	DC06B Monitored	DC10B Protect	DC10B Monitored
<b>Electrical specifications</b>				
<b>Input (DC)</b>				
Number of inputs	6	6	10	10
Max. voltage in open circuit	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
Max. input current in short circuit	375 A	375 A	200 A	200 A
Max. input current in short circuit @ STC	300 A	300 A	160 A	160 A
<b>Output (DC)</b>				
Max. output current in short circuit	2000 A	2000 A	2000 A	2000 A
Max. output current in short circuit @ SCT	1600 A	1600 A	1600 A	1600 A
Max. output current in operation	1280 A	1280 A	1280 A	1280 A
Max. thermal dissipation in operation @ 1280A <sup>1</sup>	250 W	300 W	250 W	300 W
<b>AC supply<sup>2</sup></b>				
Voltage at 50/60 Hz	-	230 V + 10/-15%	-	230 V + 10/-15%
Internal consumption	-	60 VA	-	60 VA
Additional consumption for heater	-	170 VA	-	170 VA
<b>Environmental specifications (in operation)</b>				
Ambient air temperature for operation	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)
Operating altitude	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating
Relative humidity	0 to 100%, condensing	0 to 100%, condensing, control of humidity by using an internal controlled heater	0 to 100%, condensing	0 to 100%, condensing, control of humidity by using an internal controlled heater
<b>General specifications</b>				
<b>Enclosure</b>				
Enclosure material	Indoor use, metallic cabinet with two doors			
Color	RAL 7035, grey			
<b>Product</b>				
Product weight	180.0 kg (396.8 lb)	190.0 kg (418.9 lb)	200.0 kg (440.9 lb)	210.0 kg (463.0 lb)
Product dimensions (H x W x D)	206.5 x 80.0 x 60.0 cm (81.3 x 31.5 x 23.6 in)			
Device mounting	Floor-standing			
Degrees of protection	IP20, IK10			
<b>Features</b>				
<b>Protection</b>				
DC input overcurrent protection <sup>3</sup>	Protection on both polarities, gPV fuses			
Range of fuses (for other ratings, contact Schneider Electric)	315 A, 355 A, 400 A	315 A, 355 A, 400 A	160 A, 200 A, 250 A	160 A, 200 A, 250 A
Electric shock protection	Class I equipment			
<b>Monitoring<sup>4</sup></b>				
DC input currents (one measurement per input)	-	0 to 400 A, accuracy +/- 2% full scale	-	0 to 200 A, accuracy +/- 2% full scale
Communication interface	-	RS485 / Modbus RTU	-	RS485 / Modbus RTU
Relative humidity control by heater	-	Local setting range 20-80%	-	Local setting range 20-80%
<b>Regulatory approvals</b>				
Electrical safety	CE marked for the Low Voltage Directive 2006-95-EC			
EMC	CE marked for the EMC directive 2004-108-EC			
LV switchgear assemblies	IEC/EN 61439-1, IEC/EN 61439-2			
<b>Available models</b>				
Part number	PVSDC31101	PVSDC31111	PVSDC31201	PVSDC31211





## Anexo 06: Minera Pv Transformadores Para Sistemas Fv

Minera PV transformers are the ideal solution for photovoltaic systems. The technology used along with the appropriate sizing of the core, the framework and the high quality materials used result to the most suitable product in terms of quality, reliability, efficiency and cost effectiveness.

Three-Winding Transformer features:

- Galvanic isolation between the solar inverter and the feeding network
- Voltage step-up from the inverter output to the MV feeding network
- Wound magnetic core for :
  - standard or low losses
  - minimum sound levels and low inrush current
- High mechanical strength LV windings comprise of two windings made of aluminium or copper both connected in wye (Y) with or without neutral point (i.e. Dy11y11 or Dyn11yn11)
- Natural or air-forced cooling system
- Robust and oil tight mechanical construction with customized overall dimensions
- Insulating liquid may be mineral or vegetable oil
- High quality surface protection
- Protection and monitoring with devices that offer oil level indication, gas detection, pressure and temperature control.

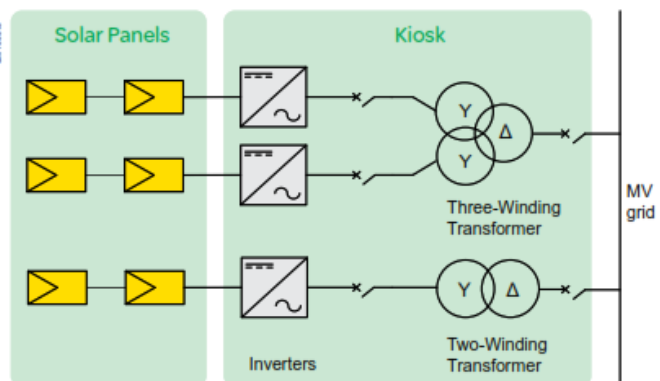


Transformer in PV box

### Minera PV Transformers for photovoltaic systems

- Three-Winding
- Oil-immersed
- Voltages up to 36 kV
- Three phase 500, 1000, 1250 kVA \*
- Standard or low losses
- Indoor or outdoor
- Sealed or conservator type

\* other power ratings available upon customer's request



## Anexo 07: Soporte De Paneles Fotovoltaicos



- Fijación de la Estructura: Elevada 3 metros sobre el suelo. Fila doble
- Material de la Estructura: Aluminio
- Compatibilidad de los Paneles Solares: Para paneles de cualquier tamaño. Adjuntar las medidas del módulo solar en el pedido para procesarlo.
- Garantía de la Estructura: 10 años de garantía

La estructura elevada tipo ELV915 es indicada para ser utilizada sobre el propio suelo o cualquier cubierta plana. Le proporcionaremos a los paneles una inclinación de 20° respecto al suelo horizontal para tener una inclinación óptima. Hay que tener en cuenta que la orientación de la inclinación debe ser hacia el norte, por encontrarnos en el hemisferio sur.

La Estructura Elevada ELV 2x7 Paneles 20° 3M está diseñada para poder soportar cargas de nieve de hasta 200N/m<sup>2</sup>, y una carga de viento de 29 m/s. Para que La Estructura Elevada ELV 2x7 Paneles 20° 3M pueda soportar dichas cargas, es necesario que previamente se compruebe la fijación de la superficie sobre la que se ancla la estructura, y se compruebe que la misma es capaz de aguantar dichas cargas. No se debe instalar sobre un suelo arcilloso o inestable ya que la tensión provocada por el viento al pasar por debajo de los paneles puede provocar que el anclaje se salga por la fuerza vertical que provoca. Se aconseja que las patas se anclen a una superficie de hormigón o concreto para poder realizar una fijación fiable.

## Anexo 08: Cable Indeco- N2XY

# N2XY

### Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes eléctricas de distribución de baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores y exteriores (en bandejas, canaletas, engrapadas, etc.). Se puede instalar en ductos

### Descripción

Uno, dos, tres o cuatro conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado (comprimido, compactado o sectorial) o flexible. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), relleno de PVC y cubierta externa de PVC.

### Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Retardante a la llama.

### Marca

INDECO S.A. N2XY 0.6/1 kV <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

### Calibre

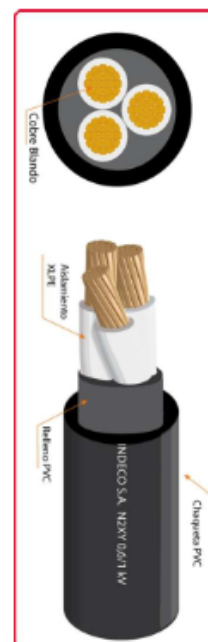
6 mm<sup>2</sup> - 500 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

### Colores

Aislamiento 1: Blanco, Negro, Rojo y Amarillo.  
Cubierta exterior: Negro.



**Normas de Fabricación**  
NTP-IEC 60502-1  
**Tensión de servicio**  
0.6/1 kV  
**Temperatura de operación**  
90° C

### TABLA DE DATOS TECNICOS N2XY UNIPOLAR

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm		A	A	A
1 x 10	7	0.7	1.4	7.9	144	115	90	95
1 x 16	7	0.7	1.4	9.0	204	155	125	125
1 x 25	7	0.9	1.4	10.6	309	200	160	160
1 x 35	7	0.9	1.4	11.7	406	240	200	195
1 x 50	19	1	1.4	13.1	529	280	240	230
1 x 70	19	1.1	1.4	14.9	738	345	305	275
1 x 95	19	1.1	1.5	16.9	1003	415	375	330
1 x 120	37	1.2	1.5	18.6	1246	470	435	380
1 x 150	37	1.4	1.6	20.7	1533	520	510	410
1 x 185	37	1.6	1.7	23.1	1919	590	575	450
1 x 240	37	1.7	1.8	25.9	2492	690	690	525
1 x 400	61	2	2	31.9	3143	895	955	680
1 x 500	61	2.2	2.1	35.5	5003	1010	1100	700

## Anexo 09: Cable Indeco- NA2XSA2Y-S

### NA2XSA2Y-S 6/10 kV; Resist. UV

**Contacto**  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Distribución aérea de energía en media tensión.

#### DESCRIPCIÓN

##### Aplicación

Distribución aérea de energía en media tensión. Alimentadores de transformadores, centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en lugares en los cuales no se pueda ejecutar el tendido de redes subterráneas, instalaciones mineras, zonas urbanas arboladas o con poco espacio.

##### Construcción

1. Conductor: Aluminio compactado 1350, clase 2.
2. Semi-conductor interno: Compuesto extruido.
3. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE-TR (Tree retardant).
4. Semi-conductor externo: Compuesto extruido pelable.

Estos tres últimos componentes extruidos en CV (vulcanización continua) de triple extrusión.

5. Pantalla individual: Cintas de aluminio.
6. Cubierta externa individual: Polietileno lineal de baja densidad LLDPE-UV.
7. Cable mensajero: Cable de acero galvanizado con cubierta LLDPE-UV.

##### Principales características

Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia a la abrasión, humedad y a los rayos solares. Buena resistencia a la tracción. La cubierta exterior tiene las siguientes características: baja emisión de humos densos y libre de halógenos. No propaga la llama.

##### Sección:

Desde 25 mm<sup>2</sup> hasta 120 mm<sup>2</sup>.

##### Marcación:

INDECO S.A. NA2XSA2Y-S 6/10 kV - Nro. fases x 1 x Sección - Año - Metrado secuencial.

##### Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

##### Color:



#### NORMA

**Internacional** IEC 60228;  
IEC 60332-1-2; IEC 60502-2;  
IEC 60684-2; IEC 60754-1;  
IEC 60754-2; IEC 61034-2

**Nacional** ICEA S-93-639; NTP-  
IEC 60228; NTP-IEC 60502-2;  
UL 2556

### DATOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

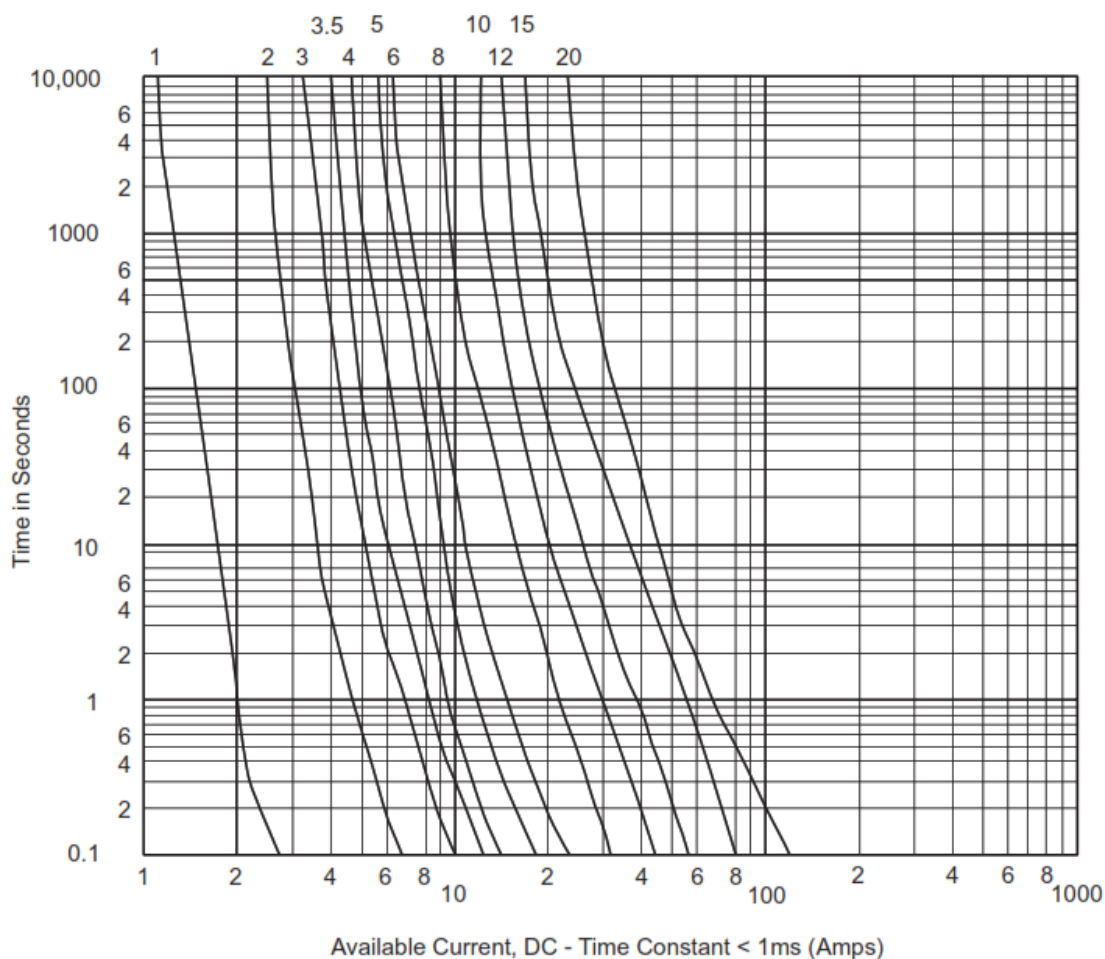
Nro.Fases	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Diam. Cab. Mensajero [mm]	Carga de rotura mínima [kN]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Resist. Conduct. CA 90° C - form. triang. [Ohm/km]	React. Induct. 60 Hz - formac. triang. [Ohm/km]	Ampac. aire 30°C - formac. triang. [A]
3	25	7,9	49,82	1,2	1,5386	0,1532	127
3	35	7,9	49,82	0,868	1,113	0,1463	154
3	50	7,9	49,82	0,641	0,8221	0,1388	184
3	120	7,9	49,82	0,253	0,3252	0,1206	324

## Anexo 10: Fusible Fotovoltaico 1000 VD,1-20A

### Specifications:

Catalog numbers / configurations					Current rating (amps)	Voltage rating (Vdc)	Energy Integrals I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)		Watts loss (W)	
Cylindrical ferrule	Bolt fixing	PCB fixing		In-line with crimp terminal			Pre-arcing	Total @ 1000 V	0.8I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>
		Single pin	Double pin							
PV-1A10F	PV-1A10-T	PV-1A10-1P	PV-1A10-2P	PV-1A10F-CT	1	1000	0.15	0.4	0.8	1.5
PV-2A10F	PV-2A10-T	PV-2A10-1P	PV-2A10-2P	PV-2A10F-CT	2	1000	1.2	3.4	0.6	1.0
PV-3A10F	PV-3A10-T	PV-3A10-1P	PV-3A10-2P	PV-3A10F-CT	3	1000	4	11	0.8	1.3
PV-3-5A10F	PV-3-5A10-T	PV-3-5A10-1P	PV-3-5A10-2P	PV-3-5A10F-CT	3.5	1000	6.6	18	0.9	1.4
PV-4A10F	PV-4A10-T	PV-4A10-1P	PV-4A10-2P	PV-4A10F-CT	4	1000	9.5	26	1.0	1.5
PV-5A10F	PV-5A10-T	PV-5A10-1P	PV-5A10-2P	PV-5A10F-CT	5	1000	19	50	1.0	1.6
PV-6A10F	PV-6A10-T	PV-6A10-1P	PV-6A10-2P	PV-6A10F-CT	6	1000	30	90	1.1	1.8
PV-8A10F	PV-8A10-T	PV-8A10-1P	PV-8A10-2P	PV-8A10F-CT	8	1000	3	32	1.2	2.1
PV-10A10F	PV-10A10-T	PV-10A10-1P	PV-10A10-2P	PV-10A10F-CT	10	1000	7	70	1.2	2.3
PV-12A10F	PV-12A10-T	PV-12A10-1P	PV-12A10-2P	PV-12A10F-CT	12	1000	12	120	1.5	2.7
PV-15A10F	PV-15A10-T	PV-15A10-1P	PV-15A10-2P	PV-15A10F-CT	15	1000	22	220	1.7	2.9
PV-20A10F	PV-20A10-T	PV-20A10-1P	PV-20A10-2P	PV-20A10F-CT	20	1000	34	350	2.1	3.6

### Time-current characteristics



## Anexo 11: Protección Contra Sobretensiones PSM40PV

### PSM 40 PV

PSM 40 PV es la gama de dispositivos Tipo 2/Clase II para proteger contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20  $\mu$ s) para instalaciones fotovoltaicas, según normas EN 50539-11 e IEC 61643-31. Producto certificado UL 1449 4th Ed.

Cirprotec utiliza el sistema de desconexión dinámica térmica optimizado para tensiones en DC con alto poder de corte. De esta forma no se requiere instalar un fusible previo de back up para interrumpir las corrientes de cortocircuito típicas de cualquier instalación fotovoltaica.

Estos dispositivos de protección contra sobretensiones son adecuados para todas las aplicaciones fotovoltaicas: plantas y huertas solares, cubiertas y autoconsumo (off-grid).

### ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Corriente máxima de descarga (8/20  $\mu$ s): 40 kA
- Corriente nominal de descarga (8/20  $\mu$ s): 20 kA
- Ucpv: 65, 80, 660, 1060 Vdc y 1500 Vdc
- Iscpv: 10 kA (EN 50539-11), sin necesidad de fusible previo
- SCCR: 50 kA, 100 kA (UL 1449 4th Ed)
- Formato desenchufable carril DIN
- Indicación remota y visual del estado de vida del protector
- Chasis reversible para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución

### REFERENCIAS

CÓDIGO	REFERENCIA	Configuración								Cartucho
		RED	Esquema eléctrico	Ucpv [Vdc]	Iscpv [kA]	I <sub>max</sub> (8/20) [kA]	I <sub>n</sub> (8/20) [kA]	Up@I <sub>n</sub> (8/20) [kV]	IR	L
77707850	PSM3-40/600 PV	"Y" PV	A	660	10	40	20	≤2,6		C40
77707851	PSM3-40/600 PV IR	"Y" PV	A	660	10	40	20	≤2,6	✓	C40
77707852	PSM3-40/1000 PV	"Y" PV	A	1060	10	40	20	≤4		C41
77707853	PSM3-40/1000 PV IR	"Y" PV	A	1060	10	40	20	≤4	✓	C41
77707840	PSM3-40/1500 PV	"Y" PV	A	1500	10	40	15	≤5		C42
77707841	PSM3-40/1500 PV IR	"Y" PV	A	1500	10	40	15	≤5	✓	C42

Observación: ver también la página 27 «2 polos» para aplicaciones de CC de autoconsumo «off-grid» (muy baja tensión). Consúltenos para otras tensiones.

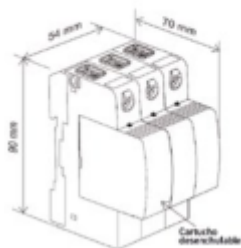


Vea el video en [www.youtube.com/cptcirprotec](http://www.youtube.com/cptcirprotec)



### DIMENSIONES

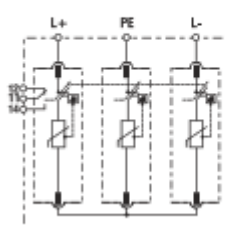
3 módulos



### ESQUEMA ELÉCTRICO

A Y PV

Modelos con IR



## Anexo 12: Interruptor Serie NSX DC PV SCHNEIDER ELECTRIC

Compact NSX DC PV circuit breaker			NSX80 TM DC PV	NSX125 TM DC PV	NSX160 TM DC PV	NSX200 TM DC PV	NSX250 TM DC PV
Number of poles			4	4	4	4	4
<b>Electrical characteristics as per IEC 60947-2 and EN 60947-2</b>							
Rated current (A) (free air + no venting)	In	40 °C heatsink standard-IP4X	80	125	160	200	250
Altitude	m	2000	☉	☉	☉	☉	☉
Rated insulation voltage (V)	Ui		1000	1000	1000	1000	1000
Rated impulse withstand voltage (kV)	Uimp		8	8	8	8	8
Rated operational voltage (V)	Ue	DC	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Type of circuit breaker</b>							
Ultimate breaking capacity (L/R 2 ms)	Icu (kA rms)	DC	1000 V (4P series)	10 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>
Service breaking capacity	Ics	% Icu		50 %	50 %	50 %	100 %
Suitability for isolation				☉	☉	☉	☉
Selectivity category (Utilisation category)				A	A	A	A
Pollution degree				3	3	3	3
<b>Durability</b>							
Endurance (C-O cycles)	mechanical			10000	10000	10000	10000
	electrical (In)	1000 V		1500	1500	1000	1000
<b>Protection</b>							
Overload/short-circuit protection thermal magnetic			☉	☉	☉	☉	☉
<b>Installation and connections</b>							
Control	manual	toggle	☉	☉	☉	☉	☉
		motor mechanism	☉	☉	☉	☉	☉
Connections	fixed	front connection	☉	☉	☉	☉	☉
		long rear connection	☉	☉	☉	☉	☉
	plug-in (on base)	front connection	-	-	-	-	-
		rear connection	-	-	-	-	-
	withdrawable (on chassis)	front connection	-	-	-	-	-
		rear connection	-	-	-	-	-
<b>Additional measurement, indication and control auxiliaries</b>							
Indication contacts	OF	auxiliary contact	☉	☉	☉	☉	☉
	SD, SDE	trip, fault-trip	☉	☉	☉	☉	☉
Voltage releases	MX, MN	shunt trip/undervoltage release	☉	☉	☉	☉	☉

## Anexo 13: Fusible gPV NH 1000V



# PHOTOVOLTAIC

FUSE-LINKS & FUSE HOLDERS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

### NH gPV NH 1000V DC fuse links

NH gPV fuse-links for photovoltaic installations from DF Electric have been developed to offer a safety protection solution in sub-array, array or inverter DC input of photovoltaic installations.

They provide protection against overloads as well as short-circuits (gPV class according to IEC 60269 and UL248-19 Standards, with a minimum fusing current of 1,35 In. Made with ceramic body with high withstand to internal pressure and thermal shock. Contacts are made in silver plated copper or brass and melting elements are made in pure silver in order to avoid the aging and thus keep unalterable the electric characteristics.

For these fuse-links we recommend the utilization of 1000 VDC NH ST fuse bases.

NH1	
U	1000V DC
BREAKING CAPACITY	30KA
STANDARDS	UL

In (A)	REFERENCE	PACKING Units /BOX
25	373210	1/30
32	373215	1/30
40	373225	1/30
50	373230	1/30
63	373235	1/30
80	373240	1/30
100	373245	1/30
125	373250	1/30
160	373255	1/30
200	373260	1/30

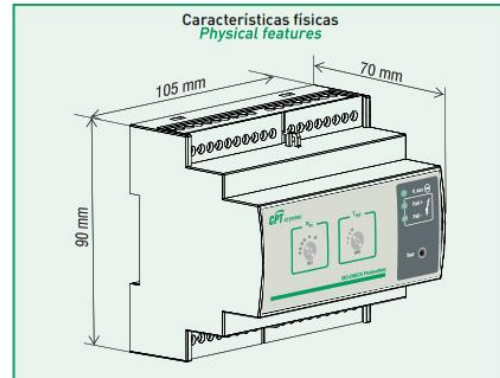


## Anexo 14: Vigilante ISO-CHECK PV CPT

### Serie ISO-Check PV

Vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas  
Insulation monitoring device for photovoltaic systems

Technical Sheet



#### Características técnicas Technical features

Modelos/Models Códigos/Codes		ISO-Check PV 600 77706704	ISO-Check PV 1000 77705703
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz Supply voltage AC 50/60 Hz	$U_s$ [V]	230	
Consumo propio Power consumption	VA	2	
Tensión nominal del sistema Nominal system voltage	$U_n$ [VDC]	300...600	500...1000
Valor de respuesta Response value	$R_{an}$ [k $\Omega$ ]	30,40,50,60,70,80	
Tiempo de respuesta [RLY1] Response time [RLY1]	$t_{RLY1}$ [ms]	<1s ( $C_s \leq 22,5 \mu F$ )	
Tiempo de respuesta [RLY2] Response time [RLY2]	$t_{RLY2}$ [s]	1,2,5,10	
Desviación de respuesta Relative uncertainty	%	5 (450V < $U_s$ $\leq$ 600V) 15 (300V < $U_s$ $\leq$ 450V)	5 (750V < $U_s$ $\leq$ 1000V) 15 (500V < $U_s$ $\leq$ 750V)
Histéresis (para $U_n=1000$ Vdc) Hysteresis (at $U_n=1000$ Vdc)	%	15 ( $R_{in}=30$ k $\Omega$ ) 10 ( $R_{in}=80$ k $\Omega$ )	
Tiempo de rearme Reclosing time	$t_r$ [min]	1	
Tensión de medida (valor de pico) [RF= $\infty \Omega$ ] Measuring voltage (peak value) [RF= $\infty \Omega$ ]	$U_m$ [V]	<25	
Corriente de medida (RF=0 $\Omega$ ) Measuring current (RF=0 $\Omega$ )	$I_m$ [mA]	<1,5	
Resistencia interna CC Internal DC resistance	$R_i$ [k $\Omega$ ]	512	
Impedancia interna (a 50 Hz) Internal impedance (at 50 Hz)	$Z_i$ [k $\Omega$ ]	512	
Tensión continua admisible Permissible DC voltage	$U_{is}$ [V]	1150	
Capacidad tolerada de derivación de la red System leakage capacitance	$C_s$ [ $\mu F$ ]	$\leq 22,5$	
Tensión impulsional soportada/Categoría Rated impulse voltage/Category	$U_{imp}$ [kV]	4/III	

## Anexo 15: Interruptores Serie NSX DC PV SCHNEIDER ELECTRIC

### Switch-disconnectors characteristics

Compact NSX630b NA DC PV to NSX1600 NA DC PV



Compact NSX1600 NA DC PV.

Compact NSX DC PV switch-disconnector			NSX630b NA DC PV	NSX800b NA DC PV	NSX1000 NA DC PV	NSX1250 NA DC PV	NSX1600 NA DC PV
Number of poles			4	4	4	4	4
<b>Electrical characteristics as per IEC 60947-3</b>							
Rated current (A) (free air + no venting)	In	40 °C	630 heatsink - IP2X	800 heatsink - IP2X	1000 heatsink - IP2X	1250 heatsink - IP2X	1500 heatsink - IP0
Altitude	m	2000	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Rated insulation voltage (V)	Ui		1000 <sup>[1]</sup>	1000 <sup>[1]</sup>	1000 <sup>[1]</sup>	1000 <sup>[1]</sup>	1000 <sup>[1]</sup>
Rated impulse withstand voltage (kV)	Uimp		8	8	8	8	8
Rated operational voltage (V)	Ue	DC	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Type of circuit breaker</b>							
Rated short circuit withstand current (kA rms)	Icw/Icm	t = 1 s	20	20	20	20	20
Rated conditionnal short-circuit current with back-up fuse	Iq A gPV	kA	10 N/A	10 N/A	10 N/A	10 N/A	10 N/A
Rated conditionnal short-circuit current with circuit breaker	Iq with circuit breaker		10	10	10	10	10
Utilization category			DC22-A	DC22-A	DC22-A	DC22-B	DC22-B
Suitability for isolation			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Pollution degree			3	3	3	3	3
<b>Durability</b>							
Endurance (C-O cycles)	mechanical		10000	10000	10000	10000	10000
	electrical (In)	1000 V	1000	500	500	100	100
<b>Installation and connections</b>							
Control	manual		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	motor mechanism		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Connections	fixed	front connection	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
		rear connection	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
<b>Additional measurement, indication and control auxiliaries</b>							
Indication contacts	OF	auxiliary contact	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Voltage releases	MX, MN	shunt trip/undervoltage release	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
<b>Installation</b>							
Accessories	terminal extensions		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	escutcheons		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	terminal shields and interphase barriers		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
<b>Dimensions and weight</b>							
Dimensions (mm) W x H x D (w/o series connection)			4P 280 x 327 x 182	280 x 327 x 182	280 x 327 x 182	280 x 327 x 182	280 x 327 x 182
Weight (kg) (w/o series connection)			4P 18	18	18	18	18

## Anexo 16: Protección Contra Sobretensión

# Protectores Tipo 2

### PSM 40

**PSM 40** es la gama de dispositivos Tipo 2/Clase II para proteger contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20  $\mu$ s), según norma IEC/EN 61643-11.

Adecuados como segundo escalón de protección en cuadros de distribución cuando existen protectores tipo 1 instalados aguas arriba, o como primer escalón de protección en instalaciones comerciales, viviendas u otras aplicaciones que no estén expuestas a descargas directas, ni provistas de sistemas de protección externa contra el rayo.

#### ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Corriente máxima de descarga (8/20  $\mu$ s): 40 kA por fase
- Corriente nominal de descarga (8/20  $\mu$ s): 20 kA por fase
- Redes TNS, TNC, TT y IT
- Un(L-N/L-L): 48 V, 60 V, 120/208 V, 230/400 V, 277/480 V, 400/690 V y superiores
- Formato desenchufable para carril DIN
- Indicación remota y visual del estado de vida del protector
- Chasis reversible para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución
- Modelos certificados UL 1449 4<sup>th</sup> Ed.



## Protectores Tipo 2 | PSM 40

### 3 polos

CÓDIGO	REFERENCIA	Configuración								Cartucho	
		RED	Esquema eléctrico	Un [V]	Uc [V]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	IR	L	N
77707864	PSM3-40/230 TNC	TNC (3Ph)	H	-/208	150	40	20	≤1		C22	-
77707865	PSM3-40/230 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/208	150	40	20	≤1	✓	C22	-
77707866	PSM3-40/400 TNC	TNC (3Ph)	H	-/400	275	40	20	≤1,3		C23	-
77707867	PSM3-40/400 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/400	275	40	20	≤1,3	✓	C23	-
77707882	PSM3-40/480 TNC	TNC (3Ph)	H	-/480	320	40	20	≤1,5		C24	-
77707883	PSM3-40/480 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/480	320	40	20	≤1,5	✓	C24	-
77707870	PSM3-30/750 TNC	TNC (3Ph)	H	-/690; -/1000	750	30	15	≤3		C26	-
77707871	PSM3-30/750 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/690; -/1000	750	30	15	≤3	✓	C26	-

## Anexo 17: Vigilante de Aislamiento AC(IT)



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Referencia		ISO-Check 120	ISO-Check 230
Código		77706701	77706700
<b>Alimentación</b>			
Tensión de alimentación	Us	120 V AC ± 15%	230 V AC ± 15%
Frecuencia		50/60 Hz	
<b>Sistema vigilado</b>			
Tensión nominal	Un	440 V AC	
<b>Características de monitorización de resistencia</b>			
Umbral de actuación alarma	Ra	50-300 kΩ	
Precisión		± 10%	
<b>Circuito de medida</b>			
Tensión de medida		≪ 40 V	
Corriente de medida (con Rf=0Ω)		≪ 200 mA	
Resistencia interna	Ri	» 100 kΩ	
Impedancia interna	Zi	» 100 kΩ	
Capacidad tolerada de derivación de red	Ce	< 20 μF	
<b>Elemento de conmutación</b>			
Contacto de salida		AC-13;6A / 250 V	
<b>Otras características</b>			
Norma de producto		EN 61557-8	
Compatibilidad electromagnética		UNE-EN-65143+A1:2004	

## Anexo 18: Circuit Breaker Compact NS1250N



### Principal

Gama	Compact
Gama de producto	NS630b...1600
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Nombre corto del dispositivo	Compact NS1250N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	3P
Descripción de polos protegidos	3t
Tipo de red	CA
Código de poder de corte	N
Apto para seccionamiento	Sí acorde a IEC 60947-2
Categoría de empleo	Category B
Unidad de control	Micrologic 2.0
Tecnología de unidad de disparo	Electrónico
Calibre de la unidad de disparo	1250 A en 50 °C

### Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Tipo de control	Mando rotativo Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Tipo de montaje	Placa posterior
Conexión superior	Frontal
Conexión hacia abajo	Parte frontal
(In) rated current up to 65 °C	1250 A en 50 °C
[Ui] tensión asignada de aislamiento	800 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV acorde a IEC 60947-2
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2

## Anexo 19: Serie de Contenedores PV Box ST


### PV Box ST

Device short name	PV Box ST 1080	PV Box ST 1260	PV Box ST 1360
<b>Electrical specifications</b>			
<b>DC input</b>			
Voltage range, MPPT	440 - 885 V (at PF=1)	510 - 885 V (at PF=1)	550 - 885 V (at PF=1)
Max. input voltage, open circuit	1000 V	1000 V	1000 V
Max. DC current	2 x 1280 A	2 x 1280 A	2 x 1280 A
<b>AC output</b>			
Nominal power	1080 kVA	1260 kVA	1360 kVA
Nominal voltage	up to 36 kV	up to 36 kV	up to 36 kV
Frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Power factor range (PQ dispatch)	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging	0 to 1 leading and lagging
<b>Equipment</b>			
Inverters	2 x XC 540	2 x XC 630	2 x XC 680
DC connection	2 x DC Box 6 input or 2 x DC Box 10 input (+/-)		
DC fuse range <sup>2)</sup>	DC Box 6: 315 A, 350 A, 400 A / DC Box 10: 160 A, 200 A, 250 A		
Transformer type	Schneider Electric Minera oil type ONAN		
Transformer losses	COBk (according to EN 50464-1) or compliant with Ecodesign regulation (depending on geographies)		
Medium voltage switchgear $U_{\leq} 24$ kV	Schneider Electric RM6 ring main unit type NE-DI with Sepam 10 protection relay		
Medium voltage switchgear $24$ kV $\leq U \leq 36$ kV	Schneider Electric Flusarc ring main unit type CB-C with Sepam 10 protection relay		
<b>Optional content</b>			
Automatic progressive reconnection <sup>2)</sup>	MV circuit breaker motorization, configurable timer		
Auxiliary nominal power transformer	10 kVA / 400 V		
DC input measurement	DC Box monitored		
Monitoring and control	Conext Control™ (by Schneider Electric) monitoring cabinet with secured power supply		
Safety kit	Fire-extinguisher, insulated MV rod and gloves, insulating stool		
Service kit	Contacts on doors and smoke detector (available with Conext Control option)		
Service contract	Worldwide service team - consult your sales representative for service offer		
<b>External operating conditions</b>			
<b>Temperature</b>			
Standard temperature range	-10°C / +45°C		
Other temperature ranges	Desert / Tropical (-10°C / +50°C)		
<b>Pollution</b>			
Standard low polluted environment (Rural and suburban environment)	G4 filters		
Option polluted environment (desert, urban...) <sup>3)</sup>	Internal Filter Box (G4 and F9 filters, fans, speed drives)		
<b>Other conditions</b>			
Max. relative humidity	100%		
Max. altitude above sea level <sup>4)</sup>	2000 m		
Max. wind speed	180 km / h		
Max. snow load	250 kg / m <sup>2</sup>		
IP grade LV / MV compartment	IP54		
IP grade transformer compartment	IP23		
<b>General specifications</b>			
<b>Dimensions and weight</b>			
During transportation (H x W x D)	2.90 x 2.44 x 12.19 m		
Assembled on site (H x W x D)	2.90 x 3.38 (or 3.28 <sup>5)</sup> ) x 12.19 m		
Weight approx. with standard content	19 tons		
<b>Material</b>			
Basement	Light basement to be done on site		
Walls and roof	Standard 40" container with insulating layer		
<b>Cooling</b>			
LV and MV switchboard compartment <sup>6)</sup>	Ensured by inverter fans		
Transformer compartment	Natural		
<b>Regulatory approval</b>			
Electrical standards	IEC 62271-202, IEC 61439, IEC 62271-200, IEC 60076		
Type-test certification	IEC 62271-202		
Internal arc classification (acc. to IEC 62271-202)	IAC-A		
General ventilation filters standard	EN779:2012		
Building standards	Eurocodes		



## **Anexo 20: Plano de ubicación del Sistema de Generación Distribuida**



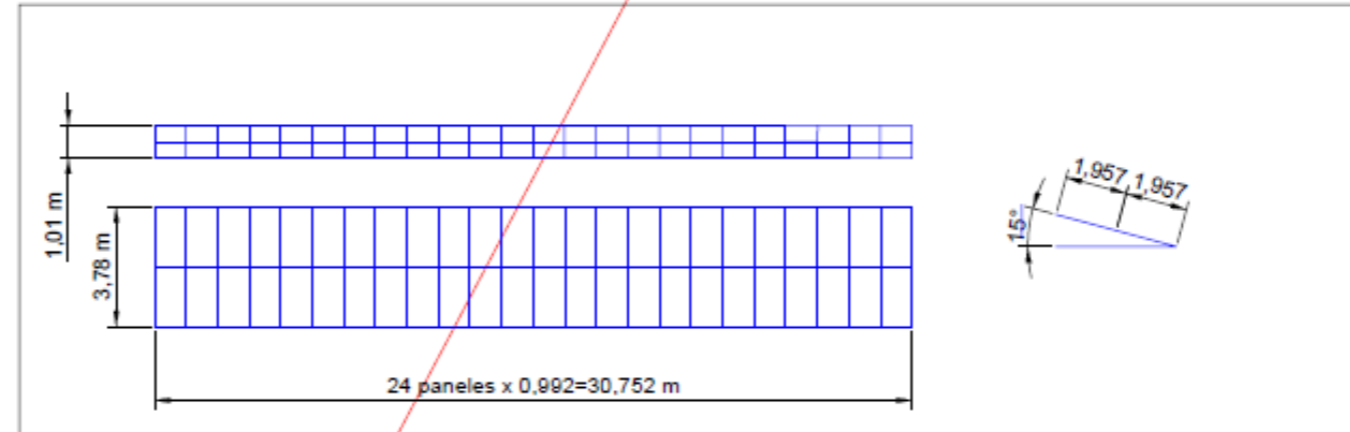
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CENTRAL SOLAR

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA			
TEMA:			
Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo			
PLANO:			
UBICACION DE LA CENTRAL SOLAR			<b>U-1</b>
TESISTA:	FECHA:	ESCALA:	
Gloria Paola Mundaca Guerra	Noviembre 2025	INDICADA	

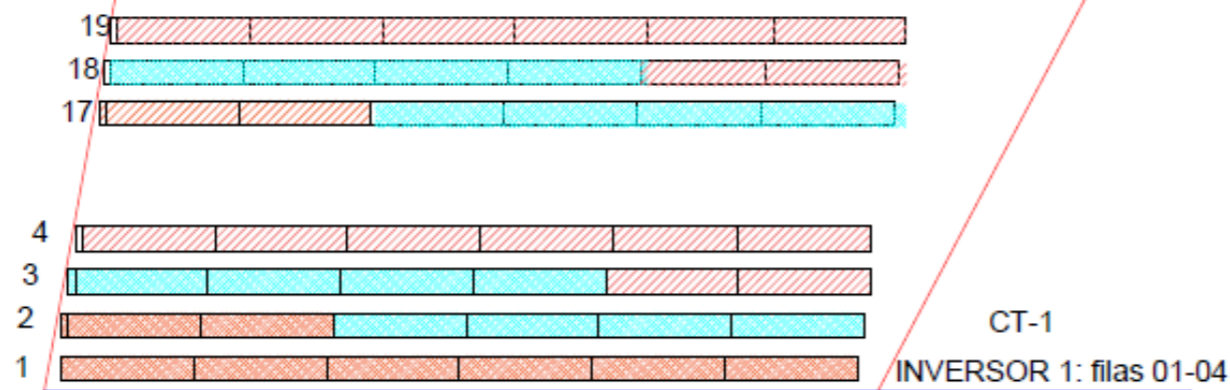
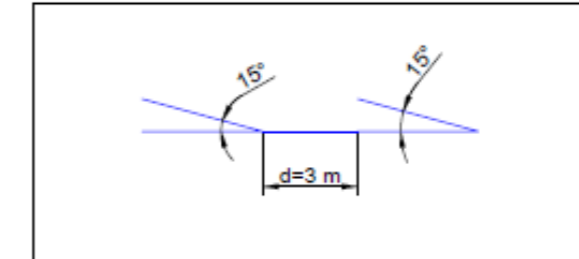
**Anexo 21: Plano de distribución del Sistema de Generación  
Distribuida**



Detalle bloque 2 strings de 24 paneles (E 1:125)



Detalle distancia entre filas (E 1:125)

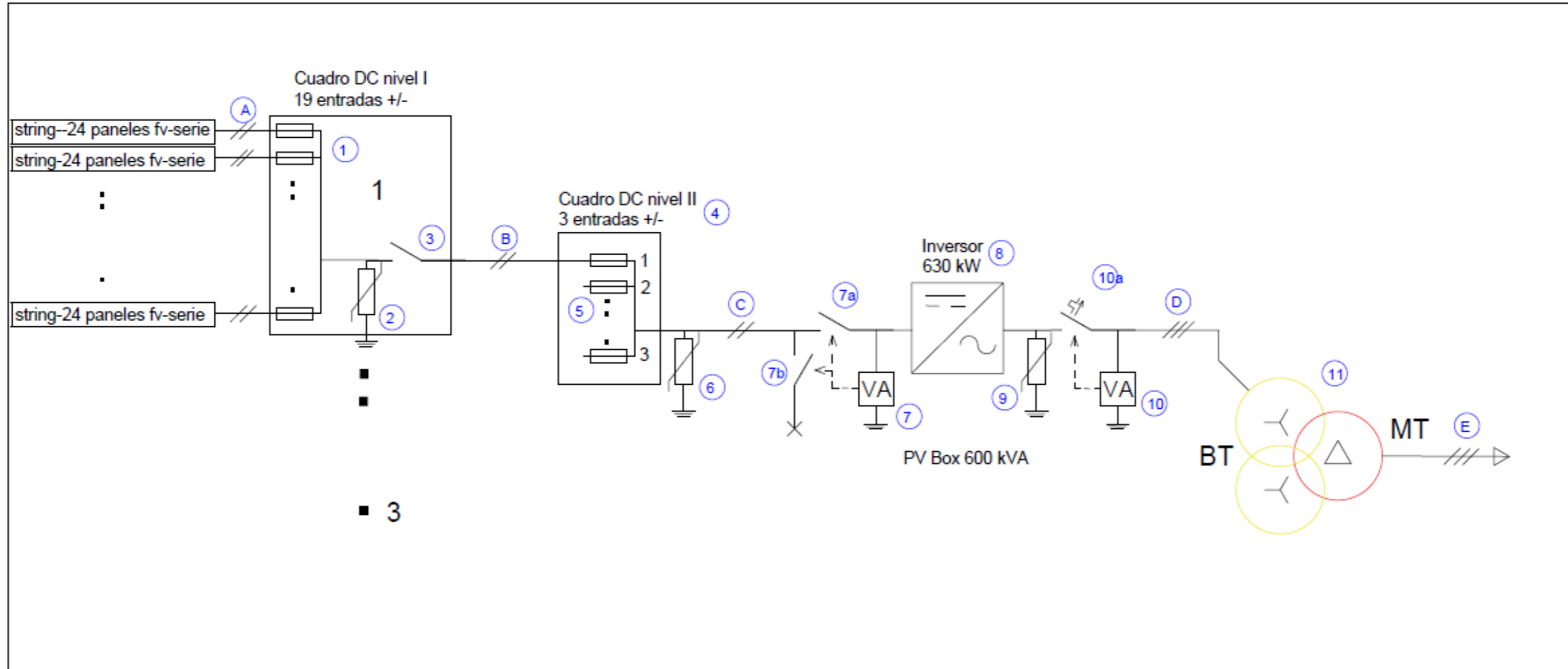


LEYENDA DE EQUIPOS	
	Estación MT PV Box ST660 kVA, con 1 inversores de 500 kW
	Bloque 1 string de 24 paneles. Correspondencia con cuadros nivel I por colores
	Cuadro conexión cc nivel 1(array box AB16-160). recoge conexión de 1 bloque de 1 strings cada uno.

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA		
TESIS: Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo		
PLANO:	DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	
TESISTA: Gini Paolo Munda Guera	FECHA: Noviembre 2025	ESCALA: INDICADA

**DP-1**

## **Anexo 22: Plano del Diagrama Unifilar del Sistema de Generación Distribuida**



LEYENDA ELEMENTOS		Referencias
	Cuadro DC nivel I(Array box AB16-160)	schneider electric
1	Fusible gPV-1000Vdc- 10x38 mm 10A	EATON
2	Protector sobretensiones PSM3-40/1000 PV	Cirprotec
3	Interruptor corte en carga NSX160 TM DC PV	Schneider electric
4	Cuadro DC nivel II (DC 06B Protec)	Schneider electric
5	Fusible gPV NH1 160A	photovoltaic
6	Protector sobretensiones PSM3-40/1000 PV	Cirprotec
7	Vigilador aislamiento PV1000 Vdc doble relé	Cirprotec
7a	Interruptor 2P NSX 1000NA DC PV	Schneider electric
7b	Interruptor 2P NSX 1000NA DC PV motorizado	Schneider electric
8	Inversor XC-500	Schneider electric
9	Protector sobretensión PSM40/tipo 2/400V	Ciprotec
10	Vigilador aislamiento iso-check 230 simple relé	Schneider electric
10a	Interruptor NS1250N-3P	Schneider electric
11	Transformador Minera PV 600 kVA	Schneider electric

SECCIONES DE CONDUCTORES		Referencia
A	Conductor N2XY UNIPOLAR 0,6/1 kV 10 mm <sup>2</sup>	Indeco -Nexans
B	Conductor N2XY UNIPOLAR 0,6/1 kV 25mm <sup>2</sup>	Indeco -Nexans
C	Conductor N2XY UNIPOLAR 0,6/1 kV 400 mm <sup>2</sup>	Indeco -Nexans
D	2 Conductores N2XY UNIPOLAR 0,6/1 kV de 240mm <sup>2</sup>	Indeco -Nexans
E	Conductor NA2XSA2Y-S 6/10 Kv 3x1 de 35mm <sup>2</sup>	Indeco -Nexans

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS:  
Evaluación del impacto de la generación distribuida en la confiabilidad del Alimentador C-218 - Chiclayo

PLANO: **DIAGRAMA UNIFILAR**

TESISTA: Gimí Paolo Mundaica Guerra	FECHA: Noviembre 2025	ESCALA: INDICADA	DU-1
--	--------------------------	---------------------	------

