UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PANELES SOLARES CONVENCIONALES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERÍO DE SAGASMACHE DISTRITO QUEROCOTILLO-CAJAMARCA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores: Bach. Cristhian Branny Rojas Delgado

Bach. Juan José Vargas Pérez

Asesor: M. Sc. Ing. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado

Línea de investigación: Energías Renovables

JAÉN-PERÚ

2025

Cristhian Branny Rojas Delgado Juan José Vargas ...

DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PA...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3323271568

Fecha de entrega
28 ago 2025, 11:32 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
28 ago 2025, 11:35 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis_-Cristhian_BrannyRojas_Delgado_y_Juan_Jose_VargasPerez.pdf

Tamaño del archivo
4.4 MB

148 páginas

25.609 palabras

126.387 caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello

Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

turnitin Página 1 de 153 - Portada Identificador de la entrega trn:oid:::1:3323271568

Escaneado con CamScanner

17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alerta de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
51 caracteres sospechosos en N.° de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Escaneado con CamScanner

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 11 de setiembre del año 2025, siendo las 16:00 horas, se reunieronde manera presencial los integrantes del Jurado:
Presidente: Mg. Mario Félix Olivera Aldana
secretario: Mg. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Vocal: Mg. Jaime Odar Honorio Acosta
para evaluar la Sustentación del Informe Final:
( ) Trabajo de Investigación
(X) Tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:
"DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PANELES SOLARES CONVENCIONALES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE DISTRITO QUEROCOTILLO – CAJAMARCA", presentado por los Bachilleres Juan José Vargas Pérez y Cristhian Branny Rojas Delgado, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar ( ) Desaprobar (X) Unanimidad ( ) Mayoría
Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	( )
b) Muy bueno	16, 17	( )
c) Bueno	14, 15	(15)
d) Regular	13	( )
e) Desaprobado	12 ò menos	( )

Siendo las 17:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. Mario Félix Olivera Aldana
Presidente Jurado Evaluador

Mg. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Secretario Jurado Evaluador

Mg. Jaime Odar Honorio Acosta
Vocal Jurado Evaluador

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

"**Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana**"

Anexo Nº6:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE NO PLAGIO DE LA TESIS (PREGRADO)

Yo, Juan Jose Vargas Perez, identificado con DNI N°. 47246662 y Cristhian Branny Rojas Delgado, identificado con DNI N°. 76057346 egresados de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén. Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo titulado.

"DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE PANELES SOLARES CONVENCIONALES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERÍO DE SAGASMACHE DISTRITO QUEROCOTILLO-CAJAMARCA".

Asesorado por: Mg. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado Identificado con DNI Nº. 45845882.

El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico Electricista.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual, en el sentido, el texto de mi trabajo final no a sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales y citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto de trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarios y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a la responsabilidad del declarante, en consecuencia, a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas y otros por daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 2 de octubre del 2025

Lenin Franchescoleth Núñez Pintado
DNI: 45845882

Cristhian Branny Rojas Delgado
DNI: 76057346

Juan Jose Vargas Perez
DNI: 47246662

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN. 3

1.1. Situación Problemática 3

1.2. Antecedentes 6

1.2.1. A nivel internacional. 6

1.2.2. A nivel nacional. 7

1.2.3. A nivel local. 9

1.3. Planteamiento del problema 10

1.4. Problema 10

1.5. Hipótesis 10

1.6. Justificación. 11

1.6.1. Justificación económica. 11

1.6.2. Justificación social. 11

1.6.3. Justificación ambiental. 11

1.6.4. Justificación tecnológica. 12

1.7. OBJETIVOS 12

1.7.1. Objetivo general 12

1.7.2. Objetivos específicos 12

II. MATERIAL Y METODOS 12

2.1. Objeto de estudio. 12

2.2. Ubicación del área de estudio. 13

2.3. Población, muestreo, muestra y métodos. 15

2.3.1. Población. 15

2.3.2. Muestreo. 15

2.3.3. Muestra 16

2.3.4. Métodos. 16

2.4. Metodología 16

2.5. Determinación de la radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache. 18

2.5.1. Radiación solar promedio del Caserío de Sagasmache. 18

2.6. Croquis de catastro del caserío de Sagasmache. 21

2.7. Determinar la demanda eléctrica requerida para el sistema de alumbrado público del Caserío de Sagasmache. 22

2.7.1. Determinación del consumo de energía promedio diario por alumbrado público para el caserío de Sagasmache. 22

2.7.2. Determinación de los puntos de iluminación. 23

2.7.3. Cálculo de la máxima demanda eléctrica para el caserío de Sagasmache. 24

2.7.4. Cálculo del consumo medio diario. 26

2.8. Diseñar el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache 29

2.8.1. Cálculo del generador fotovoltaico para el sistema de paneles solares convencionales. 29

2.8.2. Número de paneles en total. 29

2.8.3. Potencia del sistema de generación. 31

2.8.4. Cálculo de baterías para el sistema fotovoltaico. 31

2.8.5. Corriente de operación del generador fotovoltaico. 33

2.8.6. Cálculo del inversor DC/AC. 35

2.8.7. Determinación de los conductores. 37

2.8.8. Protección del sistema fotovoltaico. 40

2.8.9. Protección de inversor 42

2.9. Diseñar el sistema de globos solares para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache. 42

2.9.1. Cálculo del generador para el sistema de globos solares. 43

2.9.2. Número de globos solares en total. 44

2.9.3. Potencia del sistema de generación. 45

2.9.4. Cálculo de baterías del sistema fotovoltaico 46

2.9.5. Corriente de operación del generador fotovoltaico. 49

2.9.6. Cálculo del inversor DC/AC. 52

2.9.7. Determinación de los conductores. 53

2.9.8. Protección del sistema fotovoltaico. 57

2.10. Rediseñar el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache. 58

2.10.1. Instalación de puesta a tierra. 59

2.10.2. Cálculo de caída de tensión del servicio particular del sistema de distribución de BT. 60

2.10.3. Parámetros y factores del cálculo de caída de tensión en el cable autoportante de 2x16/25. 62

2.11. Comparar eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica de ambos sistemas. 65

2.11.1. Comparación eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica del diseño de paneles solares convencionales. 65

2.11.2. Comparación eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica del diseño de globos solares. 75

2.12. Evaluación técnica y económica del diseño fotovoltaico. 82

III. RESULTADOS 83

3.1. Determinación la radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache. 83

3.2. Determinación de la demanda eléctrica requerida para el sistema de alumbrado público del Caserío de Sagasmache 83

3.2.1. Demanda eléctrica requerida para el sistema eléctrico. 83

3.3. Diseño del sistema fotovoltaico de globos solares y el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache. . 84

3.3.1. Diseño del sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.....84

3.3.2. Diseño del sistema fotovoltaico de globos solares para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.....87

3.4. Rediseñar el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache. 90

3.4.1. Plano referencial para el alumbrado público del caserío de Sagasmache.....90

3.5. Comparar eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica de ambos sistemas. 93

3.6. Evaluar técnica y económicamente ambos diseños realizados. 95

3.6.1. Evaluación técnico y económico del diseño del sistema de paneles solares convencionales.....95

3.6.2. Evaluación técnico y económico del diseño para el sistema fotovoltaico de globos solares 101

IV. DISCUSIONES. 107

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 108

5.1. Conclusiones. 108

5.2 . Recomendaciones 109

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA. 111

VII. DEDICATORIA..... 114

VIII. AGRADECIMIENTO 115

IX. ANEXOS..... 116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población censada y viviendas particulares del centro poblado de Sagasmache. 15

Tabla 2. Radiación promedio mensual para un ángulo de 15°en el Caserío de Sagasmache (kWh/$m2$/día).....19

Tabla 3. Descripción de luminaria, potencia y tiempo de funcionamiento diario.....22

Tabla 4. Demanda eléctrica por alumbrado público.....24

Tabla 5. Demanda eléctrica total del caserío de Sagasmache. 25

Tabla 6. Corriente de proyecto calculada de acuerdo a la carga corregida entre las horas de sol diario.....28

Tabla 7. En la tabla se muestra la selección de conductores y la caída de tensión, por lo que se puede apreciar que no sobrepasa del 2,5 %.....56

Tabla 8. Distancias mínimas de altura para el sistema de alumbrado público en caserío de Sagasmache. 59

Tabla 9. Caída de tensión del sistema de distribución del servicio particular.....60

Tabla 10. Parámetros y factores del cálculo de caída de tensión del AP. 62

Tabla 11. Balance de cargas del alumbrado público. 63

Tabla 12. Metrado de la Red Secundaria. 65

Tabla 13. El sistema comparativo de paneles fotovoltaicos convencionales tiene como un costo total de S/42,155.79 para el caserío de Sagasmache. 65

Tabla 14. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales. 71

Tabla 15. Ingresos para el primer año de instalación de sistema comparativo fotovoltaico. 73

Tabla 16. Ingresos estimados para los primeros 20 años de instalación del sistema de paneles solares. 74

Tabla 17. Costos iniciales de instalación del sistema fotovoltaico de globos solares. 76

Tabla 18. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de globos solar 80

Tabla 19. Radiación solar utilizados en el proyecto de tesis. 83

Tabla 20. Descripción de resultados adquiridos y calculados para el diseño comparativo entre globos solares y paneles solares convencionales del caserío de Sagasmache. 93

Tabla 21. Cuadro comparativo de costos y eficiencia. 93

Tabla 22. Flujo de caja para 20 años 96

Tabla 23. Flujo de caja proyectada para el sistema de paneles solares convencionales por 20 años. 99

Tabla 24. Flujo de caja para 20 años. 102

Tabla 25. Flujo de caja proyectada para 20 años de egresos e ingresos. 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica del caserío de Sagasmache. 14

Figura 2. Radiación promedio para un ángulo de 15° en el caserío de Sagasmache (kWh/($m2$/día). 20

Figura 3. Catastro del caserío de Sagasmache. 21

Figura 5. Datos técnicos de THW-90. 39

Figura 6. Descripción de su función, potencia y materiales de que están fabricados. 43

Figura 7. Batería Rolls 12cs 11p 47

Figura 8. Datos técnicos de THW-90 55

Figura 9: Diagrama del sistema de paneles solares convencionales. 86

Figura 10: Diagrama del sistema de globos solares. 89

Figura 11: Diseño de distribución para el alumbrado publico 91

Figura 12: Diseño del sistema de distribución con conductor auto portante. 92

Figura 13. Gráfico comparativo de ambos diseños fotovoltaicos. 94

Figura 14: Determinación del punto de equilibrio en el año en que se va recuperar la inversión del proyecto de paneles solares convencionales. 100

Figura 15. Determinación del punto de equilibrio en el año en que se va recuperar la inversión del proyecto globos solares. 106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Radiación promedio para un Angulo de 15° en el caserío de Sagasmache (KWh / (m2, día).....116

Anexo 2: Imagen, ficha técnica del panel solar fotovoltaico. 117

Anexo 3 Imagen, ficha técnica del controlador.....119

Anexo 4: Imagen de globos solares.....122

Anexo 5: Globos solares conectado a estructura metálica 124

Anexo 6: Imagen, ficha técnica del inversor cargador 3000W 24-48V MPPT 60 A 125

Anexo 7: Diagrama para el sistema de generación fotovoltaico con globos solares 127

Anexo 8: Diagrama del sistema de generación con paneles solares convencionales.....128

Anexo 9: Diagrama unifilar del plano y laminas subsistema de distribución.....129

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de diseñar y comparar un sistema fotovoltaico de globos solares con un sistema solar fotovoltaico convencional para el alumbrado público del caserío de Sagasmache, distrito Querecotillo-Cajamarca. El estudio es de enfoque cuantitativo, cualitativo, de tipo "básico", nivel descriptivo correlacional de diseño experimental o no experimental. La técnica utilizada para diseñar y comparar fue dotarnos de información relacionado a sistemas fotovoltaicos de globos solares y paneles convencionales inmersos en diferentes fuentes de información, y luego se utilizó gráficos, además para determinar la radiación solar promedio se recurrió a la data de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), por otro lado, para hallar la demanda eléctrica de alumbrado público del caserío Sagasmache se utilizó el número de viviendas, el sector típico SER para una zona rural con un factor de 6.3. Para el costo del consumo de energía eléctrica del alumbrado público se tomó como referencia los recibos y valores ya propuestos de costo de la energía eléctrica emitidos por el servicio brindado de la empresa regional de servicio público de electricidad del norte S.A. –ENSA y finalmente se evaluó técnica y económicamente los diseños del sistema fotovoltaico de globos solares y un sistema solar fotovoltaico convencional. Después de recolectar la información, se encontró que la radiación solar más bajo se da en el mes de junio con un valor de 3.78 KWh/(m^2, día) y el mes de octubre presenta el valor con mayor intensidad de 6,05 KWh/(m^2, día), la demanda eléctrica para el alumbrado público arrojo 113,4 KWh/mes, distribuido en 10 puntos de iluminación, una vez obtenida la información precedente se diseñó los sistemas fotovoltaico de globos solares y el sistema solar fotovoltaico convencional y finalmente una vez realizada la evaluación técnica y económica de ambos diseños, se llegó a la conclusión que el sistema fotovoltaico de globos solares y paneles solares convencionales no son rentables para el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

Palabras clave: Radiación solar, demanda eléctrica y sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

This research aimed to design and compare a solar balloon photovoltaic system with a conventional solar photovoltaic system for public lighting in the Sagasmache hamlet, Querecotillo-Cajamarca district. The study has a quantitative and qualitative approach, of a "basic" type, with a descriptive correlational level and an experimental or non-experimental design. The technique used to design and compare the system was to obtain information related to solar balloon photovoltaic systems and conventional panels from different sources. Data from the National Aeronautics and Space Administration (NASA) was used to determine average solar radiation. The electrical demand for public lighting in the Sagasmache hamlet was determined using the number of homes, the typical SER sector for a rural area with a factor of 6.3. For the cost of electricity consumption for public lighting, the receipts and proposed values for the cost of electricity issued by the regional public electricity service company of the north S.A. –ENSA were taken as a reference. Finally, the designs of the solar balloon photovoltaic system and a conventional solar photovoltaic system were technically and economically evaluated. After collecting the information, it was found that the lowest solar radiation occurs in the month of June with a value of 3.78 KWh / (m2, day) and the month of October presents the value with greater intensity of 6.05 KWh / (m2, day), the electrical demand for public lighting showed 113.4 KWh / month, distributed in 10 lighting points, once the previous information was obtained, the solar balloon photovoltaic systems and the conventional solar photovoltaic system were designed and finally once the technical and economic evaluation of both designs was carried out, it was concluded that the solar balloon photovoltaic system and conventional solar panels are not profitable for the public lighting system of the Sagasmache hamlet.

Keywords: Solar radiation, electricity demand and photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Situación Problemática

En los últimos años, hemos presenciado no solo la anticipación de un clima más extremo, sino que ya estamos experimentando sus efectos. Un ejemplo destacado de esta realidad ocurrió en 2021 en Alemania, donde lluvias torrenciales resultaron en la trágica pérdida de cientos de vidas debido a graves inundaciones. En España, el fuego que devastó Sierra Bermeja alcanzó una categoría de sexta generación. El agotamiento de las fuentes de petróleo, gas y carbón es una de las razones más significativas que nos impulsa hacia las energías renovables. Estudios climatológicos han evidenciado que nuestro consumo acelerado de energía proveniente de fuentes no renovables contribuye directamente al calentamiento global (Mosquera & Merino, 2022).

Perú, un país con abundantes recursos, cuenta con un considerable potencial de energía solar estimado en 25,000 MW, no obstante, solo se aprovecha el 1.14% de esta capacidad, según datos de Osinergmin. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en 2021, el 94.1% de los hogares peruanos tenían acceso a servicios de energía, pero el 45.3% experimentó cortes o interrupciones eléctricas. En Loreto y Ucayali, solo alrededor del 54.4% y 51.9% de la población, respectivamente, tiene acceso a la electricidad. En 2015, Perú se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 30% para 2030. Sin embargo, cinco años más tarde, se propuso un objetivo más ambicioso del 40%, aunque hasta la fecha, el progreso ha sido lento. El país aún depende en gran medida de combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural, como principales fuentes de energía. La falta de actualización del plan energético nacional desde 2014 por parte del Ministerio de Energía y Minas (Minem), que continúa otorgando concesiones a proyectos de hidrocarburos, agrava la situación. Además, se destaca la carencia de una política nacional para la implementación de energías renovables no convencionales, una diferencia notable con otros países de la región como Brasil, Chile y México, que ya cuentan con políticas públicas para impulsar la transición energética (Pinedo, 2023).

Para cumplir con los compromisos del Acuerdo de París, resulta esencial que aproximadamente el 60% de las reservas de petróleo aún disponibles y el 90% del carbón permanezcan sin explotar, según revela un estudio publicado en la revista Nature. Este informe proyecta que las reservas de petróleo se agotarán hacia el año 2043. Lo mismo se aplica al carbón y al gas natural. En la actualidad, los combustibles fósiles representan alrededor del 80% de la demanda mundial de energía primaria, y el sistema energético es responsable de aproximadamente dos tercios de las emisiones globales de CO_2. El CO_2 y otros gases de efecto invernadero tienen la capacidad de retener y liberar calor, y como señalan los expertos, un aumento en la concentración de CO_2 en la atmósfera conlleva un significativo aumento en la temperatura de la Tierra. Cabe destacar que los humanos consumimos en tan solo un año lo que la naturaleza ha tardado millones de años en producir. Este dato resalta la urgencia de transitar hacia fuentes de energía más sostenibles para mitigar los impactos del cambio climático (Welsby y otros, 2022).

La privatización de empresas del servicio eléctrico trae consigo un acceso limitado de energía y la baja calidad del mismo ya sea por problemas económicos, sociales, geográficos, políticos, etcétera . Cajamarca como muchas de las regiones de Perú no es ajena a esta situacion y aun mas en las zonas rurales donde su acceso es limitado. La mayor parte de la población y en especial las zonas rurales no tienen el servicio eléctrico debido a que es muy poco rentable invertir en infraestructura adecuada a fin de garantizar el servicio (Ramos Gonzales, 2020).

En la localidad de Sagasmache se cuenta con el servicio de energía eléctrica solo en hogares dejando de un lado el alumbrado público al cortarse el servicio este tarda días en reponerse debido a la lejanía y en tiempos de invierno su difícil acceso.

Al ser una localidad en crecimiento y apostando por el uso de las energías renovables que son el presente y el futuro así mismo ya que contribuyen con el cuidado del medio ambiente, cuidado de nuestro planeta gracias a que son energías inagotables y que no afectan negativamente a nuestro entorno.

Para esta investigación se ha revisado importantes fuentes de información. En los últimos años, los investigadores han buscado la manera de cómo crear sistemas más accesibles para la población, a menor costo y que ayude a minimizar con la contaminación ambiental. Si bien, la energía solar que se transforma en energía eléctrica no cubre todas las necesidades del ser humano, es importante por ser inagotable. El objetivo a largo plazo es utilizar el sistema eficiente, accesible y que ayude a minimizar la contaminación ambiental a gran escala. Si este proyecto una vez determinada el sistema adecuado pudiera implementarse en los diferentes lugares del Perú, la contaminación ambiental se minimizará.

Internacional: En Australia se espera que la energía renovable crezca de 46.06 GW en el 2023 y el 79.77GW en el 2027-2028 a una tasa anual de 11.61%. Sin embrago durante el impacto de la pandemia fue limitado a la industria de la energía renovable al país ya que muchos proyectos renovables de gran y pequeña escala se completaron a un mismo ritmo en el año 2020 lo que agrego alrededor de 5GW de nueva capacidad a la cartera de generación de energía (INTELLIGENCE, 2021).

Según el instituto fotovoltaico de Australia la capacidad solar fotovoltaica instalada en Australia es de 29.7 GW a diciembre del 2022, un aumento del 15.5% con respecto al año 2021. La electricidad generada a partir de energía solar fotovoltaica representó alrededor del 10% de la electricidad del país en el 2021. Surgió como la tecnología de generación de electricidad más rápida de Australia (INTELLIGENCE, 2021).

Por el motivo del crecimiento de la contaminación ambiental y querer reducir, el gobierno australiano ha lanzado varios programas financieros para promover la energía renovable y aumentar su adaptación a varios niveles.

Nacional. Perú emitió 205.29 millones de toneladas de CO2 en el año 2016 de las cuales 56.70 millones provinieron de usos energéticos y los 148.50 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos. El proceso de actualización de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Perú en el 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados donde se consideró como

año base el 2016, dada la última actualización del inventario de los gases de efecto invernadero (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2023).

El Ministerio de Energía y Minas (MINEN) destacó que el Perú cuenta con unas de las matrices más limpias de América latina puesto que un 50% proviene de fuentes de generación hidroeléctrica y el 5% de fuente de energía renovable no convencional. A su vez la complementariedad que permite la generación hidroeléctrica y eólica más la expectativa de incorporar la energía solar con el agregado de baterías posibilitó apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales (Eólicas y solares). (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2023).

1.2. Antecedentes

1.2.1. A nivel internacional.

Roberto y Miguel, (2019) Presentó una tesis titulada. “Diseño de un sistema de iluminación, alimentado mediante generación fotovoltaica para el complejo deportivo la Bombonerita”, con el cual se determinó que el nivel de iluminación es inferior al permitido por las normativas; UNE-EN 12193: Iluminación de instalaciones deportivas y UNE-EN 13201: Iluminación de aparcamientos. Motivo por el cual se efectuó el diseño y análisis de dos sistemas de iluminación en base a tecnologías convencionales y LED mediante el software Dialux. Los resultados obtenidos de estas simulaciones han permitido establecer que el sistema de iluminación que cumple con estas normativas, es el desarrollado en base a tecnología LED. El mismo que será energizado con un sistema de generación fotovoltaica concentrada, con una potencia instalada de 7.2 kWp, distribuida en 20 módulos monocristalinos de 360 Wp y una eficiencia de 18%, los cuales en condiciones de radiación de 1000 W/m^2 entregan 7 kW, el sistema de acumulación constará de 20 baterías de descarga profunda a 150 Ah/12V, un regulador de carga MPPT de 30 A/240 V y el inversor de 5 kW/80-800V. En conclusión, el uso de luminarias con tecnología LED, permite obtener un sistema iluminación eficiente, que en conjunto con el sistema fotovoltaico contribuirán en la preservación ambiental.

Carbonell, Globos solares, (2023) ¿Escribió un artículo sobre globos solares diseñados por Rob Lamkin y promovidos por la empresa estadounidense Cool Earth Solar, prometen generar 400 veces más energía que los paneles solares tradicionales? Esto es posible por su forma, como media esfera plástica, pero resistente que ayuda a concentrar la luz solar en el punto donde se encuentra la célula fotovoltaica. Añadido a su bajo coste de fabricación, su facilidad de instalación y su resistencia, la hacen un potencial competidor de los combustibles sólidos, e incluso de las placas solares fotovoltaicas planas. Los creadores aseguran que puede ser 400 veces mayor que el rendimiento del tradicional panel solar fotovoltaico plano. Según sus creadores, cada globo solar de dos metros de diámetro puede generar 500 W de electricidad. A pesar de su aparente fragilidad, debido a los materiales que lo constituyen, aseguran sus promotores que estos globos solares pueden resistir vientos de vientos de casi 120 km/h. Esto es gracias a la aerodinámica de su diseño. La idea surgió en California, donde el ingeniero Rob Lamkin en busca de mejorar la eficiencia en la generación eléctrica con el sol, diseñó estas burbujas o globos solares, con una pequeña celda fotovoltaica, para aprovechar la energía solar. En el año 2008 publicaba en la web de su empresa una reseña al desarrollo de los globos solares.

Desde entonces Cool Earth Solar ha construido dos plantas de prueba. Además, de una planta de 250 kW en Livermore, California, y otra planta comercial de 1,5 millones de vatios (W) que utilizará 15.000 globos solares en la localidad de Tracy, también en California.

1.2.2. A nivel nacional.

JAIRO, (2022) En su tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico para iluminar la carretera Monsefú – La Victoria”, en la provincia de Chiclayo para mejorar el confort de la población que habita en su cercanía. Como objetivos se tuvo que, identificar la demanda máxima eléctrica estimando una correcta iluminación de la Carretera Monsefú – La Victoria. Diagnosticar el nivel de radiación solar de la zona, realizar los cálculos y selección de unidades fotovoltaicas de acuerdo a la normatividad vigente, evaluar la viabilidad económica financiaría del sistema fotovoltaico en la Carretera Monsefú – La Victoria. Según los datos

obtenido de la investigación realizada en el presente trabajo se obtuvo. Que la máxima demanda para la iluminación de la Carretera Monsefú – La Victoria es de 10,4 kW. La radiación máxima de 6.19 kWh/m^2 al día (setiembre) y mínima de 4.84 kWh/m^2 al día (junio), teniendo una media anual de 5.47 kWh/m^2 al día, hace posible la implementación del sistema fotovoltaico en la Carretera Monsefú – La Victoria. Se realizaron los cálculos para el sistema de iluminación de la Carretera Monsefú – La Victoria para la satisfacer la demanda del presente trabajo de investigación de acuerdo a la normatividad vigente. Se realizó la evaluación económica del sistema fotovoltaico obteniendo los indicadores económicos evaluados para un periodo de 20 años que fueron: VAN de S/ 1,862,836.30 y TIR de 18%, esto sumándole a la contribución al cuidado del medio ambiente, hace que la propuesta del sistema fotovoltaico resulte conveniente.

Miranda, (2017) Ejecuto su tesis denominado "Diseño de un sistema fotovoltaico para uso domiciliario en la Urb. La Caleta Chimbote – 2016", cuyo objetivo fue "diseñar un sistema fotovoltaico para usos domiciliario en La Urb. La Caleta, Chimbote". La investigación se encargó de indagar el requerimiento de energía eléctrica para una vivienda, para el cual se trabajó con 3055 Kw/m^2 de energía solar para el mes de menor intensidad obtenida de la base de datos de la NASA. El estudio estableció que serían requeridos 6 paneles fotovoltaicos de 250 W, dispuestos a un ángulo de 10º, además de 4 baterías solares de 350 Ah. Se incluyeron también 1 controlador de carga de 30 A, 1 inversor de corriente de 1500 W y 3 bastidores de aluminio para montar los paneles fotovoltaicos. Así mismo determinaron el calibre del cable para la distancia entre los paneles-caja de conexión y caja de conexión – inversor de corriente, en donde obtuvieron el mismo calibre de 1,5 mm^2, el cual cumple con la caída de tensión permitida menor a 1,5% según norma, además se consideró un conductor un conductor de 4 mm^2, por ser más usado en la práctica. Finalmente, evaluaron la rentabilidad del proyecto en función del consumo de energía eléctrica registrado por Hidrandina (promedio 99,3 KWh), proyección de la generación de los paneles fotovoltaicos 194,3 KWh para un año, la inversión del sistema fotovoltaico $ 7 693.9 y un

ahorro proyectado de $ 27,08. Para el cual se obtuvo los siguientes valores de los indicadores: VAN = $ 356,9, TIR = 10,6% y PB de 10 años.

1.2.3. A nivel local.

Rufasto, (2019) presentó su tesis titulada "Desarrollo de un sistema autónomo de generación eléctrica mediante energía solar para abastecer la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén". El objetivo de este proyecto de tesis es diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén. Se realizó la evaluación del recurso solar con datos de la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 y comparando los resultados con los datos de la Nasa, se determinó la demanda energética y el diseño de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico asimismo se hizo la comparación de la energía solar con la energía eléctrica. En el cual se encontró que el número de equipos son: 1 ventilador eléctrico para mesa o de pie, 2 ventiladores eléctricos para techo, 1 switch (24 puertos), 7 luminarias, 31 computadoras de escritorio y 1 proyector, dando como resultado un consumo de energía promedio diario de 59,52 $kWh/día$. Los componentes del sistema fotovoltaico autónomo que se seleccionaron son de 116 paneles fotovoltaicos de 335 Wp, 7 reguladores MPPT-Victron Energy 100A / 48V, 1 inversor/cargador Quattro Victron Energy 48/8000-220V; 72 baterías TFS U-Power 12 V CD y 250 Ah. La presente tesis contribuirá con el medio ambiente pues promueve la utilización de las energías no convencionales, estos sistemas fotovoltaicos pueden mejorar los perfiles de tensión y la calidad del servicio eléctrico.

Sobrino, (2021) En el presente informe de tesis se realiza el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el centro poblado Santos, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Cutervo, distrito de Querocotillo. Inicialmente se consultó en diversas fuentes; PVGIS, NASA y Metereonorm, obteniendo la mínima irradiación mensual de 3,68 $kWh/m2$. Posteriormente se determinó el ángulo óptimo de operación de los paneles, resultando 10º de elevación y 0º azimut. Empleando la normativa DGE para el cálculo de demanda eléctrica, $400W/lote$, con demanda proyectada de 166,84$kWh/día$. Posteriormente se obtuvo la cantidad de ciento sesenta módulos fotovoltaicos de 370Wp monocristalinos,

distribuidos en cuatro paneles solares, un inversor de 75kWp, dieciocho baterías, seis inversores de baterías, obteniendo, una potencia instalada de 59,2 kWp. Para el sistema de distribución se consideró estructuras de 8m, conductor CAAI 3x16 + 1x16/25, para abastecer una potencia de 14,84kW, con voltaje de 220/380VAC. Empleando DIRED CAD 2020, se realizó la distribución, obteniendo una caída de tensión de 4,64%. Con una tasa de costo/beneficio de 1,8 y una inversión de 636 893,23 soles, presenta un retorno de inversión de 11,43 años. Evitando emisiones de 26 452,82$kg\ CO2\ /año$. Obtuvo como valores en análisis del sistema con un VAN s/.1582834.74 y un TIR 6%

1.3. Planteamiento del problema

La energía renovable representa una importante alternativa a transitar ante la crisis energética e impacto ambiental la cual conlleva a plantear las siguientes interrogantes. ¿Se puede impulsar la electrificación rural mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos? ¿Cuáles serían las ventajas y desventajas al realizar el diseño comparativo entre los sistemas fotovoltaicos de paneles solares convencionales y globos solares?

1.4. Problema

Teniendo en cuenta las interrogantes planteadas se formula el siguiente problema de la investigación. ¿Cuáles son las condiciones climáticas necesarias para el empleo de un sistema solar con paneles solares convencionales y globos solares y cuál de los dos sistemas fotovoltaicos al realizar la comparación sería más eficiente para el caserío de Sagasmache?

1.5. Hipótesis

De acuerdo al clima que presenta el Caserío de Sagasmache, contamos con condiciones propicias para aprovechar una mayor radiación solar durante el día. Esto posibilita la viabilidad de diseñar tanto un sistema fotovoltaico con globos solares como un sistema con paneles solares convencionales para el alumbrado público del caserío. Se llevará a cabo una comparación detallada entre ambos sistemas, con el objetivo de determinar cuál de estas tecnologías resulta más conveniente desde una perspectiva técnico-económica.

1.6. Justificación.

1.6.1. Justificación económica.

El aumento constante de las tarifas de energía eléctrica y combustibles fósiles genera una carga económica significativa para hogares, empresas e industrias. En Perú tenemos muchas regiones con altos niveles de radiación solar que no se aprovechan por lo que este proyecto busca optimizar su rendimiento energético en el caserío de Sagasmache, además de minimizar un impacto ambiental con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Al implementar este diseño nos permitirá diversificar las fuentes de energía y reducir la dependencia de la red eléctrica o de combustibles fósiles, lo cual generará ahorros económicos y poder adaptarse ante crisis energéticas. Por lo cual para una comunidad rural como Sagasmache será beneficiada económicamente.

1.6.2. Justificación social.

En áreas rurales o marginadas, el acceso a energía asequible y confiable sigue siendo un desafío, el costo de la energía convencional representa una proporción significativa del ingreso familiar en sectores vulnerables. Por lo que la implementación de sistemas fotovoltaicos se tendría una mejor calidad de vida, e impactaría positivamente en la comodidad y el bienestar de las personas, reduciendo los costos energéticos y mejorando el acceso a servicios básicos. Este diseño busca, determinar qué sistema solar fotovoltaico es más eficiente y adaptables para el caserío de Sagasmache y garantizar un entorno más limpio y saludable para las futuras generaciones. Este proyecto es una inversión en el bienestar colectivo a largo plazo.

1.6.3. Justificación ambiental.

Este diseño comparativo muestra una clara solución al medio ambiente, contribuye significativamente a la conservación del cambio climático, la conservación de recursos naturales y la mejora de la calidad del aire. Este proyecto tiene un impacto positivo no solo en la reducción de emisiones, sino también en la fijación de un modelo energético sostenible que respete los límites ecológicos del planeta.

1.6.4. Justificación tecnológica.

La implementación del sistema fotovoltaico de paneles solares o globos solares representa una solución tecnológica avanzada que combina eficiencia, sostenibilidad y escalabilidad. Este diseño demuestra que es posible aprovechar al máximo la energía solar mediante tecnologías complementarias, brindando una alternativa confiable y viable para la generación de electricidad. Además, fomenta la innovación y contribuye al desarrollo de sistemas energéticos más resilientes y sostenibles trayendo consigo un mejor servicio para la comunidad.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

Diseñar y comparar un sistema fotovoltaico de globos solares con un sistema solar fotovoltaico convencional para la operación del alumbrado público del caserío de Sagasmache Distrito de Querecotillo – Cajamarca.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache.
- Determinar la demanda eléctrica requerida para el sistema de alumbrado público del Caserío de Sagasmache.
- Diseñar el sistema fotovoltaico de globos y el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.
- Rediseñar el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache.
- Comparar eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica de ambos sistemas.

II. MATERIAL Y METODOS

2.1. Objeto de estudio.

Analizar y comparar dos enfoques tecnológicos para mejorar el alumbrado público en el Caserío de Sagasmache, ubicado en el distrito de Querecotillo, Cajamarca. Se evaluará

la viabilidad, eficiencia y sostenibilidad de un sistema fotovoltaico basado en globos solares en contraste con un sistema solar fotovoltaico convencional.

2.2. Ubicación del área de estudio.

El estudio se realizó en el Caserío de Sagasmache que se encuentra ubicada dentro del distrito de Querecotillo, provincia de Cutervo, en la región Cajamarca.

Coordenadas geográficas

Latitud -6,268568

Longitud -79.094561

Altitud 1900 msnm



Figura 1: Ubicación Geográfica del caserío de Sagasmache.

Fuente. Elaboración propia.

2.3. Población, muestreo, muestra y métodos.

2.3.1. Población.

Está constituida por 49 viviendas habitadas incluyendo todos sus sectores del caserío de Sagasmache del distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, en la región Cajamarca.

De acuerdo al censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y II de comunidades indígenas, consultado ingresando al link http://censos 2017.inei.gob.pe/redatam/, la población del caserío de Sagasmache del distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, región Cajamarca es según se muestra en la tabla 01 (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017).

Tabla 1. Población censada y viviendas particulares del centro poblado de Sagasmache.

DISTRITO QUEROCOTILLO- PROVINCIA CUTERVO							
Caserío Sagasmache	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupada	Desocupadas
Sagasmache	1 959	137	61	76	49	41	8

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017**.**

2.3.2. Muestreo.

Se considera la demanda energética de todas las viviendas en el caserío Sagasmache como parte integral del proceso de comparación y evaluación de las características de dos diseños distintos. El propósito es determinar cuál de ellos sería más eficiente y apropiado para el funcionamiento eficaz del sistema fotovoltaico destinado al alumbrado público.

2.3.3. Muestra

Este estudio se enfoca en analizar y comparar dos enfoques distintos para el suministro de energía en el alumbrado público del caserío Sagasmache, ubicado en el distrito de Querocotillo, Cajamarca. La investigación se centra en un sistema fotovoltaico de globos solares y otro basado en paneles solares convencionales. Para ello, se consideró el consumo energético de las viviendas del caserío dejando de lado los sectores que la conforman por lo que se contabilizó 18 viviendas, evaluando detenidamente las características de ambos diseños con el objetivo de determinar cuál de ellos se adapta de manera óptima a las necesidades específicas de iluminación pública en este entorno particular. Este análisis comparativo permitirá tomar decisiones informadas sobre la implementación del sistema fotovoltaico más eficaz y eficiente para beneficiar a la comunidad de Sagasmache.

2.3.4. Métodos.

En la realización de este informe se llevó a cabo un análisis detallado de la demanda energética en el caserío de Sagasmache, obtención de datos de radiación solar de fuentes confiables NASA para asegurar la precisión en las estimaciones y proyecciones, utilización de herramientas avanzadas como REDCAD, y AUTOCAD y Microsoft Excel para realizar cálculos precisos y modelar eficientemente los sistemas fotovoltaicos, análisis costo-beneficio donde está incluido no solo los costos iniciales de instalación sino también los costos operativos y de mantenimiento a lo largo del tiempo y por último una evaluación del impacto ambiental incluyendo aspectos como la producción de residuos y la sostenibilidad a largo plazo.

2.4. Metodología

a) **Fuentes de información.**

Para determinar la radiación solar promedio en el caserío de Sagasmache, se recurrió a la data de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), por otro lado, para hallar la demanda eléctrica del caserío Sagasmache se utilizó los recibos de energía eléctrica emitidos por el servicio brindado por la empresa regional de servicio público de

electricidad del norte S.A. – ENSA, con esta información se diseñó un sistema fotovoltaico de globos solares y un sistema solar fotovoltaico convencional.

b) **Tipo de vía a iluminar.**

Para desarrollar la propuesta de diseño del sistema de iluminación pública, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones: Clasificación de la vía que será iluminada, elección de los niveles de iluminación necesarios, opciones de fuentes de energía, selección de las luminarias adecuadas y determinación de la disposición de los postes. Estas elecciones se realizaron en consonancia con las directrices establecidas en la norma técnica DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Áreas de Concesión de Distribución".

La selección de luminarias, el arreglo de postes y otros aspectos del diseño se ajustaron a los requisitos específicos de la norma en cuestión, garantizando que la iluminación cumpla con las normativas establecidas y sea óptima para su función en el área designada.

c) **Metodología utilizada.**

- Se obtuvo la radiación solar consultando la página de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Esta información indicó la cantidad de energía solar total que incide sobre una superficie horizontal de 1 m2, expresada en kWh.
- Para determinar el consumo de energía mensual para alumbrado público, se recurrió a la norma técnica DGE “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución”.
- Una vez que se obtiene el número de puntos de iluminación para alumbrado público, se tiene en cuenta la potencia, el número de horas y los días a la semana de uso, el cual es de suma importancia para poder determinar el consumo de corriente continua en Wh/día.

- Teniendo el consumo de energía a utilizar por el sistema, se calculó el número de paneles y globos necesarios a utilizar, de tal forma que pueda funcionar de manera permanente.
- Para las características de regulador a seleccionar, se realizaron los cálculos de la intensidad de corriente máxima de los paneles y la tensión del sistema.
- Determinar el número de unidades de baterías necesarias, que permita conocer con precisión la energía diaria a almacenar, días de autonomía y la profundidad de descarga.
- Para proponer el sistema fotovoltaico más adecuado para el alumbrado público del caserío Sagasmache se tuvo presente las diversas fuentes bibliográficas y las características de cada elemento del sistema.

2.5. Determinación de la radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache.

2.5.1. Radiación solar promedio del Caserío de Sagasmache.

La radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache se muestra a continuación en unidades de kilovatios-hora por metro cuadrado por día (kWh/m^2/día). Estos valores representan la cantidad de energía solar que incide en un metro cuadrado de superficie con una inclinación de 15° hacia el norte durante un día promedio de cada mes. Estos datos fueron obtenidos de la página de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) para el mencionado caserío.

Tabla 2. Radiación promedio mensual para un ángulo de 15°en el Caserío de Sagasmache (kWh/m^2/día).

Años/ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Media anual
2017	4.68	4.9	4.37	4.52	4.18	4.01	4.55	5.14	5.48	6.07	6.31	5.72	5.02
2018	5.38	4.58	4.84	5.23	4.75	3.21	4.72	5.58	6.15	5.89	5.69	5.21	5.22
2019	4.75	4.1	4.64	5.03	4.83	4.12	5.04	5.52	5.87	5.75	5.58	5.19	5.12
2020	5.66	5.3	5.17	5.18	5.15	5.01	5.26	5.86	5.84	6.21	6.31	4.93	5.52
2021	4.71	5.63	4.87	4.75	4.5	3.11	4.69	5.22	5.69	5.97	6.08	5.7	5.14
2022	5.29	4.53	5.1	5.12	5.09	3.24	5.09	5.41	5.85	6.4	6.16	5.56	5.38
Promedio	**5.08**	**4.84**	**4.83**	**4.97**	**4.75**	**3.78**	**4.89**	**5.46**	**5.81**	**6.05**	**6.02**	**5.39**	**5.23**

Fuente*: Elaboración propia. Datos página de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).*

- **Interpretación**

En la figura siguiente se registra la radiación solar por metro cuadrado de superficie horizontal en un día promedio de cada mes durante los años 2017-2022. Se destaca que el valor más bajo se observa en junio, alcanzando 3.78 kWh/(m^2/día). mientras que el mes más favorable resulta ser octubre, con un valor de 6,05 kWh/(m^2/día).

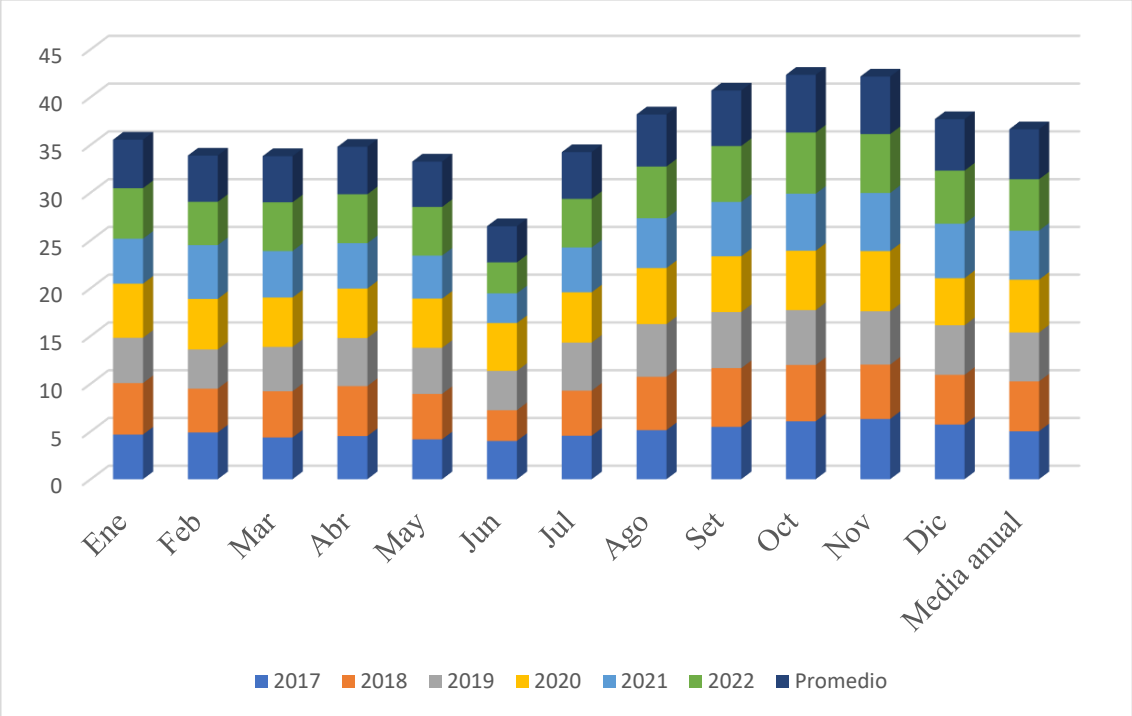


Figura 2. Radiación promedio para un ángulo de 15° en el caserío de Sagasmache (kWh/(m^2/día).

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Angulo óptimo de inclinación.**

Para determinar el ángulo óptimo de inclinación de una superficie se utilizará la ecuación 1, que está basada en los análisis estadísticos de la radiación solar anual sobre superficies fijas con 33 diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes y para la investigación la latitud del caserío de Sagasmache es de -6,26 854°.

$$\beta opt = 3{,}7 + (0{,}69 \times |\varphi|) \ldots\ldots\ldots \text{Ec1}$$

$$\beta opt = 3{,}7 + (0{,}69 \times |-6{,}26854°|)$$

$$\beta opt = 8.03$$

2.6. Croquis de catastro del caserío de Sagasmache.

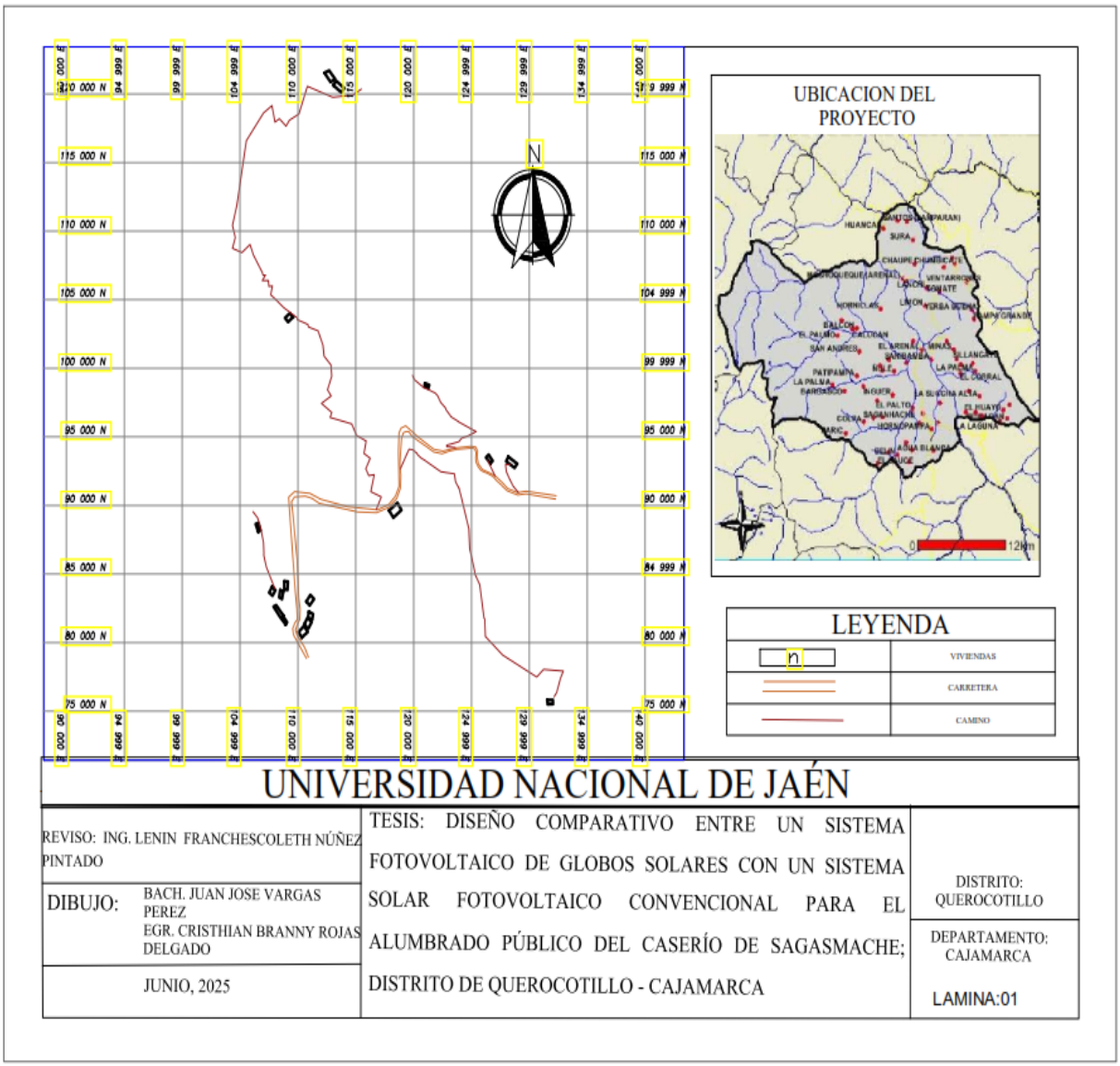


Figura 3. Catastro del caserío de Sagasmache.

Fuente: Elaboración propia con datos adquiridos de Google Eart.

2.7. Determinar la demanda eléctrica requerida para el sistema de alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

2.7.1. Determinación del consumo de energía promedio diario por alumbrado público para el caserío de Sagasmache.

El proyecto tiene como finalidad iluminar de forma óptima al caserío de Sagasmache por la cual se consideró un tipo de luminaria LED de 50 w y farolas LED de 50 w para alumbrado de plazuelas incluida las pérdidas de luminarias.

Tabla 3. Descripción de luminaria, potencia y tiempo de funcionamiento diario.

Luminaria	**Tensión**	**Cantidad**	**Potencia (w)**	**Uso diario (h)**	**Energía diaria (wh)**
Isla led 50w	220 V	1	50	12	600
Farola	**Tensión**	**Cantidad**	**Potencia (w)**	**Uso diario (h)**	**Energía diaria (wh)**
Isla led 50w	220 V	1	50	4	200

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla N°03 se consideró la distribución de las luminarias según la ubicación de las viviendas del caserío de Sagasmache. Ubicándose un total de 10 luminarias; 6 luminarias de 50w y 4 farolas de 50W, se ubicaron de acuerdo al cálculo realizado. Determinación del consumo de energía mensual para el alumbrado público.

De acuerdo a la ubicación de los predios que conforman al caserío de Sagasmache se realizó el cálculo del consumo mensual de alumbrado público. Se utilizó un sector típico SER utilizado en zona rural con un factor de 6.3.

Para la demanda de energía eléctrica promedio diario ($CMAP$). Para ello se tuvo en cuenta la aplicación de la ecuación 2.

$$CMAP = KALPxN_U \ldots\ldots \text{ Ec2}$$

Donde:

$CMAP$: consumo mensual de alumbrado público en KWh

$KALP$: Factor de AP en KWh/usuario-mes se consideró sector típico SER, su KALP corresponde a 6.3.

N_U: número de usuarios del caserío

$$CMAP = KALPxN_U$$

$$\text{CMAP} = 6.3\text{x}18$$

$$CMAP = 113.4\ kwh$$

Para determinar el consumo de alumbrado público por mes se tienen en cuenta la demanda de energía diario multiplicado por 30 días del mes donde da un valor de 113.4 KWh/mes. Donde se muestra en la tabla 4.

2.7.2. Determinación de los puntos de iluminación.

De acuerdo al consumo de alumbrado público en KWh, para el cálculo de los puntos de iluminación se consideró las luminarias con una potencia de 45W incluyendo 5w de pérdidas en luminarias led Para ello se utilizó luminarias con una potencia de 50W mostrado en la ecuación 3.

$$\text{PI} = \frac{CMAP \text{ x } 1000}{\text{NHMAPx PPL}} \ldots\ldots\ldots \text{ Ec3}$$

$$\text{PI} = \frac{113.4 \text{ x } 1000}{360\text{x } 50}$$

$$\text{PI} = 6.32 \approx 6$$

Donde:

NHMAP: número de horas mensuales de alumbrado público (hora/mes)

PPL: potencia nominal promedio de luminaria (w)

Tabla 4. Demanda eléctrica por alumbrado público.

Caserío de Sagasmache	Cantidad	Unidad
Número de viviendas	18	Unid
CMAP	113.4	KWh/mes
PPL	50	W
PI. total	10	Unid
F. S	1	

Fuente. Elaboración propia.

2.7.3. Cálculo de la máxima demanda eléctrica para el caserío de Sagasmache.

Para el cálculo de la máxima demanda eléctrica, se consideró los 6 puntos de iluminación con una potencia total de 300 W y 4 puntos de iluminación para plazuelas con una potencia total de 200 w con un factor de simultaneidad de 1 de acuerdo a DGE RD. N.º 015-2004-EM/DGE. Se ha considerado un consumo eléctrico constante de 12 horas diarias para el uso del alumbrado público en plazuelas se tomó como referencia de acuerdo a información obtenida por los habitantes del caserío Sagasmache; 4 horas. Asimismo, se ha considerado un 3 % de pérdidas en distribución en redes secundarias. Los resultados se muestran en la siguiente tabla

Tabla 5. Demanda eléctrica total del caserío de Sagasmache.

Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia (Watts)	Potencia Total (Watts)	Perdidas Por Distribución (3%)	F. S	Potencia Total Mas Perdidas (Watts)	Horas / Día	Días/ Semana	Wh/ Semana	Voltaje de operación
1	Alumbrado Público	6	50	300	9	1	309	12	7	25956	220 VCA
2	Plazuelas	4	50	200	6	1	206	4	7	5768	220 VCA
Total, de energía eléctrica por semana										**31724**	**Wh/sem**
Total, de energía eléctrica por día										4532	Wh/día

Fuente. Elaboración propia

2.7.4. Cálculo del consumo medio diario.

Para el cálculo del consumo medio se toman las siguientes variables el impacto por el uso de inversor, por eficiencia de conductores y baterías. Donde el consumo medio diario se calcula con la siguiente expresión. (Mesa, 2016)

$$E_{dm} = \frac{E_{dm,CD} + \frac{E_{dm,CA}}{n_i}}{n_{bat} x\, n_{cond}} \text{ ..... Ec4}$$

Para el siguiente cálculo, se asumió la eficiencia del inversor es de 93 %, eficiencia de la batería de 99%, y los conductores una eficiencia de 97 %, el consumo medio diario en CA es de 4532 Wh/día. Reemplazando los datos en la Ecuación se obtiene que el consumo medio diario para el caserío de Sagasmache es de $5074.58 wh/dia$. Utilizando la ecuación 04.

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{4532}{0.93}}{0.99 \text{ x } 0.97}$$

$$\mathbf{E_{dm} = 5074.58\ wh/dia}$$

Donde

E_{dm} : Consumo medio diario en (wh)

$E_{dm,CD}$: Consumo medio diario en corriente directa

$E_{dm,CA}$: Consumo medio diario en corriente alterna

n_i : Eficiencia del inversor

n_{bat} : Eficiencia de batería

n_{cond}: : Eficiencia de conductor

2.7.4.1. Carga corregida.

La carga corregida se utilizará la siguiente expresión matemática.

$$\boldsymbol{Q} = \frac{Edm}{V_{n,sg}} \text{ ..... Ec5}$$

Donde:

$\boldsymbol{Q}$ **:** carga corregida.

$V_{\mathrm{n,sg}}$: voltaje nominal del sistema de generación (V).

La carga corregida se calcula utilizando la Ecuación 5. Al reemplazar el consumo medio diario previamente calculado para el caserío de Sagasmache, que es de 5074.58 Wh/día, y asumiendo un voltaje nominal del sistema de generación de 48 V, se obtiene un valor de carga corregida de 105.72 Ah/día.

$$\boldsymbol{Q} = \frac{\mathrm{Edm}}{V_{\mathrm{n,sg}}}$$

$$\boldsymbol{Q} = \frac{5074.58}{48}$$

$$\boldsymbol{Q = 105.72\ \mathrm{Ah/dia}}$$

Donde:

Q : carga corregida.

$V_{\mathrm{n,sg}}$: voltaje nominal del sistema de generación (V).

2.7.4.2. Corriente del proyecto.

Para el cálculo de la corriente del proyecto se tiene la carga corregida y las horas de sol promedio con un ángulo de 15°. La cual se calculará con la ecuación 6.

$$I_{\mathrm{proyecto}} = \frac{Q}{\mathrm{HSD}_{crit}} \ldots\ldots\ldots \ \mathrm{Ec6}$$

Donde:

I_{proyecto}: corriente del proyecto.

HSD_{crit}: horas de sol diario (h/día).

Para el cálculo de la corriente del proyecto se tiene la carga corregida y las horas de sol promedio con un ángulo de 15°. Donde se calculó con la ecuación 6.

$$I_{\mathrm{proyecto}} = \frac{Q}{\mathrm{HSD}_{crit}}$$

$$I_{\text{proyecto}} = \frac{105.72}{3.78}$$

$$\boldsymbol{I_{\text{proyecto}} = 27.97\ A}$$

Donde

I_{proyecto}: corriente del proyecto.

HSD_{crit}: horas de sol diario (h/día).

Tabla 6. Corriente de proyecto calculada de acuerdo a la carga corregida entre las horas de sol diario.

Mes	Carga corregida (Ah/día)	Horas pico (h/día)	Corriente del proyecto
Ene	105.72	5.08	20.81785363
Feb	105.72	4.84	21.84297521
Mar	105.72	4.83	21.88819876
Abr	105.72	4.97	21.27162978
May	105.72	4.75	22.25684211
Jun	**105.72**	**3.78**	**27.96825397**
Jul	105.72	4.89	21.6196319
Agos	105.72	5.46	19.36263736
Sept	105.72	5.81	18.19621343
Oct	105.72	6.05	17.47438017
Nov	105.72	6.02	17.56146179
Dic	105.72	5.39	19.61410019

Fuente: Elaboración propia.

2.8. Diseñar el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

Para realizar el diseño fotovoltaico de paneles solares se ha creído pertinente realizar cálculos que nos permitan elegir los mejores equipos tanto que cumplan con las especificaciones que requerimos para dicho diseño.

2.8.1. Cálculo del generador fotovoltaico para el sistema de paneles solares convencionales.

El cálculo del generador fotovoltaico para el sistema de paneles solares convencionales se basa en considerar las especificaciones técnicas del panel solar y las condiciones de radiación solar.

Se ha elegido un panel policristalino ERA de 320 Wp y 24V - 48V debido a su alta potencia, especialmente adecuada para climas cálidos y resistencia al sobrecalentamiento. Las especificaciones técnicas del panel son:

- Largo: 1956 mm
- Ancho: 992 mm
- Espesor: 35 mm
- Corriente de operación: 8.5 A
- Voltaje punto de operación: 45.5 V
- Corriente de cortocircuito: 9.1 A

El valor crítico de radiación solar es de 3.78 horas de sol diarias (hora solar pico), y se considera un factor de reducción o degradación del panel (debido al envejecimiento y el polvo) de 0.93.

Con estos datos, se procede a calcular la cantidad de paneles necesarios para el generador fotovoltaico, basándose en la información proporcionada por (Autosolar, 2022).

2.8.2. Número de paneles en total.

Para el cálculo de número de paneles se utilizó la ecuación 07 donde se atizará 6 paneles para el sistema fotovoltaico. PR, mayormente es utilizado con un valor de 0.8

$$NpxWP = \frac{\text{Edm}}{\text{HSP}X\ \text{PR}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec7}$$

$$Npx320 = \frac{\mathbf{5074.58}}{3.78X\ 0.8}$$

$$Np = 5.24 \approx 6$$

2.8.2.1. Paneles fotovoltaicos en serie.

Para el cálculo de paneles en serie se tuvo en cuenta el voltaje del panel que es 24 Vdc, tomando en cuenta el voltaje de generación del sistema de 48 V según (Pérez Campos, 2019), el cálculo se realiza con la ecuación 08, donde se obtiene 2 paneles en serie.

$$N_{P,serie} = \frac{V_{n,sg}}{V_{n,P}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec8}$$

$$N_{P,serie} = \frac{48}{24}$$

$$N_{P,serie} = 2$$

Donde.

$N_{P,serie}$: Número de paneles fotovoltaicos en serie

$V_{n,sg}$: Voltaje nominal del sistema de generación

$V_{n,P}$: Voltaje nominal del panel.

2.8.2.2. Paneles fotovoltaicos en paralelo.

Para obtener la cantidad de paneles en paralelo se utiliza la ecuación 09.

$$Np_{,paralelo} = \frac{\text{N}_{mod.fotovoltaicos}}{Np_{,serie}} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Ec9}$$

$$N_{P,paralelo} = \frac{6}{2}$$

$$Np_{,paralelo} = 3$$

Se utilizaría 3 paneles convencionales en paralelo para el sistema fotovoltaico

2.8.3. Potencia del sistema de generación.

Para el cálculo del sistema de generación se tiene la ecuación 10. donde esté compuesto por 2 paneles en serie, 3 paneles en paralelo, el total de paneles a utilizar serán 6 paneles fotovoltaicos, cuya potencia es de 1.92 kWp, lo necesario para abastecer la demanda de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

$$P_{SG} = Np_{,paralelo} \times Np_{,serie} \times P_{max,p} \dots\dots\dots\dots \text{Ec10}$$

$$P_{SG} = 3 \times 2 \times 320$$

$$P_{SG} = 1.92\ kWp$$

P_{SG} : Potencia del sistema de generación (kWp)

$P_{max,p}$: Potencia máxima del panel fotovoltaico.

2.8.4. Cálculo de baterías para el sistema fotovoltaico.

Las baterías para el sistema tienen un gran funcionamiento al recibir las cargas diferentes proporcionadas por el generador fotovoltaico en lo cual están en función de la descarga máxima. El cálculo se realizó con respecto a la ecuación para eso se considera el dato de la carga corregida 105.72 Ah, los días de autonomía están en el rango de 2-5 días, donde el caserío de Sagasmache está en zona de un clima templado donde se considera 2 días de autonomía. Según datos de batería su máxima profundidad de descarga será un 70%, y su factor de corriente de temperatura es de 95%.

2.8.4.1. Capacidad nominal de las baterías.

Con los datos adquiridos se determinó la capacidad del sistema de baterías con la ecuación 11.

$$C_{B.baterias} = \frac{Q \times N_{d.auto}}{(FP_{max.BD.d}) \times F_{CT}} \dots\dots\dots\dots \text{Ec11}$$

$$C_{B.baterias} = \frac{105.72 \times 2}{(0{,}7) \times 0{,}95}$$

$$C_{B.baterias} = 317.95Ah$$

Donde.

$C_{B.baterias}$: Capacidad nominal de las baterías.

Q: Carga corregida para la demanda de energía.

$N_{d.auto}$: Número de días de autonomía del banco de baterías.

$FP_{max.BD.d}$: Factor de profundidad de descarga diaria de las baterías.

F_{CT}: Factor de corrección por temperatura.

Para el cálculo de las baterías se obtuvo una Rolls de 12cs 11p 318AH (Ecodirect, 2018).

2.8.4.2. Baterías en paralelo.

La cantidad de baterías en paralelo se obtienen con la ecuación 12. Donde se utiliza 1 baterías en paralelo para el sistema fotovoltaico.

$$N_{B,paralelo} = \frac{C_{B,baterias}}{C_{n,baterias}} \ldots\ldots\ldots\ldots . \text{Ec12}$$

$$N_{B,paralelo} = \frac{317.95Ah}{318AH}$$

$$\mathbf{N_{B,paralelo} = 0.99 \approx 1}$$

Donde.

$N_{B,paralelo}$: Número de baterías en paralelo.

$C_{B,baterias}$: Capacidad nominal del banco de baterías

$C_{n,baterias}$: Capacidad nominal de la batería.

2.8.4.3. Baterías en serie.

Para el cálculo de baterías en serie se utiliza la ecuación 13 donde se obtiene 4 baterías para el sistema fotovoltaico.

$$N_{B,serie} = \frac{V_{SIS,operacion}}{V_{bateria}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Ec13}$$

$$N_{B,serie} = \frac{48}{12}$$

$$N_{B,serie} = 4$$

Para el número total de baterías se obtuvo con la ecuación 14. Donde, se obtuvo 4 baterías.

$$N_{b,total} = N_{B,serie} \times N_{B,paralelo} \ldots\ldots\ldots\ldots Ec14$$

$$N_{b,total} = 4 \times 1$$

$$N_{b,total} = 4$$

2.8.5. Corriente de operación del generador fotovoltaico.

La corriente de operación del generador fotovoltaico se calcula considerando la corriente de operación del panel ERA Solar de 320 Wp, que es de 8.5 A, y el número de paneles fotovoltaicos en paralelo. Los cálculos se efectuaron utilizando la Ecuación 15.

Después de realizar los cálculos, se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico resulta ser 25.5 A. Esto se logra al considerar la suma de las corrientes de operación de los paneles conectados en paralelo en el sistema**.**

$$I_{Oper,G} = I_{Oper,panel} \times N_{P,paralelo} \ldots\ldots\ldots\ldots Ec15$$

$$I_{Oper,G} = 8{,}5 \times 3$$

$$I_{Oper,G} = 25.5\ A$$

Donde.

$I_{Oper,G}$: Corriente de operación del generador fotovoltaico

$I_{Oper,panel}$: Corriente de operación del panel

$N_{P,paralelo}$: Número de paneles en paralelo.

2.8.5.1. Corriente máxima del generador fotovoltaico.

Para determinar la corriente máxima del generador fotovoltaico, se tomó en cuenta la corriente de cortocircuito del panel ERA Solar de 320 Wp es de 9,1 A y el número de paneles fotovoltaicos en paralelo. Los cálculos se realizaron con la Ecuación 16. Se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico resultó 27.3A

$$I_{max,G} = I_{SC,panel} \times N_{P,paralelo} \ldots\ldots\ldots\ldots Ec16$$

$$I_{max,G} = 9{,}1 \times 3$$

$$I_{max,G} = 27.3\ A$$

Donde.

$I_{max,G}$: Corriente máxima del generador.

$I_{SC,panel}$: Corriente de cortocircuito del panel.

$N_{P,paralelo}$: Número de paneles en paralelo.

2.8.5.2. Corriente de controlador de carga.

Para determinar la corriente del controlador de carga se tuvo que calcular la corriente máxima del generador, es necesario tener en cuenta la corriente de cortocircuito, la cantidad de paneles a instalar en paralelo y el factor de seguridad. Donde la corriente del controlador debe de ser mayor para ello se determina con la ecuación 17. Por lo que la corriente del regulador seria 34.125 A.

$$I_{regulador} > F_{SC} \times I_{SC,panel} \times N_{P,paralelo} \ldots\ldots\ldots\ldots Ec17$$

$$I_{regulador} > 1{,}25 \times 9{,}1 \times 3$$

$$I_{regulador} > 34.125\ A$$

Donde.

$I_{regulador}$: Corriente del regulador.

F_{SC}: Factor de seguridad por corto circuito.

$I_{SC,panel}$: Corriente de corto circuito del panel.

$N_{P,paralelo}$: Número de paneles en paralelo.

2.8.5.3. Número de reguladores.

El motivo por el cual se eligió el Controlador Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON con corriente de carga a baterías es debido a sus características y capacidades específicas. Este controlador es capaz de trabajar con una corriente de carga a baterías y soporta hasta 150V de tensión en los paneles solares. Además, ofrece conectividad Bluetooth que permite monitorear y configurar el controlador de carga desde un dispositivo móvil, lo que facilita

la supervisión y gestión remota del sistema. La tecnología de Victron es conocida por su rendimiento y eficiencia, y los algoritmos avanzados de seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT) aseguran un rendimiento máximo de la instalación solar, incluso en condiciones de nubosidad parcial. Este controlador es compatible con baterías de 12V, 24V y 48V, y cuenta con una amplia protección electrónica para garantizar la seguridad y durabilidad del sistema. AutoSolar, (2017).

Para el cálculo del número de reguladores, se utilizó la Ecuación 18, y en este caso, se determinó que se necesita 1 controlador de carga para el sistema fotovoltaico, basado en las características y especificaciones del controlador seleccionado.

$$N_{Reg} = \frac{I_{regulador}}{I_{reg,seleccionado}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \text{Ec18}$$

$$N_{Reg} = \frac{34.125}{45}$$

$$N_{Reg} = 0.76 \approx 1$$

Donde.

N_{Reg}: Número de reguladores de carga

$I_{regulador}$: Corriente del regulador de carga (A)

$I_{reg,seleccionado}$: Corriente del regulador seleccionado (A).

2.8.6. Cálculo del inversor DC/AC.

El cálculo del inversor DC/AC implica la conversión de energía desde corriente continua a corriente alterna. Conforme a, (Osaka, 2021) un inversor es un aparato diseñado para cambiar la corriente proveniente de una o varias baterías (generalmente de 12, 24 o 48 V), de acuerdo al voltaje requerido por la vivienda o las cargas que se van a emplear. Además, se le conoce también como convertidor de corriente u ondulador de corriente.

2.8.6.1. Potencia del inversor.

Para determinar la potencia del inversor se toma la potencia de cargas del caserío de Sagasmache, utilizando la ecuación 19.

$$P_{INV} = 1{,}2 \times \frac{P_{generacion}}{n_{inversor}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Ec19}$$

$$P_{INV} = 1{,}2 \times \frac{1.92}{0.93}$$

$$P_{INV=}\ 2.48\ KW$$

Donde.

P_{INV}: potencia del inversor (W).

P_{AC}: potencia de corriente alterna (W).

FS: factor de simultaneidad de las cargas.

De acuerdo a la potencia de las cargas del caserío de Sagasmache se ha considerado un inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 3000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 220 VAC, frecuencia 60 Hz. Los datos se muestran en la ficha técnica del fabricante. (AutoSolar, 2017).

2.8.6.2. Número de inversores.

Para el cálculo del número de inversores se aplica la potencia de inversor 2480W, entre la potencia del inversor seleccionado 3000W y se calculó con la ecuación 20.

$$\mathrm{N_{INV}} = \frac{\mathrm{P_{INV}}}{\mathrm{P_{INV,selec}}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Ec20}$$

$$N_{INV} = \frac{2480W}{3000W}$$

$$N_{INV} = 0{,}83 \approx 1$$

Donde.

N_{INV}: Número de inversores.

P_{INV}: potencia del inversor(W).

$P_{INV,selec}$: potencia del inversor seleccionado(W).

2.8.7. Determinación de los conductores.

Para realizar el cálculo de los conductores se tomó en cuenta la longitud y se seleccionan de acuerdo a la caída de tensión que este dentro del rango de la norma vigente.

2.8.7.1. Intensidad máxima que debe soportar el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga.

El cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el conductor desde el generador fotovoltaico hasta el regulador de carga se realizó utilizando la Ecuación 21:

$$I_{max,con-P,R} = 1{,}25 \times I_{SC,panel} \times N_{ramas\ en\ paralelo} \ \ldots\ldots\ldots \text{Ec21}$$

$$I_{max,con-P,R} = 1{,}25 \times 9{,}1 \times 3$$

$$I_{max,con-P,R} = 34.13A$$

Por lo tanto, la intensidad máxima que debe soportar el conductor desde el generador fotovoltaico hasta el regulador de carga es de 34.13 amperios.

Donde

$I_{max,con-P,R}$: corriente máxima del conductor que debe soportar del tramo de generador fotovoltaico al regulador de carga.

$I_{SC,panel}$: corriente de cortocircuito del panel utilizado.

2.8.7.2. Intensidad máxima que debe soportar del regulador al inversor.

Se llevó a cabo el cálculo de la máxima corriente que los conductores deben ser capaces de manejar en la sección que conecta el regulador de carga con el inversor, utilizando la Ecuación 22. Después de reemplazar los valores correspondientes en la ecuación, se determinó que la intensidad máxima que deben soportar los conductores en ese tramo es 69.4A, esto significa que la corriente de carga del inversor multiplicada por 1.25 (coeficiente de seguridad) resulta en 69.4A. Esto asegura que los conductores sean dimensionados adecuadamente para soportar la corriente necesaria en el sistema.

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times P_{INV}}{V_{Trabajo} \times n_i} \ \ldots\ldots\ldots \text{Ec22}$$

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times 2480}{48 \times 0{,}93}$$

$$I_{max,R-I} = 69{,}4\ A$$

Donde.

$I_{max,R-I}$: Corriente máxima de regulador al inversor.

$V_{Trabajo}$: Voltaje de trabajo del inversor.

n_i: Eficiencia del inversor.

2.8.7.3. Cálculo de la sección de conductores.

El cálculo de la selección de conductores se lleva a cabo en función de los tramos entre los equipos a instalar en el sistema fotovoltaico. En este proceso, se considera la caída de tensión en cada tramo para el sistema.

Según el Código Nacional de Electricidad (2011), los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados de tal manera que la caída de tensión no exceda el 2.5%.

Para dimensionar los conductores, se utiliza la Ecuación 23. Esta ecuación permitirá calcular el tamaño adecuado de los conductores en función de la longitud del tramo y las características eléctricas del sistema.

$$S_{able} = \frac{2 \times L \times I_{MAX}}{K \times \Delta V} \ \ldots\ldots\ldots \text{Ec23}$$

Donde.

S_{Cable}: sección mínima recomendada (mm^2).

L: longitud de tramo(m).

I_{MAX}: corriente máxima para cada tramo de regulador

K: coeficiente de conductividad de cobre(m/Ωxmm^2).

ΔV: caída máxima de tensión para cada tramo de conductor.

Según (Prysmian, 2019), para el cálculo del proyecto se tuvo que considerar un coeficiente de conductividad del cobre 56 m/Ωx mm^2 con una temperatura de 20 °C.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Figura 4. *Datos técnicos de THW-90.*

Fuente: Catálogo de conductor TWW-90

2.8.7.3.1. Tramo I.

Teniendo en este tramo una longitud de 6m, así como la sección de conductor de 6 mm^2 la caída de tensión está dada por la ecuación 24. Donde se tiene una caída de tensión de 1,22.

$$\Delta V = \frac{2 \times l \times I_{max,con-P,R}}{K \times S} \dots\dots\dots \text{Ec24}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 6 \times 34.13}{56 \times 6}$$

$$\Delta V = 1.22\ V$$

2.8.7.3.2. Tramo II.

Tramo II se le considera de regulador – baterías. Para este tramo se cuenta con una longitud de 5m, una sección de conductor de 6, la caída de tensión está dada por la ecuación 25. Donde se tiene una caída de tensión de 0.81.

$$\Delta V = \frac{2 \times l \times I_{max,con-P,R}}{K \times S} \ldots\ldots\ldots \text{Ec25}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 4 \times 34.13}{56 \times 6}$$

$$\Delta V = 0.81V$$

2.8.7.3.3. Tramo III.

Para el tramo III se toma de baterías - inversor, donde se tiene una longitud de 3m, con una sección de conductor de 16mm^2, donde la caída de tensión está dada por la ecuación 26. Por lo que se obtuvo una caída de tensión de 0,23.

$$\Delta V = \frac{2 \times 3 \times I_{max,R-I}}{K \times S} \ldots\ldots\ldots \text{Ec26}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 3 \times 69.4}{56 \times 16}$$

$$\Delta V = 0.23V$$

Tabla 07. En la tabla se muestra la selección de conductores y la caída de tensión, por lo que se puede apreciar que no sobre pasa del 2,5 %.

Tramos de líneas	$\mathbf{I_{adm}(A)}$	Sección (mm2)	L(m)	ΔV (V)
Tramo I	34.13	6	6	1.22
Tramo II	34.13	6	4	0.81
Tramo III	69.4	16	3	0,23

Fuente: Elaboración propia.

2.8.8. Protección del sistema fotovoltaico.

Para determinar la protección del sistema originadas por sobrecargas o cortocircuitos en cada tramo del sistema fotovoltaico se tiene la ecuación 27.

$$I_b \leq I_n \geq 0,9 \times I_{adm} \ldots\ldots\ldots \text{Ec27}$$

Donde.

I_b: intensidad de corriente que recorre por el conductor (A).

I_n: intensidad nominal del fusible asignado a la línea (A).

I_{adm}: intensidad máxima admisible del cable conductor de la línea(A).

2.8.8.1. Tramo generador fotovoltaico al regulador de carga.

Remplazando en la ecuación 27 se determinó la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo generador fotovoltaico – regulador de carga. Dando un resultado de 36A, por lo que se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 amperios a 100 amperios, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm} \ldots\ldots\ldots \text{Ec27}$$

$$34.13 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 44$$

$$34.13 \leq I_n \geq 40$$

$$I_n = 40 \text{ A}$$

2.8.8.2. Tramo regulador – batería.

En el segmento que va desde el regulador hasta la batería, al sustituir los valores en la ecuación 27, se logró calcular la corriente nominal del fusible designado para la línea que conecta el tramo del generador al inversor y luego a la batería. El resultado fue de 40A. En base a esto, se eligió un fusible de tipo cuchilla NH 1 ST con capacidad para 1000 VDC y corrientes asignadas que abarcan desde 25A hasta 100A. Este fusible es adecuado para sistemas fotovoltaicos y su selección se realizó de manera proporcional.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

$$34.13 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 44$$

$$34.13 \leq I_n \geq 40$$

$$I_n = 40\text{A}.$$

2.8.8.3. Tramo batería – inversor.

Al sustituir los valores en la ecuación 27, se obtuvo la intensidad nominal del fusible designado para la línea que conecta el tramo desde el generador al inversor y luego a la batería. Dando un resultado de 70A, por lo que se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25A ah 100 A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

$$69.4 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 85$$

$$69.4 \leq I_n \geq 76.5$$

$$I_n = 70\ A$$

2.8.9. Protección de inversor.

Con el propósito de salvaguardar el inversor, se optó por emplear un interruptor diferencial de 30 mA. Esto fue determinado al calcular la corriente máxima de carga del inversor, la cual resultó en 11.27 A. Con base en este cálculo, se eligió un interruptor termomagnético de 15 A para llevar a cabo esta protección, como se ilustra en la ecuación 28.

$$I_{\max Carga} = \frac{P_{inv}}{N_{INV} \times V} \ \ldots\ldots\ldots \text{Ec28}$$

$$I_{\max Carga} = \frac{2480}{1 \times 220}$$

$$I_{\max Carga} = 11{,}27\ A$$

2.9. Diseñar el sistema de globos solares para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

Los denominados globos solares de la empresa Cool Earth, pretenden consolidarse en el mercado de los renovables como una alternativa viable y sostenible a las fuentes fósiles de energía. En esta tecnología no es necesario de utilizar grandes cantidades de silicio para poder concentrar la energía solar, los captadores inflables captan la luz solar a cierta altitud

y la concentran en celdas fotovoltaicas, incrementando varias veces la energía que impacta sobre las celdas del globo.

Los globos solares cuestan hasta 400 veces menos por área colectada que los sistemas convencionales, su diseño puede resistir vientos de 100 mph. Su carcasa exterior plástica permite proteger el receptor y la superficie de los espejos de concentración. Según los creadores de la empresa Cool Earth los globos solares tienen una medida de 2 metros de diámetro y pueden generar hasta 500watts de electricidad, con un costo eventual de 2 .6 dólares (Ecoinventos, 2018).

2.9.1. Cálculo del generador para el sistema de globos solares.

Es un panel solar flexible y de películas plásticas delgados que tiene una forma redondeada de más de 2 metros de diámetro, que se mantiene en el aire enganchados a cables o en una estructura fija, el cual puede generar 500 Wp por unidad con un coste menor de 2,6 dólares. Los rayos del sol atraviesan las paredes del globo solar, y un porcentaje de la energía es absorbido por los paneles y el restante es atrapado por el globo solar para ser absorbida luego por los paneles solares (Carbonell, Globos solares, 2023).

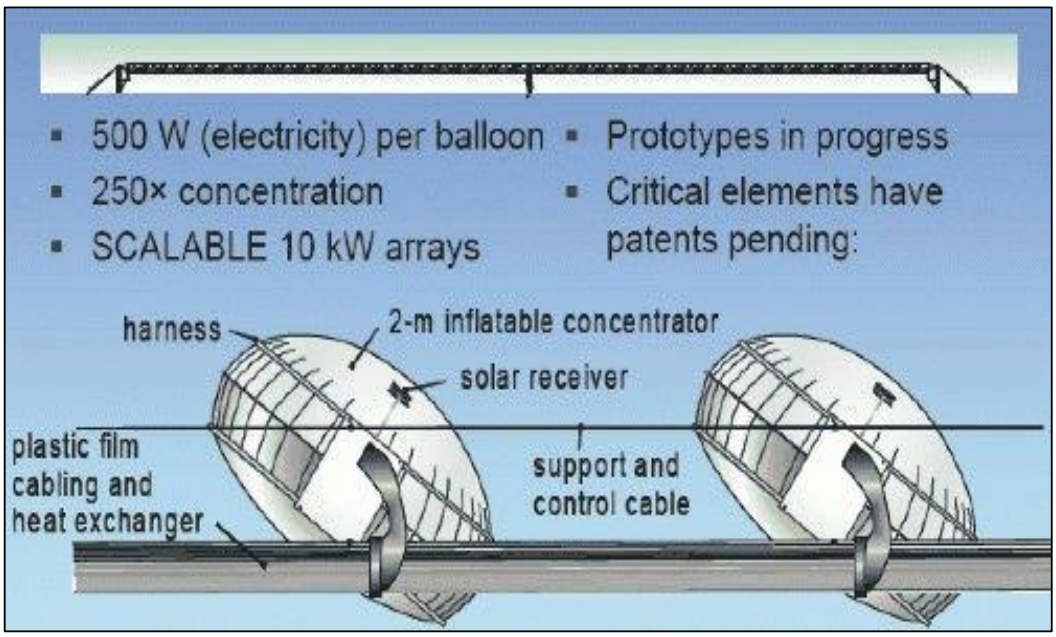


Figura 5. Descripción de su función, potencia y materiales de que están fabricados.

Fuente (Greenteach, 2022).

Características de los globos solares: Son de 500w de electricidad por globo cada unidad puede generar medio kilovatio eléctrico.

Concentración 250 por concentración, la luz solar se concentra 250 veces gracias a la geometría del globo inflable.

Escalabre a 10kv, múltiples globos pueden integrarse en arreglos modulares para obtener más potencia.

Prototipos en desarrollo, en fase experimental; patentes pendientes, elementos críticos de la tecnología están en trámite de protección.

Componentes señalados:

- 2-m inflable concentrator: Globo inflable de 2 metros de diámetro que concentra la radiación solar.
- Solar receiver: receptor solar donde se concentra la energía.
- Harness: Estructura de sujeción que mantiene el globo fijo.
- Plastic film cabling and heat exchanger: Membrana plástica que actúa como superficie reflectante.
- Suport control cable: Cable de soporte y control que estabiliza y distribuye energía al sistema central.

2.9.2. Número de globos solares en total.

Para el cálculo del número total de globos se ha considerado un globo solar de 500Wp de Cool Earth solar donde se utilizó la ecuación 29 dando una cantidad de 4 globos solares. Para el sistema fotovoltaico. PR, mayormente es utilizado con un valor de 0.8.

$$NGxWP = \frac{\text{Edm}}{\text{HSP}X\ \text{PR}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec29}$$

$$NGx500 = \frac{5074.58}{3.78X\ 0.8}$$

$$NG = 3.36 \approx 4$$

2.9.2.1. Globos fotovoltaicos en serie.

Para el cálculo de globos en serie se consideró el voltaje del globo que es 24 Vdc, tomando en cuenta el voltaje de generación del sistema de 48 V según (Pérez Campos, 2019), el cálculo se realiza con la ecuación 30, donde se obtiene 2 globos solares en serie.

$$N_{G,serie} = \frac{V_{n,sg}}{V_{n,P}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec30}$$

$$N_{G,serie} = \frac{48}{24}$$

$$N_{G,serie} = 2$$

Donde.

$N_{G,serie}$: Número de globos fotovoltaicos en serie

$V_{n,sg}$: Voltaje nominal del sistema de generación

$V_{n,G}$: Voltaje nominal del globo solar.

2.9.2.2. Globos fotovoltaicos en paralelo.

Para obtener la cantidad de globos en paralelo se utiliza la ecuación 31, donde se utilizó 2 globos solares.

$$NG_{,paralelo} = \frac{\mathrm{N}_{mod.fotovoltaicos}}{NG_{,serie}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec31}$$

$$NG_{,paralelo} = \frac{4}{2}$$

$$NG_{,paralelo} = 2$$

2.9.3. Potencia del sistema de generación.

Para el cálculo del sistema de generación se tiene la ecuación 32. donde esté compuesto por 2 globos solares en paralelo, 2 globos solares en serie, donde se utilizó 4 globos fotovoltaicos, cuya potencia es de 2 kWp, lo necesario para abastecer la demanda de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

$$P_{SG} = NG_{,paralelo} \times NG_{,serie} \times P_{max,G} \ldots\ldots\ldots \text{Ec32}$$

$$P_{SG} = 2 \times 2 \times 500$$

$$P_{SG} = 2\ kWp$$

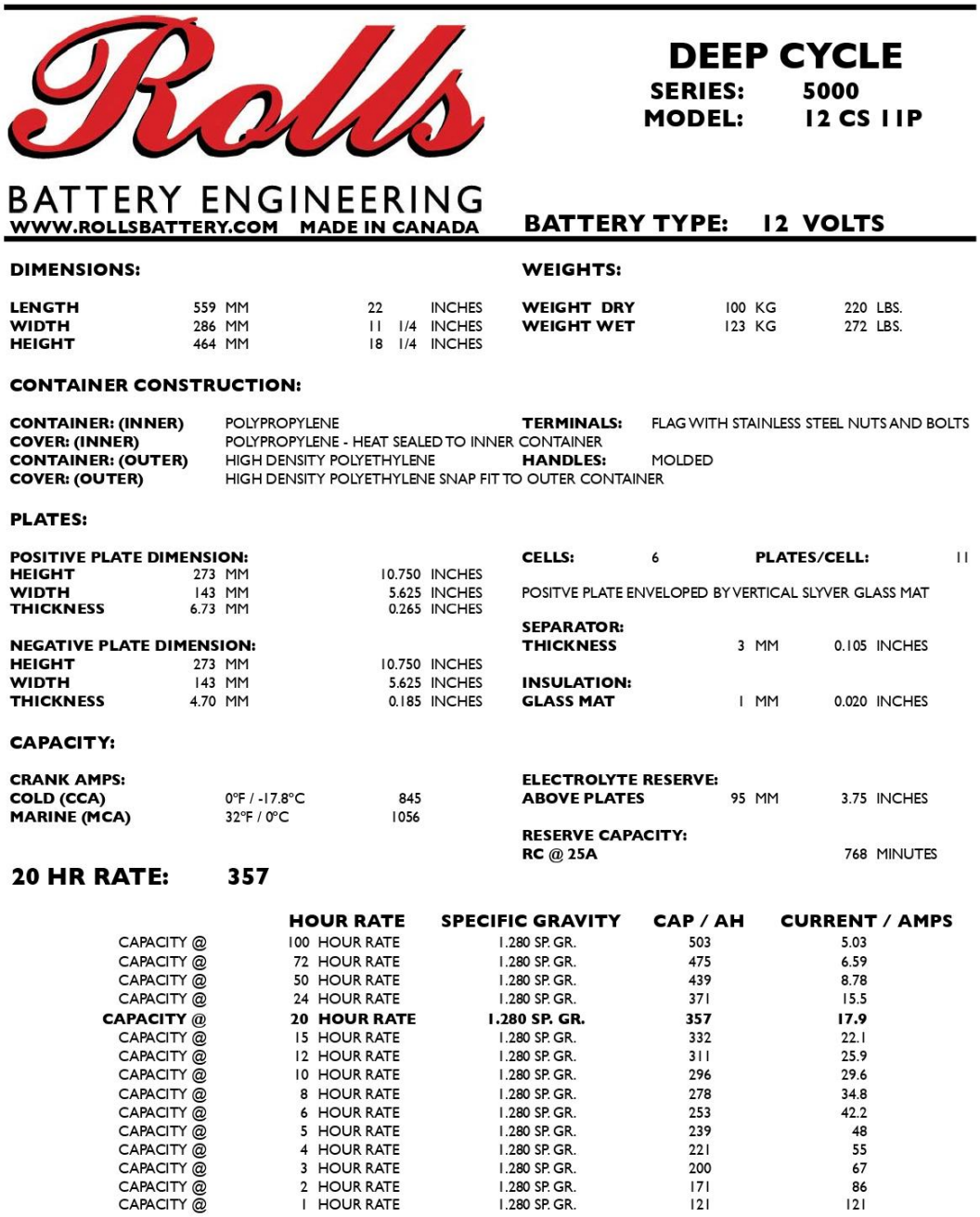
P_{SG} : potencia del sistema de generación (kWp)

$P_{max,p}$: potencia máxima del globo solar fotovoltaico.

$P_{max,G}$: potencia máxima del globo solar.

2.9.4. Cálculo de baterías del sistema fotovoltaico

Las baterías para el sistema tienen un gran funcionamiento al recibir las cargas diferentes proporcionadas por el generador fotovoltaico en lo cual están en función de la descarga máxima. El cálculo se realizó con respecto a la ecuación para eso se considera el dato de la carga corregida 105.72 Ah/día, los días de autonomía están en el rango de 2-5 días, donde el caserío de Sagasmache está en zona de un clima templado donde se considera 2 días de autonomía. Según datos de batería su máxima profundidad de descarga será un 70%, y su factor de corriente de temperatura es de 95%, (RROLLS, 2024).



Rolls

BATTERY ENGINEERING

WWW.ROLLSBATTERY.COM MADE IN CANADA

DEEP CYCLE

SERIES: 5000

MODEL: 12 CS 11P

BATTERY TYPE: 12 VOLTS

DIMENSIONS:

LENGTH	559	MM	22		INCHES		
WIDTH	286	MM	11	1/4	INCHES		
HEIGHT	464	MM	18	1/4	INCHES		

WEIGHTS:

WEIGHT DRY	100	KG	220	LBS.
WEIGHT WET	123	KG	272	LBS.

CONTAINER CONSTRUCTION:

CONTAINER: (INNER)	POLYPROPYLENE	**TERMINALS:**	FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS
COVER: (INNER)	POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER		
CONTAINER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE	**HANDLES:**	MOLDED
COVER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO OUTER CONTAINER		

PLATES:

POSITIVE PLATE DIMENSION:					
HEIGHT	273	MM	10.750	INCHES	
WIDTH	143	MM	5.625	INCHES	
THICKNESS	6.73	MM	0.265	INCHES	
NEGATIVE PLATE DIMENSION:					
HEIGHT	273	MM	10.750	INCHES	
WIDTH	143	MM	5.625	INCHES	
THICKNESS	4.70	MM	0.185	INCHES	

CELLS: 6 **PLATES/CELL:** 11

POSITVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SLYVER GLASS MAT

SEPARATOR:				
THICKNESS	3	MM	0.105	INCHES
INSULATION:				
GLASS MAT	1	MM	0.020	INCHES

CAPACITY:

CRANK AMPS:		
COLD (CCA)	0°F / -17.8°C	845
MARINE (MCA)	32°F / 0°C	1056

ELECTROLYTE RESERVE:			
ABOVE PLATES	95	MM	3.75 INCHES
RESERVE CAPACITY:			
RC @ 25A			768 MINUTES

20 HR RATE: 357

	HOUR RATE	SPECIFIC GRAVITY	CAP / AH	CURRENT / AMPS
CAPACITY @	100 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	503	5.03
CAPACITY @	72 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	475	6.59
CAPACITY @	50 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	439	8.78
CAPACITY @	24 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	371	15.5
CAPACITY @	**20 HOUR RATE**	**1.280 SP. GR.**	**357**	**17.9**
CAPACITY @	15 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	332	22.1
CAPACITY @	12 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	311	25.9
CAPACITY @	10 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	296	29.6
CAPACITY @	8 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	278	34.8
CAPACITY @	6 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	253	42.2
CAPACITY @	5 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	239	48
CAPACITY @	4 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	221	55
CAPACITY @	3 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	200	67
CAPACITY @	2 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	171	86
CAPACITY @	1 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	121	121

Figura 6. *Batería Rolls 12cs 11p*

Fuente: Catalogó de Rolls

2.9.4.1. Capacidad nominal de las baterías.

Teniendo en cuenta los datos adquiridos se determinó la capacidad del sistema de baterías con la ecuación 33.

$$C_{B.baterias} = \frac{Q \times N_{d.auto}}{(FP_{max.BD.d}) \times F_{CT}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec33}$$

$$C_{B.baterias} = \frac{105.72 \times 2}{(0{,}7) \times 0{,}95}$$

$$C_{B.baterias} = 317.95Ah$$

Donde.

$C_{B.baterias}$: Capacidad nominal de las baterías.

Q: Carga corregida para la demanda de energía.

$N_{d.auto}$: Número de días de autonomía del banco de baterías.

$FP_{max.BD.d}$: Factor de profundidad de descarga diaria de las baterías.

F_{CT}: Factor de corrección por temperatura.

Para el cálculo de las baterías se obtuvo una Rolls de 12cs 11p 318AH (Ecodirect, 2018).

2.9.4.2. Baterías en paralelo.

Se obtienen con la ecuación 34. Donde se utiliza 1 baterías en paralelo para el sistema fotovoltaico.

$$N_{B,paralelo} = \frac{C_{B,baterias}}{C_{n,baterias}} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Ec34}$$

$$N_{B,paralelo} = \frac{317.95Ah}{318AH}$$

$$\mathrm{N_{B,paralelo}} = 0.99 \approx 1$$

Donde.

$N_{B,paralelo}$: Número de baterías en paralelo.

$C_{B,baterias}$: Capacidad nominal del banco de baterías.

$C_{n,baterias}$: Capacidad nominal de la batería.

2.9.4.3. Baterías en serie.

Para el cálculo de baterías en serie se utiliza la ecuación 35, donde se obtiene 4 baterías para el sistema fotovoltaico.

$$N_{B,serie} = \frac{V_{SIS,operacion}}{V_{bateria}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec35}$$

$$N_{B,serie} = \frac{48}{12}$$

$$N_{B,serie} = 4$$

Para el número total de baterías se obtuvo con la ecuación 36. Donde, se obtuvo 4 baterías.

$$\mathrm{N}_{b,total} = \mathrm{N}_{B,serie} \times \mathrm{N}_{\mathrm{B,paralelo}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec36}$$

$$\mathrm{N}_{b,total} = 4 \times 1$$

$$\mathrm{N}_{b,total} = 4$$

2.9.5. Corriente de operación del generador fotovoltaico.

Para determinar la corriente de operación del sistema de generador fotovoltaico, se tomó en cuenta la corriente de operación del globo Cool Earth Solar de 500Wp es de 13.01 A y el número de globos fotovoltaicos en paralelo. Los cálculos se realizaron con la Ecuación 37. Se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico resulto 26.02A.

$$\mathrm{I}_{\mathrm{Oper,G}} = \mathrm{I}_{\mathrm{Oper,globo}} \times \mathrm{N}_{\mathrm{G,paralelo}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec37}$$

$$\mathrm{I}_{\mathrm{Oper,G}} = 13.01 \times 2$$

$$\mathrm{I}_{\mathrm{Oper,G}} = 26.02\ \mathrm{A}$$

Donde.

$\mathrm{I}_{\mathrm{Oper,G}}$: Corriente de operación del generador fotovoltaico

$\mathrm{I}_{\mathrm{Oper,panel}}$: Corriente de operación del globo.

$N_{P,paralelo}$: Número de globos solares en paralelo.

2.9.5.1. Corriente máxima del generador fotovoltaico.

Para determinar la corriente máxima del generador fotovoltaico, se tomó en cuenta la corriente de cortocircuito del globo cool earth Solar de 500 Wp es de 13.01A y el número de globos fotovoltaicos en paralelo. Los cálculos se realizaron con la Ecuación 38. Se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico resulto 26.02A

$$I_{max,G} = I_{SC,globo} \times N_{P,paralelo} \ldots\ldots\ldots Ec38$$

$$I_{max,G} = 13.01 \times 2$$

$$I_{max,G} = 26.02\ A$$

Donde.

$I_{max,G}$: Corriente máxima del generador

$I_{SC,panel}$: Corriente de cortocircuito del panel

$N_{P,paralelo}$: Numero de paneles en paralelo.

2.9.5.2. Corriente de controlador de carga.

Para determinar la corriente del controlador de carga se tuvo que calcular la corriente máxima del generador, es necesario tener en cuenta la corriente de cortocircuito, la cantidad de globos a instalar en paralelo y el factor de seguridad. Donde la corriente del controlador debe de ser mayor para ello se determina con la ecuación 39. Por lo que la corriente del regulador seria 34.55 A.

$$I_{regulador} > F_{SC} \times I_{SC,globo} \times N_{G,paralelo} \ldots\ldots\ldots Ec39$$

$$I_{regulador} > 1{,}25 \times 13.82 \times 2$$

$$I_{regulador} > 34.55\ A$$

Donde.

$I_{regulador}$: Corriente del regulador.

F_{SC}: Factor de seguridad por corto circuito.

$I_{SC,panel}$: Corriente de corto circuito del panel.

$N_{P,paralelo}$: Número de paneles en paralelo.

2.9.5.3. Número de reguladores de carga.

El motivo por el cual se eligió el Controlador Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON con corriente de carga a baterías es debido a sus características y capacidades específicas. Este controlador es capaz de trabajar con una corriente de carga a baterías y soporta hasta 150V de tensión en los paneles solares. Además, ofrece conectividad Bluetooth que permite monitorear y configurar el controlador de carga desde un dispositivo móvil, lo que facilita la supervisión y gestión remota del sistema. La tecnología de Victron es conocida por su rendimiento y eficiencia, y los algoritmos avanzados de seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT) aseguran un rendimiento máximo de la instalación solar, incluso en condiciones de nubosidad parcial. Este controlador es compatible con baterías de 12V, 24V y 48V, y cuenta con una amplia protección electrónica para garantizar la seguridad y durabilidad del sistema. Donde para el cálculo de numero de reguladores tenemos la ecuación 40, teniendo como 1 controlador de carga para el sistema fotovoltaico (AutoSolar, 2017).

$$\mathrm{N_{Reg}} = \frac{\mathrm{I_{regulador}}}{\mathrm{I_{reg,seleccionado}}} \ldots\ldots\ldots \mathrm{Ec40}$$

$$\mathrm{N_{Reg}} = \frac{34.55}{45}$$

$$\mathrm{N_{Reg}} = 0.77 \approx 1$$

Donde.

$\mathrm{N_{Reg}}$: Número de reguladores de carga.

$\mathrm{I_{regulador}}$: Corriente del regulador de carga (A).

$\mathrm{I_{reg,seleccionado}}$: Corriente del regulador seleccionado (A).

2.9.6. Cálculo del inversor DC/AC.

El cálculo del inversor DC/AC implica la conversión de energía desde corriente continua a corriente alterna. Conforme a, (Osaka, 2021) un inversor es un aparato diseñado para cambiar la corriente proveniente de una o varias baterías (generalmente de 12, 24 o 48 V), de acuerdo al voltaje requerido por la vivienda o las cargas que se van a emplear. Además, se le conoce también como convertidor de corriente u ondulador de corriente.

2.9.6.1. Potencia del inversor.

Para determinar la potencia del inversor se toma la potencia de cargas del caserío de Sagasmache, utilizando la ecuación 41.

$$P_{INV} = 1{,}2 \times \frac{P_{generacion}}{n_{inversor}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec41}$$

$$P_{INV} = 1{,}2 \times \frac{2}{0.93}$$

$$P_{INV=}\ 2580.6W$$

Donde.

P_{INV}: Potencia del inversor (W).

$P_{generacion}$: Potencia de corriente alterna (KW).

FS: Factor de simultaneidad de las cargas.

De acuerdo a la potencia de las cargas del caserío de Sagasmache se ha considerado un inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 3000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 220 VAC, frecuencia 60 Hz. Los datos se muestran en la ficha técnica del fabricante (AutoSolar, 2017).

2.9.6.2. Número de inversores.

Para el cálculo del número de inversores se aplica la potencia de inversor 2480W, entre la potencia del inversor seleccionado 3000W. y se calculó con la ecuación 42.

$$N_{INV} = \frac{P_{INV}}{P_{INV,selec}} \ldots\ldots\ldots \text{Ec42}$$

$$N_{INV} = \frac{2580.6W}{3000W}$$

$$N_{INV} = 0{,}86 \approx 1$$

Donde.

N_{INV}: Número de inversores.

P_{INV}: Potencia del inversor(W).

$P_{INV,selec}$: Potencia del inversor seleccionado(W).

2.9.7. Determinación de los conductores.

Para realizar el cálculo de los conductores se tomó en cuenta la longitud y se seleccionan de acuerdo a la caída de tensión que este dentro del rango de la norma vigente.

2.9.7.1. Intensidad máxima que debe soportar el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga.

El cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el conductor del generador fotovoltaico hacia el regulador de carga se realizó con la ecuación 43.

$$I_{max,con-P,R} = 1{,}25 \times I_{SC,panel} \times N_{ramas\ de\ globos\ en\ paralelo} \ldots\ldots\ldots \text{Ec43}$$

$$I_{max,con-P,R} = 1{,}25 \times 13.82 \times 2$$

$$I_{max,con-P,R} = 34.55A$$

Donde.

$I_{max,con-P,R}$: Corriente máxima del conductor que debe soportar del tramo de generador fotovoltaico al regulador de carga.

$I_{SC,panel}$: Corriente de cortocircuito del panel utilizado.

2.9.7.2. Intensidad máxima que debe soportar del regulador al inversor.

La intensidad máxima que deben soportar los conductores en el tramo del regulador de carga al inversor se realizó con la Ecuación 44. Se determinó que la intensidad máxima que debe soportar los conductores en este tramo es de 72.3 A.

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times P_{INV}}{V_{Trabajo} \times n_i} \ldots\ldots\ldots \text{Ec44}$$

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times 2580.6}{48 \times 0{,}93}$$

$$I_{max,R-I} = 72.3\ A$$

Donde.

$I_{max,R-I}$: Corriente máxima de regulador al inversor.

$V_{Trabajo}$: Voltaje de trabajo del inversor.

n_i: Eficiencia del inversor.

2.9.7.3. Cálculo de la sección de conductores.

El cálculo de la selección de conductores se realiza con respecto al tramo entre los equipos a instalar. Donde se tomará en cuenta la caída de tensión en cada tramo para el sistema fotovoltaico.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad (2011), los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2.5%.

Para dimensionar los conductores se utilizó la ecuación 45.

$$S_{Cable} = \frac{2 \times L \times I_{MAX}}{K \times \Delta V} \ldots\ldots\ldots \text{Ec45}$$

Donde.

S_{Cable}: Sección mínima recomendada (mm^2).

L: Longitud de tramo(m).

I_{MAX}: Corriente máxima para cada tramo de regulador.

K: Coeficiente de conductividad de cobre(m/Ωxmm^2).

ΔV: Caída máxima de tensión para cada tramo de conductor.

Según (Prysmian, 2019), para el cálculo del proyecto se tuvo que considerar un coeficiente de conductividad del cobre 56 m/Ωx mm2 con una temperatura de 20 °C.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Figura 7. *Datos técnicos de THW-90*

Fuente: Catálogo de conductor TWW-90.

2.9.7.3.1. Tramo I.

Teniendo en este tramo una longitud de 6m, así como la sección de conductor de 6 mm^2 la caída de tensión está dada por la ecuación 46. Donde se tiene una caída de tensión de 1,23.

$$\Delta V = \frac{2 \times l \times I_{max,con-P,R}}{K \times S} \ldots\ldots\ldots \text{Ec46}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 6 \times 34.55}{56 \times 6}$$

$$\Delta V = 1.23\ V$$

2.9.7.3.2. Tramo II.

Tramo II se le considera de regulador – baterías.

Para este tramo se cuenta con una longitud de 4m, una sección de conductor de $6mm^2$, la caída de tensión está dada por la ecuación 47. Donde se tiene una caída de tensión de 0.82.

$$\Delta V = \frac{2 \times l \times I_{max,con-P,R}}{K \times S} \ldots\ldots\ldots \text{Ec47}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 4 \times 34.55}{56 \times 6}$$

$$\Delta V = 0.82V$$

2.9.7.3.3. Tramo III.

Para el tramo III se toma de baterías - inversor, donde se tiene una longitud de 3m, con una sección de conductor de $16mm^2$, donde la caída de tensión está dada por la ecuación 48. Por lo que se obtuvo una caída de tensión de 0,23.

$$\Delta V = \frac{2 \times 3 \times I_{max,R-I}}{K \times S} \ldots\ldots\ldots \text{Ec48}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 3 \times 72.3}{56 \times 16}$$

$$\Delta V = 0.48V$$

Tabla 7. En la tabla se muestra la selección de conductores y la caída de tensión, por lo que se puede apreciar que no sobrepasa del 2,5 %.

Tramos de líneas	$\mathbf{I_{adm}(A)}$	**Sección (mm2)**	**L(m)**	**ΔV (V)**
Tramo I	34.55	6	6	1.23
Tramo II	34.55	6	4	0.82
Tramo III	72.3	16	3	0,48

Fuente: Elaboración propia.

2.9.8. Protección del sistema fotovoltaico.

Para determinar la protección del sistema originadas por sobrecargas o cortocircuitos en cada tramo del sistema fotovoltaico se tiene la ecuación 49.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm} \ldots\ldots\ldots \text{Ec49}$$

Donde.

I_b: Intensidad de corriente que recorre por el conductor (A).

I_n: Intensidad nominal del fusible asignado a la línea (A).

I_{adm}: Intensidad máxima admisible del cable conductor de la línea(A).

2.9.8.1. Tramo generador fotovoltaico al regulador de carga.

Remplazando en la ecuación 49 se determinó la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo generador fotovoltaico – regulador de carga. Dando un resultado de 40 A, por lo que se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ha 100A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

$$34.55 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 44$$

$$34.55 \leq I_n \geq 40$$

$$I_n = 40 \text{ A}$$

2.9.8.2. Tramo regulador – batería.

En el segmento que va desde el regulador hasta la batería, al sustituir los valores en la ecuación 49, se logró calcular la corriente nominal del fusible designado para la línea que conecta el tramo del generador al inversor y luego a la batería. Dando un resultado de 40 A, por lo que se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ah 100A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

$$34.55 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 44$$

$$34.55 \leq I_n \geq 40$$

$$I_n = 40A.$$

2.9.8.3. Tramo batería – inversor.

Remplazando en la ecuación 49, se determinó la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo generador inversor – batería. Dando un resultado de 70 A, por lo que se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ah 100 A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

$$I_b \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

$$72.3 \leq I_n \geq 0{,}9 \times 85$$

$$72.3 \leq I_n \geq 76.5$$

$$I_n = 70\ A$$

2.9.8.4. Protección de inversor.

Para la protección del inversor se seleccionó un interruptor diferencial de 30MA calculando la corriente máxima de carga del inversor nos da 11,73A. Por lo que se utilizó un interruptor termomagnético de 15 A. Donde se muestra en la ecuación 50.

$$I_{\max Carga} = \frac{P_{inv}}{N_{INV} \times V} \ldots\ldots\ldots \text{Ec } 50$$

$$I_{\max Carga} = \frac{2580.6}{1 \times 220}$$

$$I_{\max Carga} = 11{,}73\ A$$

2.10. Rediseñar el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

Para el diseño del sistema de distribución se tendrá en cuenta la normativa de las distancias mínimas de seguridad establecidas en el CNE.

Tabla 8. Distancias mínimas de altura para el sistema de alumbrado público en caserío de Sagasmache.

Ítem	Descripción	Distancia
1	En lugares donde solo es usado por peatones	5 m
2	En zonas donde no es accesible para peatones y vehículos	4 m
3	En zonas con acceso a maquinaria pesada	6 m
4	En las calles y caminos en zona urbana	6 m
5	En crucé de calles, avenidas y vías férreas	6,5 m

Fuente. Elaboración propia, con datos obtenidos de MINEM.

2.10.1. Instalación de puesta a tierra.

Para la instalación de puesta a tierra se consideró las instalaciones de tensiones nominales de acuerdo al voltaje superiores a 48 voltios, por lo que se considera conectar a la planta fotovoltaica y a la toma a tierra de las baterías y caja de mandos de los equipos del sistema fotovoltaico. En este proyecto se toma en cuenta la puesta a tierra que este dentro de la normativa del Código Nacional de Electricidad (CNE): Varilla de cobre 5/8 pulgada x 2.50 metros, conector de cobre tipo AB, caja de registro de concreto, conductor de cobre 16 mm, se considera una resistencia para puesta tierra menor a 25 Ω, donde es recomendable utilizar cierta cantidad de bentonita según normalización. Código Nacional de Electricidad, 2011.

2.10.2. Cálculo de caída de tensión del servicio particular del sistema de distribución de BT.

Tabla 9. Caída de tensión del sistema de distribución del servicio particular.

Servicio Particular

Nodo	Long.	N° de Lotes		Potencia (kW)			Formación	K	Resist.	Corr.	Caída de Tensión				Pérdidas
	(m)	SP	CE	SP	CE	Acum.	del Conductor	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	Fase-Fase(V)	Fase-Neutro(V)	Tensión Fase-Neutro(V)	%DV	(W)
Bornes BT	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	220	0	0
Tablero	2	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
Circuito C-1															
Salida	0	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
01	7.75	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0

02	30.92	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
03	32.32	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
04	15.46	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
05	27.9	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
06	29.81	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0
07	29.41	0	0	0	0	0	1x16+1x16/25	3.53	1.91	0	0	0	220	0	0

Fuente: Elaboración propia.

2.10.3. Parámetros y factores del cálculo de caída de tensión en el cable autoportante de 2x16/25.

Tabla 10. Parámetros y factores del cálculo de caída de tensión del AP.

Alumbrado Público								
Carga		K	Resist.	Cor.	Caída de Tensión			Pérdidas
N° de	Acum.	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	DV	Tensión	%DV	(W)
Lámp.	kW				(V)	(V)		
0	0	0	0	0	0	220	0	0
0	0.36	3.53	1.91	1.8	0.01	219.99	0	0.01
0	0.36	3.53	1.91	1.8	0	219.99	0	0
1	0.06	3.53	1.91	1.8	0.06	219.93	0	0.06
1	0.12	3.53	1.91	0.6	0.07	219.86	0.1	0.02

1	0.06	3.53	1.91	0.3	0.03	219.83	0.1	0.01
1	0.24	3.53	1.91	1.2	0.06	219.87	0.1	0.04
1	0.18	3.53	1.91	0.9	0.09	219.78	0.1	0.04
1	0.12	3.53	1.91	0.6	0.06	219.72	0.1	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Balance de cargas del alumbrado público.

°	**Localidad**	**N° Estructura**	**Nombre Subestación**	**Número de acometida**	**Índice de desbalance de Fases - IDF (%)**	**Número de AP**	**Nombre de AP**	**Fase R (kW)**	**Fase S (kW)**	**Acum Fase R (kW)**	**Acum Fase S (kW)**	**Acum Fase T (kW)**	**Índice de desbalance de Fases de AP - IDF (%)**
	Sagasmache	01	S.E. N° 01	-	100					.36	(	(	100

Sagasmache	01	S.E. N° 01	-	0				.36	(	(	0
Sagasmache	02	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.12	(	(	0
Sagasmache	03	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.06	(	(	0
Sagasmache	04	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.24	(	(	0
Sagasmache	05	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.18	(	(	0
Sagasmache	06	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.12	(	(	0
Sagasmache	07	S.E. N° 01	-	0	1	50W	0.06	.06	(	(	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Metrado de la Red Secundaria.

N°	Localidad	E1/S	E3/S	E5/S	2E3/S	E4/S	RI-BT	PAT-Concreto	2x16/25	8/200	Pastorales	CFF35-16-SP	CNN25-25-SP	CFF35-16-AP	Puntos de Iluminación	Retenidas Inclinadas
1	Sagasmache	1	2	1	2	1	5	1	200	7	6	3	3	3	6	5

Fuente: Elaboración propia.

2.11. Comparar eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica de ambos sistemas.

2.11.1. Comparación eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica del diseño de paneles solares convencionales.

2.11.1.1. Costos Iniciales de instalación para el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales

Tabla 13. El sistema comparativo de paneles fotovoltaicos convencionales tiene como un costo total de S/42,155.79 para el caserío de Sagasmache.

N.º	Descripción	Unidades	Metrado	Precio unitario	Costo Total
1	**PLANTA FOTOVOLTAICA**				**S/22,953.00**

1.1	**Suministro de Materiales**				**S/19,673.00**
1.1.2	**Traslado de materiales**	**Unid**	**1**	**S/775.00**	**S/775.00**
1.1.3	paneles solares 320Wp	Unid	6	S/628.00	S/3,768.00
1.1.4	Regulador	Unid	1	S/1,020.00	S/1,020.00
1.1.5	Inversor	Unid	1	S/1,924.00	S/1,924.00
1.1.6	Batería	Unid	4	S/2,760.00	S/11,040.00
1.1.7	Interruptor diferencial 30A	Unid	2	S/55.00	S/110.00
1.1.8	Llaves de 30mA, 15A	Unid	3	S/16.00	S/48.00
1.1.9	Tubos galvanizados para globos solares	Unid	12	S/45.00	S/540.00
1.1.10	Cables de conexión	Mets.L.	100	S/3.00	S/300.00
1.1.11	Calamina	Unid	4	S/37.00	S/148.00
1.2	**Mano de obra por montaje de planta fotovoltaica**				**S/3,280.00**
1.2.1	Montaje de banco de baterías	Unid	4	S/80.00	S/320.00
1.2.2	Montaje de inversor y controlador	Unid	2	S/120.00	S/240.00

1.2.3	Montaje de módulos fotovoltaicos	Unid	6	S/120.00	S/720.00
1.2.4	Montaje de estructura metálica	Unid	1	S/1,500.00	S/1,500.00
1.3.5	Montaje de tableros eléctricos	Unid	2	S/250.00	S/500.00
1.3	**REDES SECUNDARIAS**				**S/11,320.00**
1.3.1	**Suministro de materiales**				**S/9,605.00**
1.3.2	**Transporte de materiales**	**Unid**	**1**	**S/820.00**	**S/820.00**
1.3.3	Postes de CAC BT.	Unid	7	S/478.00	S/3,346.00
1.3.4	Postes galvanizados para plazuelas	Unid	4	S/80.00	S/320.00
1.3.5	Fleje acerado	Unid	1	S/142.00	S/142.00
1.3.6	Conector tipo cuña	Unid	16	S/2.50	S/40.00
1.3.7	Grapa de anclaje	Unid	7	S/12.00	S/84.00
1.3.8	Pastoral tipo parabólico A.G.	Unid	6	S/50.00	S/300.00
1.3.9	Pernos de suspensión	Unid	7	S/22.00	S/154.00
1.3.10	Hebilla para fleje	Unid	14	S/4.00	S/56.00

1.3.11	Abrazadera para pastoral tipo unifix	Unid	12	S/12.00	S/144.00
1.3.12	Perno con ojal	Unid	6	S/7.00	S/42.00
1.3.13	Cables 2x16/25mm	Mets.L.	200	S/3.00	S/600.00
1.3.14	Luminarias led de 50W	Unid	6	S/120.00	S/720.00
1.3.15	Luminarias led para plazuelas de 50W	Unid	4	S/160.00	S/640.00
1.3.16	Suministro de Retenidas	Unid	5	S/190.00	S/950.00
1.3.17	Suministro de puesta a tierra	Unid	2	S/541.00	S/1,082.00
1.3.18	Cemento	Unid	5	S/33.00	S/165.00
1.4	**MONTAJE ELECTROMECANICO**				**S/560.00**
1.4.1	Izado de postes C.A.C.BT	Unid	7	S/20.00	S/140.00
1.4.2	Excavación de hoyos para postes	Unid	7	S/30.00	S/210.00
1.4.3	Cimentación de postes	Unid	7	S/30.00	S/210.00
1.5	**MONTAJE DE ARMADOS**				**S/190.00**
1.5.1	Montaje de armados tipo E1/S	Unid	3	S/20.00	S/60.00

1.5.2	Montaje de armado tipo E3/S	Unid	2	S/25.00	S/50.00
1.5.3	Montaje de armado tipo 2E3/S	Unid	1	S/25.00	S/25.00
1.5.4	Montaje de armado tipo E5/S	Unid	1	S/30.00	S/30.00
1.5.5	Montaje de armado tipo E4/S	Unid	1	S/25.00	S/25.00
1.6	**INSTALACION DE RETENIDAS**				**S/425.00**
1.6.1	Excavación de hoyos	Unid	5	S/40.00	S/200.00
1.6.2	Montaje de accesorios y templado de cable	Unid	5	S/30.00	S/150.00
1.6.3	Compactación y cimentación	Unid	5	S/15.00	S/75.00
1.7	**TENDIDO Y FLECHADO DE CONDUCTOR**				**S/300.00**
1.7.1	Tendido de cable autoportante CAAI 2x16/25 mm2	Mets.L.	200	S/1.50	S/300.00
1.8	**INSTALACION DE PUESTA A TIERRA**				**S/240.00**
1.8.1	Excavación de hoyo en el terreno	Unid	2	S/60.00	S/120.00
1.8.2	Instalación de la puesta a tierra	Unid	2	S/30.00	S/60.00
1.8.3	Compactado de hoyos de puesta a tierra	Unid	2	S/30.00	S/60.00

1.9	**Gastos imprevistos**	**S/1,713.65**
1.1	**Sub total**	**S/34,273.00**
1.11	IGV 18%	S/6,169.14
1.12	Total S./	S/42,155.79

Fuente: Elaboración propia.

2.11.1.2. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales.

Tabla 14. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales.

N.º	Descripción	Unidades	Metrado	Precio unitario (s/.)	Costo Total (s/.)
1	**Materiales**				**S/205.00**
1.1	Equipos de medición	Unid	2	S/40.00	S/80.00
1,1,2	Movilidad	Unid	1	S/50.00	S/50.00
1,1.3	Liquido limpia polvo	Unid	1	S/30.00	S/30.00
1.1.4	Franela	Unid	2	S/10.00	S/20.00
1.1.5	Suministro de Herramientas eléctricas	Unid	1	S/25.00	S/25.00
1.2	**Mano de Obra del sistema fotovoltaico (SF)**				**S/277.00**
1.2.1	Limpieza de módulos fotovoltaicos	Unid	6	S/10.00	S/60.00
1.2.2	Limpieza de banco de baterías	Unid	4	S/8.00	S/32.00
1.2.3	Limpieza de controlador, inversor	Unid	2	S/10.00	S/20.00
1.2.4	Medición de equipos del sistema fotovoltaico	Unid	1	S/35.00	S/35.00

1.2.5	Ajuste y limpieza de borneras en tableros	Unid	2	S/20.00	S/40.00
1.3	**Sistema de pozo a tierra**				**S/200.00**
1.3.1	Cemento conductivo (torgel)	Unid	2	S/100.00	S/200.00
1.3.2	Medición de sistema pozo a tierra	Unid	2	S/25.00	S/50.00
1.3.3	Limpieza y ajustes de conectores	Unid	2	S/20.00	S/40.00
1.4	**Gastos imprevistos**				**S/34.10**
1.5	**Sub total**				**S/682.00**
1.6	**IGV 18%**				**S/122.76**
1.7	**Total S./**				**S/838.86**

Fuente: Elaboración propia.

2.11.1.3. Ingresos estimados para el primer año de instalación.

Son los ingresos estimados que se produce a partir del primer mes de instalación por los conceptos de cobranza del servicio de alumbrado público regulado en el plan tarifario de Osinergmin incluyendo el mantenimiento anual con un valor de s/.3.52 que se daría en la planta fotovoltaica.

Tabla 15. Ingresos para el primer año de instalación de sistema comparativo fotovoltaico.

Mes	Consumo estimado KWh/mes	Precio KWh (s/.)	ingreso por consumo (s/.)
Enero	113.4	S/ 3.52	S/ 399.17
Febrero	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Marzo	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Abril	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Mayo	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Junio	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Julio	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Agosto	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Setiembre	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Octubre	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Noviembre	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Diciembre	113.4	S/ 3.52	S/399.17
Total (S/)			**S/ 4790.04**

Fuente: Elaboración propia.

2.11.1.4. Ingresos estimados para 20 años de instalación del sistema de paneles solares convencionales.

Estimado el ingreso del primer año de instalación del sistema seleccionado para proponer en el caserío de Sagasmache, se estimó los ingresos para los primeros 20 años el cual se refleja en la tabla 16; teniendo en cuenta la vida útil del panel de ambos sistemas.

Tabla 16. Ingresos estimados para los primeros 20 años de instalación del sistema de paneles solares.

Año	Ingresos totales (S/.)		Porcentaje
Primero	S/4,790.02	0%	
Segundo	S/4,790.02	0%	0
Tercero	S/4,790.02	0%	0
Cuarto	S/4,790.02	0%	0
Quinto	S/4,790.02	0%	0
Sexto	S/4,790.02	0%	0
séptimo	S/4,790.02	0%	0
Octavo	S/4,790.02	0%	0
Noveno	S/4,790.02	0%	0
Décimo	S/4,790.02	0%	0
Undécimo	S/4,790.02	0%	0
Dos décimos	S/4,790.02	0%	0
Decimotercero	S/4,790.02	0%	0
Decimocuarto	S/4,790.02	0%	0
Decimoquinto	S/4,790.02	0%	0
Decimosexto	S/4,790.02	0%	0
Decimosétimo	S/4,790.02	0%	0
Decimoctavo	S/4,790.02	0%	0

Decimonoveno	S/4,790.02	0%	0
veinteavo	S/4,790.02	0%	0

Fuente: Elaboración propia; ingresos estimados para los 20 años.

2.11.2. Comparación eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica del diseño de globos solares.

2.11.2.1. Costos Iniciales de instalación para el sistema fotovoltaico de globos solares.

La tecnología fotovoltaica de globos solares, actualmente se encuentra en una fase experimental, para ser comercializada falta realizar ciertas mejoras, según información publicada por la empresa CoolEarth, el cual afirma que, de ser usada esta tecnología, puede llevar el costo de la energía proveniente del sol a un nivel similar al del gas natural, pero debido a su tamaño no sería recomendable su uso en zonas urbanas, en la tabla 17 se está detallando de manera tentativa de acuerdo a la información recolecta de diferentes fuentes el costo que tendría este sistema en un futuro muy corto, (Earth, 2024).

Tabla 17. Costos iniciales de instalación del sistema fotovoltaico de globos solares.

N.º	Descripción	Unidades	Metrado	Precio unitario	Costo Total
1	**PLANTA FOTOVOLTAICA**				**S/18,910.00**
1.1	**Suministro de Materiales**				**S/15,870.00**
1.1.2	**Traslado de materiales**	**Unid**	**1**	**S/730.00**	**S/730.00**
1.1.3	Globos solares cool solar (500W)	Unid	4	S/14.50	S/58.00
1.1.4	Regulador	Unid	1	S/1,020.00	S/1,020.00
1.1.5	Inversor	Unid	1	S/1,924.00	S/1,924.00
1.1.6	Batería	Unid	4	S/2,760.00	S/11,040.00
	Interruptor diferencial 30 A	Unid	2	S/55.00	S/110.00
1.1.7	Llaves de 30mA, 15A	Unid	3	S/30.00	S/90.00
1.1.8	Tubos galvanizados para globos solares	Unid	10	S/45.00	S/450.00
1.1.9	Cables de conexión	Mets. L.	100	S/3.00	S/300.00
1.1.10	Calamina	Unid	4	S/37.00	S/148.00
1.2	**Mano de obra por montaje de planta fotovoltaica**				**S/3,040.00**

1.2.1	Montaje de banco de baterías	Unid	4	S/80.00	S/320.00
1.2.2	Montaje de inversor y controlador	Unid	2	S/120.00	S/240.00
1.2.3	Montaje de globos solares	Unid	4	S/120.00	S/480.00
1.2.4	Montaje de estructura metálica	Unid	1	S/1,500.00	S/1,500.00
1.3.5	Montaje de tableros eléctricos	Unid	2	S/250.00	S/500.00
1.3	**REDES SECUNDARIAS**				**S/11,234.00**
1.3.1	**Suministro de materiales**	Unid			**S/9,585.00**
1.3.2	**Transporte de materiales**	Unid	1	S/ 800.00	**S/800.00**
1.3.3	Postes de CAC BT.	Unid	7	S/478.00	S/3,346.00
1.3.4	Postes galvanizados para plazuelas	Unid	4	S/80.00	S/320.00
1.3.5	Fleje acerado	Unid	1	S/142.00	S/142.00
1.3.6	Conector tipo cuña	Unid	16	S/2.50	S/40.00
1.3.7	Grapa de anclaje	Unid	7	S/12.00	S/84.00
1.3.8	Pastoral tipo parabólico A.G.	Unid	6	S/50.00	S/300.00
1.3.9	Pernos de suspensión	Unid	7	S/22.00	S/154.00
1.3.10	Hebilla para fleje	Unid	14	S/4.00	S/56.00

1.3.11	Abrazadera para pastoral tipo unifix	Unid	12	S/12.00	S/144.00
1.3.12	Perno con ojal	Unid	6	S/7.00	S/42.00
1.3.13	Cables ACCI 2X16/25mm	Mets. L.	200	S/3.00	S/600.00
1.3.14	Luminarias led de 50W	Unid	6	S/120.00	S/720.00
1.3.15	Luminarias led para plazuelas de 50W	Unid	4	S/160.00	S/640.00
1.3.16	Suministro de Retenidas	Unid	5	S/190.00	S/950.00
1.3.17	Suministro de puesta a tierra	Unid	2	S/541.00	S/1,082.00
1.3.18	cemento	Unid	5	S/33.00	S/165.00
1.4	**MONTAJE ELECTROMECANICO**				**S/560.00**
1.4.1	Izado de postes C.A.C.BT	Unid	7	S/20.00	S/140.00
1.4.2	Excavación de hoyos para postes	Unid	7	S/30.00	S/210.00
1.4.3	Cimentación de postes	Unid	7	S/30.00	S/210.00
1.5	**MONTAJE DE ARMADOS**				**S/160.00**
1.5.1	Montaje de armados tipo E1/S	Unid	3	S/20.00	S/60.00
1.5.2	Montaje de armado tipo E3/S	Unid	2	S/25.00	S/50.00
1.5.3	Montaje de armado tipo 2E3/S	Unid	1	S/25.00	S/25.00

1.5.4	Montaje de armado tipo E4/S	Unid	1	S/25.00	S/25.00
1.6	**INSTALACION DE RETENIDAS**				**S/475.00**
1.6.1	Excavación de hoyos	Unid	5	S/40.00	S/200.00
1.6.2	Montaje de accesorios y templado de cable	Unid	5	S/30.00	S/150.00
1.6.3	Compactación y cimentación	Unid	5	S/25.00	S/125.00
1.7	**TENDIDO Y FLECHADO DE CONDUCTOR**				**S/280.00**
1.7.1	Tendido de cable autoportante CAAI 2x16/25 mm2	Mets. L.	200	S/280.00	S/280.00
1.8	**INSTALACION DE PUESTA A TIERRA**				**S/174.00**
1.8.1	Excavación de hoyo en el terreno	Unid	2	S/60.00	S/120.00
1.8.2	Instalación de la puesta a tierra	Unid	2	S/12.00	S/24.00
1.8.3	Compactado de hoyos de puesta a tierra	Unid	2	S/15.00	S/30.00
1.9	**Gastos imprevistos**				**S/1,507.20**
1.1	**Sub total**				**S/30,144.00**
1.11	IGV 18%				S/5,425.92
1.12	Total S./				S/37,077.12

Fuente: Elaboración propia.

2.11.2.2. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de globos solares.

Tabla 18. Costos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico de globos solar

N.º	Descripción	Unidades	Metrado	Precio unitario (s/.)	Costo Total (s/.)
1	**Materiales**				**S/205.00**
1.1	Equipos de medición	Unid	2	S/40.00	S/80.00
1,1,2	Movilidad	Unid	1	S/50.00	S/50.00
1,1.3	Liquido limpia polvo	Unid	1	S/30.00	S/30.00
1.1.4	Franela	Unid	2	S/10.00	S/20.00
1.1.5	Suministro de herramientas eléctricas	Unid	1	S/25.00	S/25.00
1.2	**Mano de Obra del sistema fotovoltaico (SF)**				**S/257.00**
1.2.1	Limpieza de módulos fotovoltaicos	Unid	4	S/10.00	S/40.00
1.2.2	Limpieza de banco de baterías	Unid	4	S/8.00	S/32.00
1.2.3	Limpieza de controlador, inversor	Unid	2	S/10.00	S/20.00
1.2.4	Medición de equipos del sistema fotovoltaico	Unid	1	S/35.00	S/35.00

1.2.5	Ajuste y limpieza de borneras en tableros	Unid	2	S/20.00	S/40.00
1.3	**Sistema de pozo a tierra**				**S/200.00**
1.3.1	Cemento conductivo (torgel)	Unid	2	S/100.00	S/200.00
1.3.2	Medición de sistema pozo a tierra	Unid	2	S/25.00	S/50.00
1.3.3	Limpieza y ajustes de conectores	Unid	2	S/20.00	S/40.00
1.4	**Gastos imprevistos**				**S/33.10**
1.5	**Sub total**				**S/662.00**
1.6	**IGV 18%**				**S/119.16**
1.7	**Total S./**				**S/814.26**

Fuente: Elaboración propia.

2.12. Evaluación técnica y económica del diseño fotovoltaico.

Las herramientas económicas empleadas en el trabajo de tesis son el VAN y el TIR. Estas herramientas nos permitirán examinar la viabilidad financiera del proyecto para establecer su posible éxito. Ambas fórmulas están profundamente conectadas con el flujo de caja y buscan aumentar la exactitud del cálculo del tiempo requerido para que una empresa recupere la inversión realizada.

La tasa de descuento empleada para calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se establece teniendo en cuenta diferentes aspectos importantes:

Costo de oportunidad del capital: Se analiza la rentabilidad que se podría obtener de otras inversiones disponibles en el mercado, como bonos gubernamentales, depósitos a plazo y proyectos similares en el ámbito eléctrico.

Riesgo del proyecto: Se toma en cuenta la incertidumbre que implica la instalación y la aceptación del sistema dentro de la comunidad.

Inflación esperada: Se incluye la inflación promedio nacional con el fin de asegurar que el análisis financiero refleje el verdadero poder de compra de los ingresos obtenidos.

Tasa de interés bancaria: Se consideran las tasas de interés que ofrecen las instituciones financieras para inversiones comparables en el sector energético.

A partir de estos factores, se sugiere aplicar una tasa de descuento del 14%, lo que representa un equilibrio adecuado entre el costo de oportunidad del capital y los riesgos asociados al proyecto.

VAN

Es un enfoque utilizado en la evaluación financiera que ayuda a conocer la rentabilidad de un proyecto o inversión. Esta metodología se fundamenta en descontar los ingresos futuros que se estima que generará la inversión, llevándolos a su valor actual, y posteriormente restando el capital inicial invertido. Este procedimiento permite determinar si el proyecto ofrecerá un retorno positivo o negativo, lo que facilita una toma de decisiones más informada. (Rostagno y otros, 2020).

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

TIR

Es la tasa de descuento que hace que el VAN de todos los flujos de efectivo futuros de un proyecto sea igual a cero. En términos simples, la TIR indica la tasa de interés que equipara el valor presente de los ingresos esperados con la inversión inicial hecha. (Charles y otros, 2020).

Si TIR > Tasa de descuento: El proyecto resulta económicamente viable, ya que proporciona un retorno mayor al mínimo deseado.

Si TIR = Tasa de descuento: El proyecto apenas cumple con las expectativas, sin generar ganancias adicionales.

Si TIR < Tasa de descuento: El proyecto no sería viable.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación la radiación solar promedio en el Caserío de Sagasmache.

En la siguiente tabla se podrá observar la radiación solar utilizada para el desarrollo del proyecto. Los valores plasmados de la radicación solar (kWh/m2/día) en la siguiente tabla han sido resultados de valores con un ángulo de inclinación de 15° grados hacia el norte los cuales han permito saber los meses más beneficiosos para el proyecto.

La latitud de -6,26854° determino un ángulo óptimo de βopt = 8.03°

Tabla 19. Radiación solar utilizados en el proyecto de tesis.

Años/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media anual
Promedio	**5.08**	**4.84**	**4.83**	**4.97**	**4.75**	**3.78**	**4.89**	**5.46**	**5.81**	**6.05**	**6.02**	**5.39**	**5.23**

Fuente: Elaboración propia.

3.2.Determinación de la demanda eléctrica requerida para el sistema de alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

3.2.1. Demanda eléctrica requerida para el sistema eléctrico.

- 6 luminarias con una potencia de 50W.
- 4 faroles con una potencia de 50W
- La demandada de energía promedio es $CMAP = 113.4 KWh/mes$

- Consumo eléctrico por semana de 31724 Wh/semana con una duración para alumbrado público de 12 horas y 4 horas alumbrado de plazuela.
- Consumo eléctrico por día 4534Wh/día.
- Eficiencia del inversor 93%
- Eficiencia de la batería 99%
- Consumo medio diario de 5074.94 Wh/dia
- Carga corregida de $Q = 105.72$ Ah/dia
- Corriente del proyecto = 27.97 A

3.3. Diseño del sistema fotovoltaico de globos solares y el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

3.3.1. Diseño del sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache

- Para el generador fotovoltaico se ha considerado panel policristalino ERA de 320 Wp y 24V debido a su alta potencia, especialmente adecuada para climas cálidos y resistencia al sobrecalentamiento.
- Se considero 6 paneles solares con un voltaje de 24 Vdc ubicados 2 en serie y 3 en paralelo.
- La potencia del sistema de generación es de $P_{SG} = 1.92\ kWp$ lo cual abastecerá para cumplir con la demanda requerida.
- Se consideró un total de 4 baterías marca Rolls de 12cs 11p 318AH con un cálculo de 4 en serie y 1 en paralelo con una capacidad nominal de $C_{B.baterias} = 317.95Ah$.
- Considerando la corriente de operación del panel ERA Solar de 320 Wp, que es de 8.5A. Se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico será $I_{Oper,G} = 25.5$ A, corriente máxima del generador fotovoltaico $I_{max,G} = 27.3$ A, en lo cual se hará uso de un controlador de corriente de carga de $I_{regulador} > 34.125$ A
- Se eligió un Controlador Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON con corriente de carga a baterías es debido a sus características y capacidades específicas. Este

controlador es capaz de trabajar con una corriente de carga a baterías y soporta hasta 150V de tensión en los paneles solares.

- Se considero un inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 3000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 220 VAC, frecuencia 60 Hz. Con una potencia de inversor de $P_{INV=}$ 2.48 KW.
- Tramo I: Generador fotovoltaico al regulador de carga, la intensidad máxima que debe soportar el conductor es de 34.13A con una sección del conductor de 6mm2 con una caída de tensión de 1.22V. Para la protección del sistema fotovoltaico se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A a 100A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.
- Tramo II: Regulador – batería la intensidad máxima que debe soportar el conductor es de 34.13A con una sección del conductor de 6mm con una caída de tensión de 0.81V. Para la protección del sistema fotovoltaico se eligió un fusible de tipo cuchilla NH 1 ST con capacidad para 1000 VDC y corrientes asignadas que abarcan desde 25 A hasta 100 A. Este fusible es adecuado para sistemas fotovoltaicos y su selección se realizó de manera proporcional
- Tramo II: Batería – inversor la intensidad máxima que debe soportar el conductor es de 69.4A con una sección del conductor de 16 con una caída de tensión de 0.23V. Para la protección del sistema fotovoltaico se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ah 100 A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.
- Para salvaguardar el inversor, se optó por emplear un interruptor diferencial de 30 A y un interruptor termomagnético de 15 A.

3.3.1.1. Diagrama del sistema de paneles solares convencionales para el alumbrado público del caserío de Sagasmache.

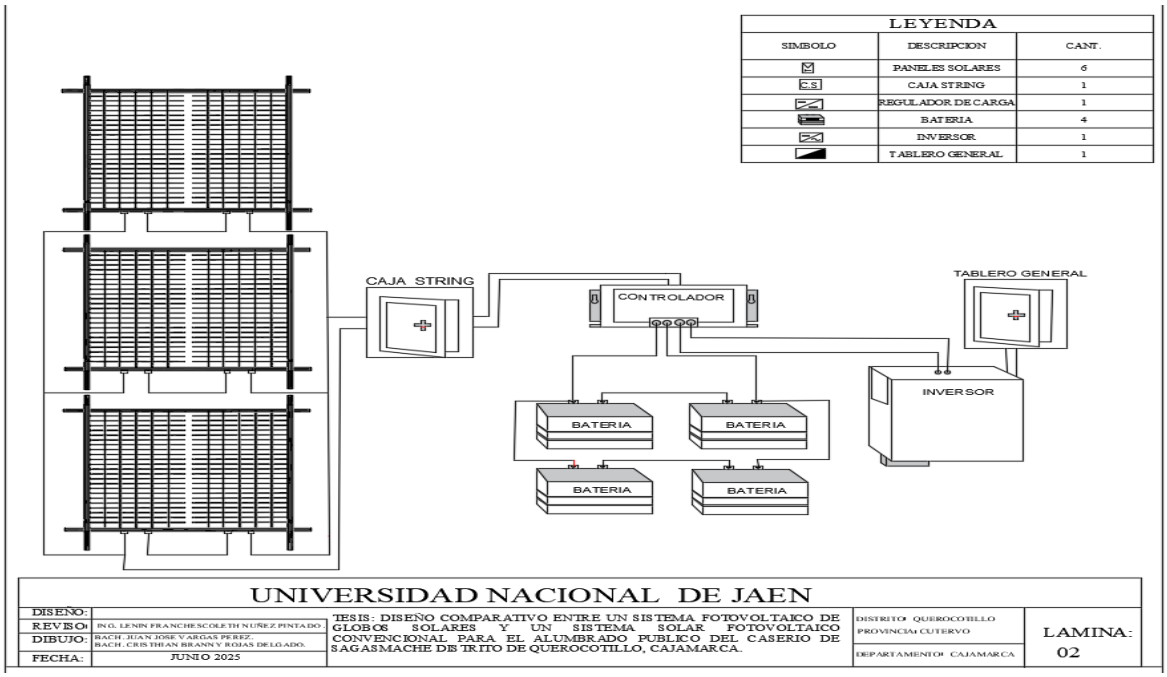


Figura 8: *Diagrama del sistema de paneles solares convencionales.*

Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD.

3.3.2. Diseño del sistema fotovoltaico de globos solares para el alumbrado público del Caserío de Sagasmache.

- Para el generador se ha considerado panel solar flexible y de películas plásticas delgados que tiene una forma redondeada de más de 2 metros de diámetro, que se mantiene en el aire enganchados a cables o en una estructura fija, el cual puede generar 500 Wp por unidad.
- Se considero la utilización de 4 globos solares de 500Wp de Cool Earth solar de 24-48 Vdc teniendo una ubicación de 2 globos fotovoltaico en serie y 2 en paralelo.
- La potencia del sistema de generación es de $P_{SG} = 2\ kWp$ lo cual abastecerá para cumplir con la demanda requerida.
- Para él se utilizó 4 baterías de la marca Rolls de 12cs 11p 318AH ubicándolo 1 en paralelo y 4 en serie, con una capacidad nominal de $C_{B.baterias} = 317.95Ah$.
- La corriente de operación del sistema de generador fotovoltaico es de $\mathrm{I_{Oper,G}} = 26.02$ A considerándose que corriente de operación del globo Cool Earth Solar de 500Wp es de 13.01 A. Cuya corriente máxima del generador tiene un valor de $I_{max,G} = 26.02\ A$ y la corriente del controlador es de $\mathrm{I_{regulador}} = 34.55$ A.
- Se eligió un Controlador Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON con corriente de carga a baterías es debido a sus características y capacidades específicas. Este controlador es capaz de trabajar con una corriente de carga a baterías y soporta hasta 150V de tensión en los paneles solares.
- Se considerado un inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 3000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 220 VAC, frecuencia 60 Hz. Con una potencia del inversor de $P_{INV=}\ 2580.6W$
- Tramo I: Generador fotovoltaico al regulador de carga. La intensidad máxima que debe soportar el conductor de 34.55A con una sección del conductor de 6mm2 con una caída de tensión de 1.24V. Para la protección del sistema se

seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ha 100A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.

- Tramo II: Regulador – batería. La intensidad máxima que debe soportar el conductor de 34.55A con una sección del conductor de 6mm con una caída de tensión de 0.82V. Para la protección del sistema se seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ah 100A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.
- Tramo III: Batería – inversor. La intensidad máxima que debe soportar el conductor de 72.3A con una sección del conductor de 16mm2 con una caída de tensión de 0.48V. Para la protección del sistema seleccionó un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000VDC con corrientes asignadas comprendidas desde 25 A ah 100 A, siendo de uso proporcional para sistemas fotovoltaicos.
- Para la protección del inversor se seleccionó un interruptor diferencial de 30mA e interruptor termomagnético de 15 A.

3.3.2.1. Diagrama del sistema de globos solares para el alumbrado público del caserío de Sagasmache.

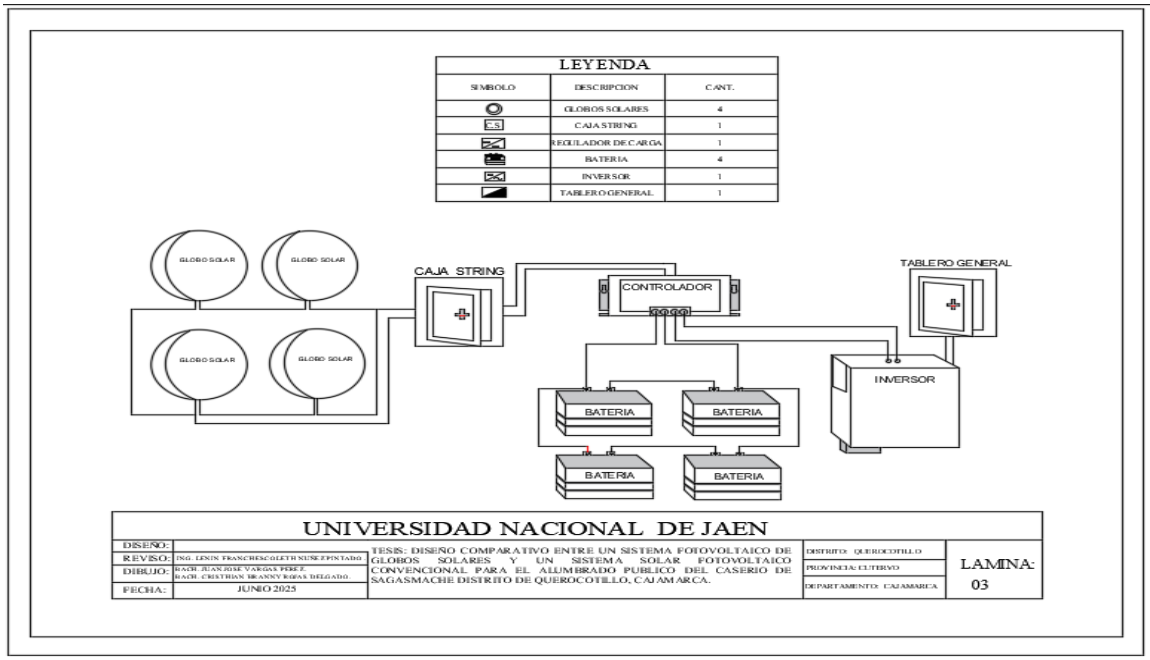


Figura 9: *Diagrama del sistema de globos solares.*

Fuente: Elaboración propia con software AutoCAD

3.4. Rediseñar el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

Para el diseño del sistema de distribución con conductor autoportante que viene a ser con un voltaje de 220V. Donde son sometidos para la distribución del alumbrado público del caserío de Sagasmache. Aplicando las normas establecidas en el MINEM. En el rediseño se obtuvo 6 puntos de iluminación para alumbrado público con pastoral, se incluyó 4 farolas para plazuelas, en el diseño se consideró 4 retenidas, 7 postes de concreto con sus medidas correspondientes, 4 postes de fierro galvanizado y la ubicación de la planta fotovoltaica con su respectiva estructura metálica. Todo el sistema se ubicó de acuerdo al cálculo realizado. Se considero la forma de ubicación de las viviendas teniendo en cuenta las distancias para el vano del conductor y tomando en cuenta los ángulos que forma dentro del área del caserío, de acuerdo a seso se realizó el diseño del alumbrado público.

El diseño de alumbrado público del caserío de Sagasmache, se realizó de acuerdo a la información brindada por los pobladores, y así mismo se realizaron visitas a dicho caserío. conforme a esos datos adquiridos se utilizó y se realizó el diseño del alumbrado público donde para tomar los siguientes pasos también dependió de la radiación solar permitiendo identificar la cantidad de `paneles y equipos de control para el funcionamiento del alumbrado público.

3.4.1. Plano referencial para el alumbrado público del caserío de Sagasmache.

De acuerdo a los cálculos y los programas utilizados se diseñó el sistema fotovoltaico y los puntos de iluminación para el caserío de Sagasmache.

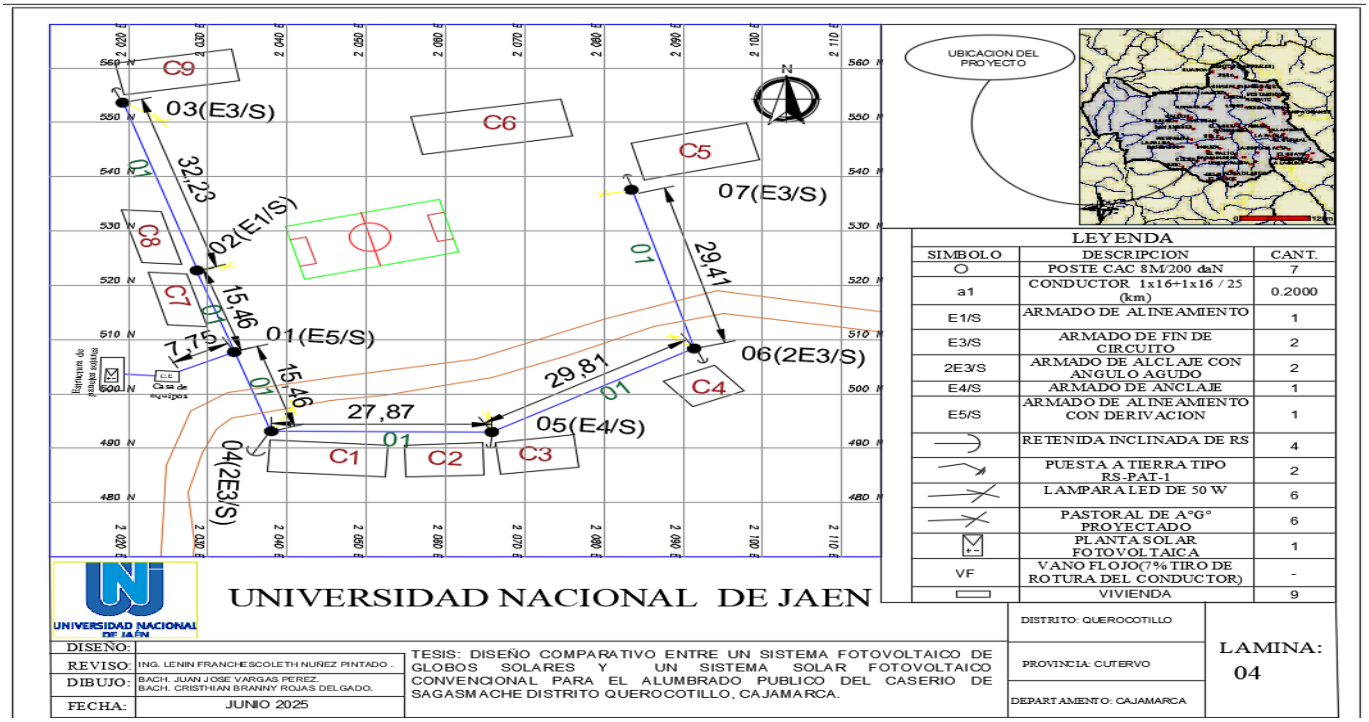


Figura 10: Diseño de distribución para el alumbrado publico

Fuente: Elaboración propia

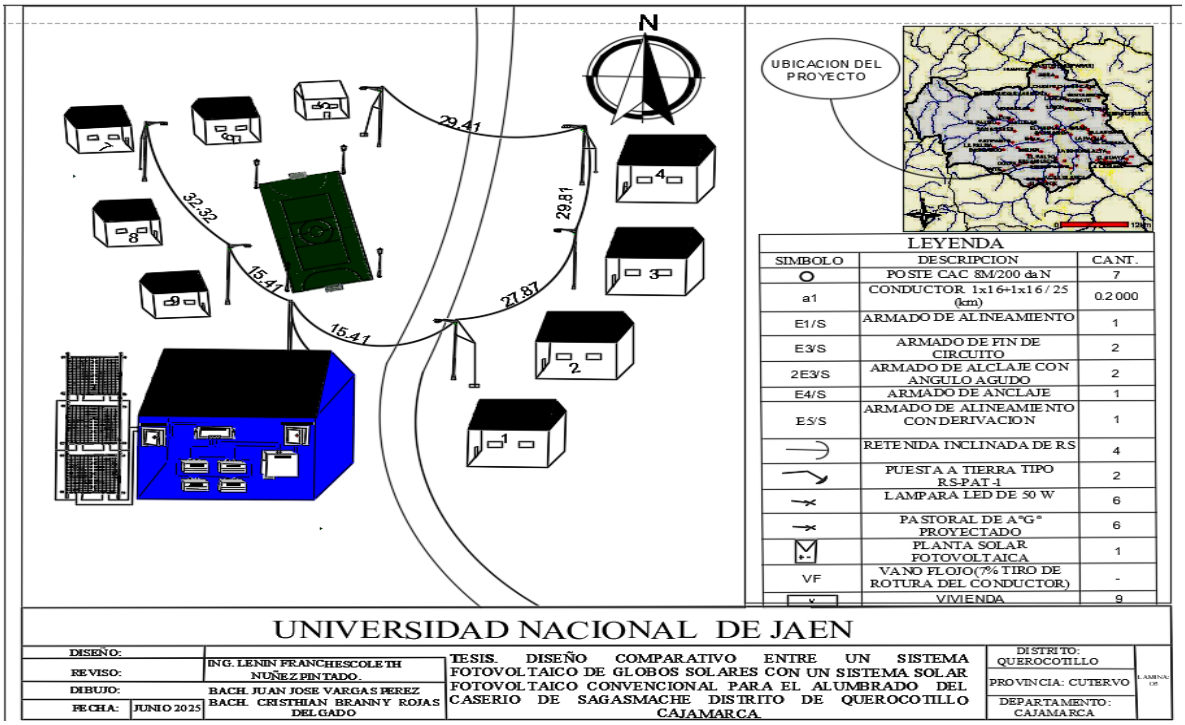


Figura 11: Diseño del sistema de distribución con conductor auto portante.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Comparar eficiencia, costos y viabilidad técnico-económica de ambos sistemas.

Tabla 20. Descripción de resultados adquiridos y calculados para el diseño comparativo entre globos solares y paneles solares convencionales del caserío de Sagasmache.

Descripción	**Cantidad**	**Unidad**
Angulo óptimo de inclinación	8.03	°
Consumo mensual de AP.	113.4	KWh/mes
Puntos de alumbrado Público	6	Unid
Puntos de iluminación para plazuelas	4	Unid
Potencia de luminarias	50	W
Total, de PI.	10	Unid
Demanda eléctrica	4532	Wh/día
Consumo Medio diario	5074.58	Wh/día
Corriente de Proyecto	27.97	A

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Cuadro comparativo de costos y eficiencia.

Descripción	**Sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales**	**Sistema fotovoltaico de globos solares**.
Costos Iniciales de instalación	S/42,155.79	S/37,077.12
Costos de mantenimiento anual del sistema	S/ 838.86	S/ 814.26

Ingresos estimados para el primer año de instalación.	S/4,790.02	S/4,790.02
Ingresos estimados para los primeros 20 años de instalación del sistema	S/ 95,800.32	S/ 95,800.32
VAN	-S/ 19,670.25	-S/ 15,061.78
TIR	5%	6%

Fuente: Elaboración propia.

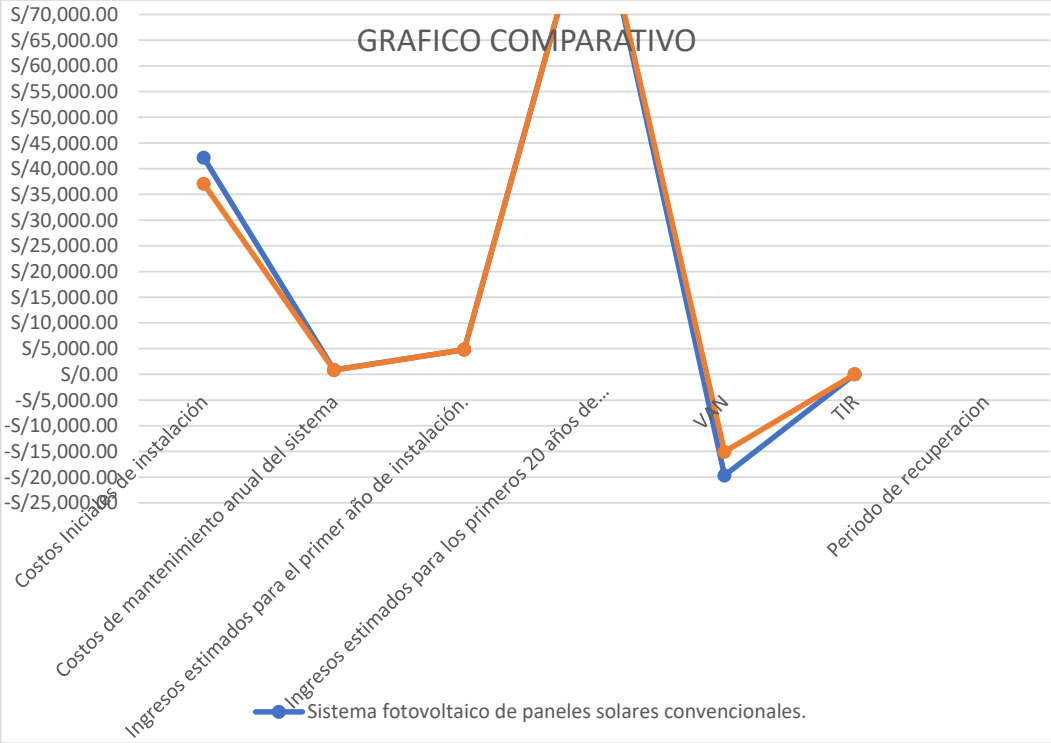


Figura 12. Gráfico comparativo de ambos diseños fotovoltaicos.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el grafico de comparación de eficiencia de ambos diseños fotovoltaicos. Se concluye que el sistema con menor costo de inversión es el sistema fotovoltaico de globos solares. Teniendo en cuenta todo los cálculos y los análisis en el tiempo de retorno y recuperación de inversión, ambos sistemas no son rentables para el sistema del alumbrado público del caserío de Sagasmache.

3.6.Evaluar técnica y económicamente ambos diseños realizados.

Los diseños fotovoltaicos se evaluaron según las tablas 22 y 23.

3.6.1. Evaluación técnico y económico del diseño del sistema de paneles solares convencionales

Para este caso se evaluaron según caja de flujo y puntos de equilibrio de los sistemas fotovoltaicos.

3.6.1.1.Flujo de caja proyectada para 20 años del sistema de paneles solares convencionales.

Con la información de los ingresos, egresos se realizó los cálculos para los periodos 2025 al 2045, del sistema solar fotovoltaico de paneles convencionales y el sistema solar fotovoltaico de globos solares mostrándose en la tabla 22.

Tabla 22. Flujo de caja para 20 años

Concepto		0	1	2	3	4	5
Inversión de proyecto		S/42,155.79					
Ingresos	Consumo eléctrico	0	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
	Materiales	S/15,294.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías, inversor y controlador	S/13,984.00					
Egresos	Mano de obra	S/4,995.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00
	Gastos generales	S/1,713.65	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10
	IGV 18%	S/6,169.14	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76
	Total, de egresos	S/42,155.79	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86
	flujo de efectivo neto	-S/42,155.79	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16

Concepto		6	7	8	9	10	11	12	13
Ingresos	Consumo eléctrico	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
	Materiales	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías, inversor y controlador					S/13,984.00			
Egresos	Mano de obra	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00
	Gastos generales	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10
	IGV 18%	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76
	Total, de egresos	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/14,822.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86
	flujo de efectivo neto	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	-S/10,032.84	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16

Concepto		14	15	16	17	18	19	20
Ingresos	Consumo eléctrico	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
	Materiales	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías, inversor y controlador							
	Mano de obra	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00
Egresos	Gastos generales	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10
	IGV 18%	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76
	Total, de egresos	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86
	flujo de efectivo neto	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16

Fuente: Elaboración propia; parámetros de flujo proyectado para 20 años.

3.6.1.2. Flujo de punto de equilibrio del proyecto para el sistema de paneles solares convencionales.

Al contemplar los costos de ingreso y egresos se obtuvo el punto de equilibrio, en la que se demuestra el año en que se da el retorno de la inversión.

Tabla 23. Flujo de caja proyectada para el sistema de paneles solares convencionales por 20 años.

Año	Egresos totales acumulados	Ingresos totales acumulados
0	S/42,155.79	S/ 0.00
Primero	S/ 46,106.95	S/ 4,790.02
Segundo	S/ 50,058.10	S/ 9,580.03
Tercero	S/ 54,009.26	S/ 14,370.05
Cuarto	S/ 57,960.41	S/ 19,160.06
Quinto	S/ 61,911.57	S/ 23,950.08
Sexto	S/ 65,862.73	S/ 28,740.10
séptimo	S/ 69,813.88	S/ 33,530.11
Octavo	S/ 73,765.04	S/ 38,320.13
Noveno	S/ 77,716.19	S/ 43,110.14
Décimo	S/ 81,667.35	S/ 47,900.16
Undécimo	S/ 71,634.51	S/ 52,690.18
Dos décimos	S/ 75,585.66	S/ 57,480.19
Decimotercero	S/ 79,536.82	S/ 62,270.21
Decimocuarto	S/ 83,487.97	S/ 67,060.22
Decimoquinto	S/ 87,439.13	S/ 71,850.24
Decimosexto	S/ 91,390.29	S/ 76,640.26

Decimoséptimo	S/ 95,341.44	S/ 81,430.27
Decimoctavo	S/ 99,292.60	S/ 86,220.29
Decimonoveno	S/ 103,243.75	S/ 91,010.30
Veinteavo	S/ 107,194.91	S/ 95,800.32

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.3.Sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales.

Con el cálculo realizado se obtuvo 6 paneles de 320 W, 4 baterías Rolls de 12cs 13p 414Ah, 1 controlador de carga Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON, 1 inversor Phoenix Smart 3000VA.

Para el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales se tuvo una potencia de del sistema de generación de 1.92KWp, con un presupuesto inicial de S/42,155.79 con un costo de mantenimiento anual de S/838.86. Donde se estimó un ingreso de S/ 4,790.02 anual, por lo que se realizó un flujo de caja para 20años. Para ello muestra en la imagen 14. Que el sistema solar fotovoltaico de paneles convencionales no tiene un periodo de recuperación.

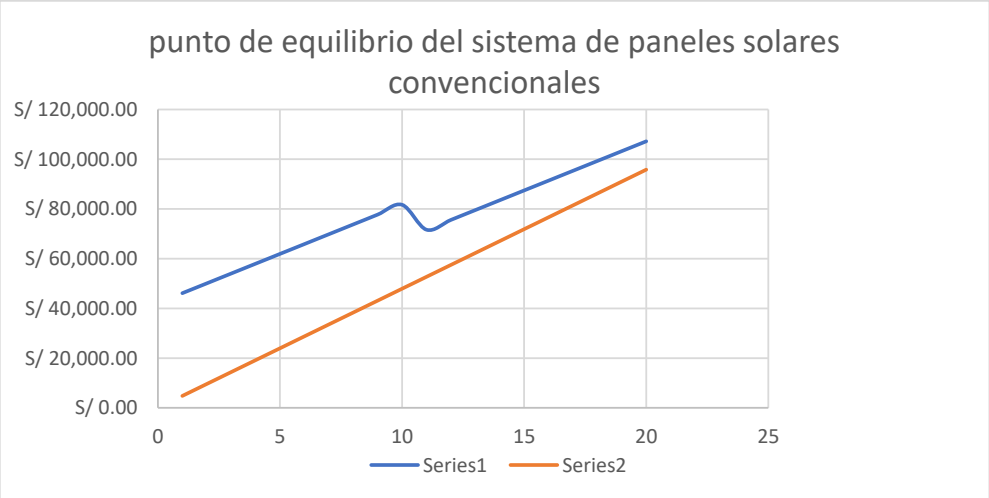


Figura 13: Determinación del punto de equilibrio en el año en que se va recuperar la inversión del proyecto de paneles solares convencionales.

Fuente: Elaboración propia.

En el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales se obtiene un resultado del VAN: -S/ 17,332.34 y un TIR: 5%. Donde indica que el proyecto no es rentable.

3.6.2. Evaluación técnico y económico del diseño para el sistema fotovoltaico de globos solares

Se realizo de acuerdo a las tablas 24 y 25.

3.6.2.1. Flujo de caja proyectada para 20 años del sistema fotovoltaico de globos solares

Con la información de los ingresos y egresos, se procedió a estimar el flujo de caja proyectado para los periodos 2025 al 2045

Tabla 24. Flujo de caja para 20 años.

	Concepto	0	1	2	3	4	5
	Inversión inicial del proyecto	S/37,077.12					
Ingresos	Consumo eléctrico	S/0.00	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
Egresos	Materiales	S/11,471.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías inversores - controlador	S/13,984.00					
	Mano de obra	S/4,689.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00
	Gastos generales	S/1,507.20	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10
	IGV 18%	S/5,425.92	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16
	Total, de egresos	S/37,077.12	S/814.26	S/814.26	S/814.26	S/814.26	S/814.26
	Flujo de caja efectivo neto	-S/37,077.12	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76

Concepto		6	7	8	9	10	11	12	13
Ingresos	Consumo eléctrico	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
	Materiales	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías, inversor y controlador					S/13,984.00			
Egresos	Mano de obra	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00	S/257.00
	Gastos generales	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10	S/33.10
	IGV 18%	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16	S/119.16
	Total, de egresos	S/814.26	S/814.26	S/814.26	S/814.26	S/14,798.26	S/814.26	S/814.26	S/814.26
	flujo de efectivo neto	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76	-S/10,008.24	S/3,975.76	S/3,975.76	S/3,975.76

Concepto		14	15	16	17	18	19	20
Ingresos	Consumo eléctrico	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02	S/4,790.02
	Materiales	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00	S/405.00
	Precio de baterías, inversor y controlador							
	Mano de obra	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00	S/277.00
Egresos	Gastos generales	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10	S/34.10
	IGV 18%	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76	S/122.76
	Total, de egresos	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86	S/838.86
	flujo de efectivo neto	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16	S/3,951.16

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2.2. Flujo de caja de egresos e ingresos proyectada para 20 años para el sistema fotovoltaico de globos solares.

El flujo de caja proyectada para 20 años nos indica el punto de equilibrio donde va a comenzar a recuperar la inversión de proyecto para el sistema solar fotovoltaico de globos solares donde se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Flujo de caja proyectada para 20 años de egresos e ingresos.

Año	Egresos totales acumulados	Ingresos totales acumulados
0	S/37,077.12	S/0.00
Primero	S/41,052.88	S/4,790.02
Segundo	S/45,028.63	S/9,580.03
Tercero	S/49,004.39	S/14,370.05
Cuarto	S/52,980.14	S/19,160.06
Quinto	S/56,955.90	S/23,950.08
Sexto	S/60,931.66	S/28,740.10
séptimo	S/64,907.41	S/33,530.11
Octavo	S/68,883.17	S/38,320.13
Noveno	S/72,858.92	S/43,110.14
Décimo	S/76,834.68	S/47,900.16
Undécimo	S/66,826.44	S/52,690.18
Dosdécimo	S/70,802.19	S/57,480.19
Decimotercero	S/74,777.95	S/62,270.21
Decimocuarto	S/78,753.70	S/67,060.22
Decimoquinto	S/82,729.46	S/71,850.24
Decimosexto	S/86,705.22	S/76,640.26
Decimoséptimo	S/90,680.97	S/81,430.27

Decimoctavo	S/94,656.73	S/86,220.29
Decimonoveno	S/98,632.48	S/91,010.30
Veinteavo	S/102,608.24	S/95,800.32

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2.3. Sistema fotovoltaico de globos solares.

Con el cálculo realizado se obtuvo 4 globos solares de 500 W, 4 baterías Rolls de 12cs 13p 414Ah, 1 controlador de carga Smart Solar MPPT 150/45 VICTRON, 1 inversor Phoenix Smart 3000VA.

Para el sistema fotovoltaico de globos solares se tuvo una potencia del sistema de generación de 1.92 KWp, con un presupuesto inicial de S/37,077.12, un costo de mantenimiento anual de S/814.26. Donde se estimó un ingreso de S/4,790.02 anual, por lo que se realizó un flujo de caja para 20 años. Para ello se muestra en la imagen 15. Donde no se da un punto de equilibrio para el retorno de inversión.

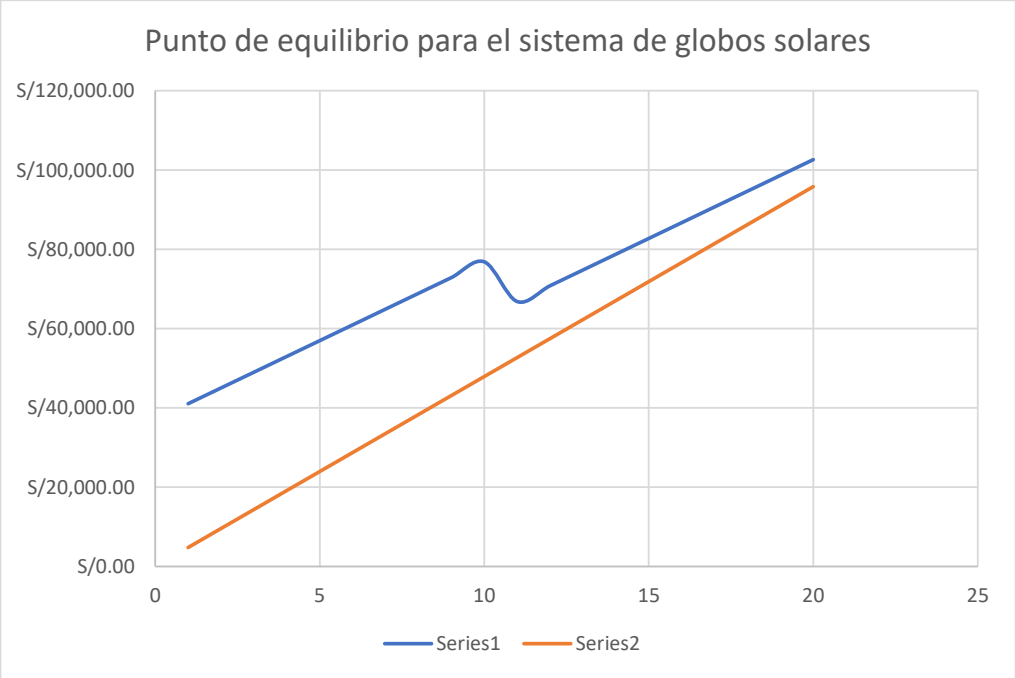


Figura 14. Determinación del punto de equilibrio en el año en que se va recuperar la inversión del proyecto globos solares.

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del sistema fotovoltaico de globos solares se obtuvo un resultado del VAN:

-S/ 12,734.44 y un TIR: 6%. Dando un resultado que el proyecto no es rentable para el sistema de alumbrado público del caserío de Sagasmache.

IV. DISCUSIONES.

El proyecto de investigación propone un "diseño comparativo entre un sistema fotovoltaico de globos solares y un sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del caserío Sagasmache distrito de Querocotillo-Cajamarca". La relevancia de diseñar, evaluar y comparar será importante para garantizar la viabilidad del proyecto, con el fin de promover la innovación en el consumo de energía renovable y contribuir al desarrollo sostenible del caserío.

Según (JAIRO, 2022). En su proyecto fotovoltaico de iluminación de la carretera Monsefú la Victoria; como resultados obtuvo 160 módulos fotovoltaicos con 260 luminarias de 40 W con una máxima demanda de 10.4 kW Se realizó la evaluación económica del sistema fotovoltaico obteniendo los indicadores económicos evaluados para un periodo de 20 años que fueron: VAN de S/ 1,862,836.30 y TIR de 18%. Donde en nuestro proyecto se utilizó 6 paneles solares convencionales, 4 baterías, 1 regulador y un inversor. Para una carga de 10 puntos de iluminación de 50 W, un consumo de 113.4 KWh/mes. El análisis realizado para el sistema fotovoltaico nos da los siguientes indicadores con un VAN -S/ 17,332.34 y un TIR 5%. Teniendo en cuenta el sistema de globos solares se utilizó 4 globos, 4 baterías, 1regulador de carga, 1 inversor. El análisis arrojo los siguientes valores un VAN -S/.12734.44 y un TIR 6%.

Según Miranda (2017), ejecuto su proyecto "Diseño fotovoltaico para uso domiciliario, donde la investigación se encargó de indagar el requerimiento de energía eléctrica para una vivienda, para el cual se trabajó con 3055 KW/m^2 de energía solar para el mes de menor intensidad obtenida de la base de datos de la NASA. Los resultados pusieron de manifiesto la necesidad de incorporar 6 paneles fotovoltaicos de 250 W cada uno, con una inclinación de 10º, y 4 baterías solares de 350 Ah. Además, se optó por elegir un regulador de carga de 30 A, un inversor de corriente de 1500 W, y se utilizaron 3 soportes en total para la instalación. Finalmente, evaluaron la rentabilidad del proyecto en función del consumo de energía eléctrica registrado por Hidrandina (promedio 99,3 KWh), proyección de la generación de los paneles fotovoltaicos 194,3 KWh para un año, la inversión del sistema fotovoltaico $ 7 693.9 y un ahorro proyectado de $ 27,08. Para el cual

se obtuvo los siguientes valores de los indicadores: VAN = $ 356,9, TIR = 10,6% y PB de 10 años. Donde para nuestro proyecto se utilizó 6 paneles fotovoltaicos 320 Wp para una potencia de 10 luminarias con una potencia de 50 W cada una por lo que se utilizó un inversor de 3000W 4 baterías 12V con una capacidad de 12 horas de 318 Ah. Finalmente, evaluaron la rentabilidad del proyecto en función del consumo de energía eléctrica, VAN de S/ 1,862,836.30 y TIR de 18%. Donde en nuestro proyecto se utilizó 6 paneles solares convencionales, 4 baterías, 1 regulador y un inversor. Para una carga de 10 puntos de iluminación de 50 W, un consumo de 113.4 KWh/mes. El análisis realizado para el sistema fotovoltaico nos da los siguientes indicadores con un VAN -S/ 17,332.34 y un TIR 5%. Teniendo en cuenta el sistema de globos solares se utilizó 4 globos, 4 baterías, 1regulador de carga, 1 inversor. El análisis arrojo los siguientes valores un VAN -S/.12734.44 y un TIR 6%.

Según (Carbonell, Globos solares, 2023) los globos solares son más eficientes generando hasta más de 400 veces más energía que los paneles convencionales, costos a la perspectiva con 2.6 dólares aproximadamente, resistentes a altas corrientes de vientos con una dimensión por globo de 2.5 metros. Por lo que para el diseño comparativo realizados los globos solares aun todavía están en un proceso de pruebas para sacar al mercado; lo que hace que sea que el sistema de globos solares sea como una propuesta basada a un futuro. Por lo que instalar en la actualidad nos saldría más costoso. En la cual se optaría por el sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales. Se tuvo en cuenta el análisis económico donde el proyecto comparativo entre los dos sistemas no es rentable para el alumbrado público del caserío de Sagasmache. Teniendo como valores VAN -S/.12734.44 y un TIR 6%. De globos solares y un VAN -S/ 17,332.34 y un TIR 5%. De paneles solares convencionales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

La evaluación de la radiación solar en el caserío de Sagasmache evidencia un recurso renovable significativo, con valores que varían entre 3.87 KWh / (m^2, día). en junio y 6,05 KWh / (m^2, día). En noviembre de los años 2017-2022. Lo que confirma la factibilidad técnica de implementar sistemas de generación fotovoltaica.

Se determinó la demanda eléctrica para el sistema de alumbrado público propuesto en el Caserío de Sagasmache el cual fue 113.4 KWh/mes distribuido en 6 puntos de iluminación con una potencia de 50W para AP. y 4 puntos de iluminación para plazuelas con una potencia de 50W. por lo que representa una carga moderada y técnicamente cubierta por un sistema fotovoltaico debidamente dimensionado.

El diseño comparativo entre un sistema fotovoltaico de globos solares y un sistema fotovoltaico de paneles solares convencionales para el alumbrado público del caserío Sagasmache distrito Querocotillo – Cajamarca. Se realizó la comparación de costos y viabilidad técnico-económico de ambos diseños teniendo un costo menor al realizar el diseño del sistema fotovoltaico de globos solares, con un valor de S/. 37,077.12, y un costo de mantenimiento de S/814.26, un VAN -S/.12734.44 y un TIR 6%. En cambio, el sistema de paneles solares convencionales tiene un costo de S/42,155.79, costo de mantenimiento S/838.86, un VAN -S/ 17,332.34 y un TIR 5%. De acuerdo con resultados adquiridos ambos sistemas soleres no son rentables para el alumbrado público del caserío de Sagasmache. A pesar de no alcanzar rentabilidad económica en las condiciones actuales, el sistema de globos solares es relativamente más eficiente que el de paneles convencionales ya que demanda una menor inversión inicial y ofrece un retorno ligeramente superior.

La implementación de alumbrado público con energía solar contribuiría al desarrollo social del caserío de Sagasmache, mejorando la seguridad ciudadana, promoviendo actividades comunitarias nocturnas y reduciendo riesgos de accidentes.

5.2 . Recomendaciones

Las autoridades con capacidad de gestión, antes de realizar un proyecto que se utilice la energía solar de preferencia se debe determinar la intensidad de la radiación solar de un determinado punto, debido a que data de la página de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) es referencial y abarca un radio de 50 km.

De implementarse un sistema fotovoltaico de paneles solares tener en cuenta si es eficiente o factible para poder tener una energía estable para el bien de los pobladores del caserío de Sagasmache.

Se recomienda buscar subsidios, fondos estatales de electrificación rural o convenios con programas de energías renovables. Establecer un plan de mantenimiento periódico

donde se asegure una mejor durabilidad a los equipos fotovoltaicos y minimicen costos de reparación imprevistos.

Asistir a capacitaciones para tener conocimiento como dar un manejo basado en el sistema de los equipos fotovoltaicos.

Evaluar una implementación escalonada del sistema de alumbrado público, iniciando con zonas críticas del caserío de Sagasmache, expandiendo conforme se asegure financiamiento y aceptación comunitaria

A las autoridades del caserío se recomienda siempre tener en cuenta o buscar una alternativa que sea amigable con el medio ambiente y rentable para el bien del pueblo.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

Acosta, L. J. (2018). “Estudio de factibilidad para la construcción de mini central fotovoltaica autónoma en el caserío Sogoron – Cajamarca.” In Universidad César Vallejos.

Autosolar. (mayo de 2017). inversor cargador 3000w 24v mppt 80a must solar vhm. obtenido de

https://autosolar.pe/inversores-cargadores-24v/inversor-cargador-3000w-24v-mppt-80a-must-solar-vhm.

Autosolar. (2022). Panel solar 340w 24v policristalino era solar. Obtenido de https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-340w-24v-policristalino-era.

Carbonell, m. (2 de febrero de 2023). Globos solares. Obtenido de https://www.hogarsense.es/energia-solar/globos-solares.

Ecodirect. (7 de agosto de 2018). surrette rolls 12-cs-11p > 12 volt 357 amp hour flooded battery. Obtenido de.

https://www.ecodirect.com/surrette-12-cs-11p-12v-357-p/surrette-12-cs-11p.htm

Ecoinventos, g. t. (20 de octubre de 2018). globos solares que generan 400 veces mas energia que los paneles tradicionales. Obtenido de.

https://ecoinventos.com/globos-solares-generan-mas-energia/.

Fernández, S. (2007). Los proyectos de inversión: evaluación financiera (E. T. de CR (ed.); 1st ed.).

Greenteach. (22 de marzo de 2022). globos solares que generan 400 veces más energía que paneles tradicionales. Obtenido de

https://www.greenteach.es/globos-solares-generan-400-veces-mas-energia-que-paneles-tradicionales/.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). Fuentes de información de los Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2017 y la Encuesta Nacional de Hogares, 2017.

Jiménez, F., Espinoza, C., y Leonel, F. (2007). Ingeniería Económica (E. T. de CR (ed.); 1st ed.).

https://books.google.com.pe/books?id=LVLZA74NNwwCyprintsec=frontcoverydq=Valor+actual+netoyhl=es-419&sa=Xyredir_esc=y#v=onepageyq=Valor actual neto=false

Jairo, c. l. (2022). Diseño de un sistema fotovoltaico para iluminarla carretera monsefu la victoria. lambayeque.

Miranda, M. L. N. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico para uso domiciliario en la Urb. La Caleta Chimbote - 2016.

Ministerio de Energía y Minas. (2011). código nacional de eléctricidad

Nogales Muñoz, F. (2015). UF0213 - Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares (S.L. Editorial E-learning (ed.)). https://books.google.com.pe/books?id=o7lWDwAAQBAJypg=PA46ydq=Orientación+optima+de+los+paneles+solaresyhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwjxrrzwu6H4AhXUkmoFHfnDAkMQ6AF6BAgEEAI#v=onepageyq=Orientación optima de los paneles solares=false

Norma Técnica DGE, P. (2002). “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución.” Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Electricidad, 22. http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf

Osaka. (21 de 01 de 2021). ¿para qué sirve un inversor de corriente? obtenido de https://osakaelectronicsltda.com/blog/recomendaciones/para-que-sirve-un-inversor-de-corriente.

Pareja, M. (2020). Energía solar fotovoltaica (Marcombo (ed.); 3rd ed.). https://books.google.com.pe/books?id=XkxOEAAAQBAJydq=Sistema+fotovoltaico+básico+autónomo.ysource=gbs_navlinks_s

Preciado, C. C. B., y Saldaña, C. S. C. (2015). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo centralizado de generación eléctrica en el caserío Briceño, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque.

Pérez Campos, d. y. (2019). diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío jaway, distrito y provincia jaén-cajamarca. obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/handle/unj/67

Prysmian. (09 de 01 de 2019). Cálculos de caídas de tensión. Valores oficiales de conductividad para cu y al. Obtenido de.https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/

Rojas Peralta, A. (2018). "Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Circuitos De Alumbrado Y Ventilación Del Centro Educativo Técnico Productiva Novus Scilicet De Rioja, 2018." Universidad Cesar Vallejo.

Rufasto, J. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén.

Ruíz, V., Anvhante, J. L., y Hidalgo, M. (2019). Propuesta de mejora en gestión de la calidad en el uso de energía renovable del proyecto de electrificación rural, en la comunidad de Chilete – Contumaza, región de Cajamarca. In Universidad Tecnológica del Perú.

Style, O. (2012). Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo.
https://books.google.com.pe/books?id=cNJB5tdbcJ0Cydq=Sistema+fotovoltaico+de+paneles+solaresysource=gbs_navlinks_s

Villegas, T. E. S., y Alcivar, T. L. E. (2020). Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil. In Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador-Sede Guayaquil.

VII. DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por concederme la vida y la salud, a mis padres por el apoyo que me brindaron a todo ello se suma este proyecto para ser un profesional de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Juan José Vargas Pérez

Cristhian Branny Rojas Delgado

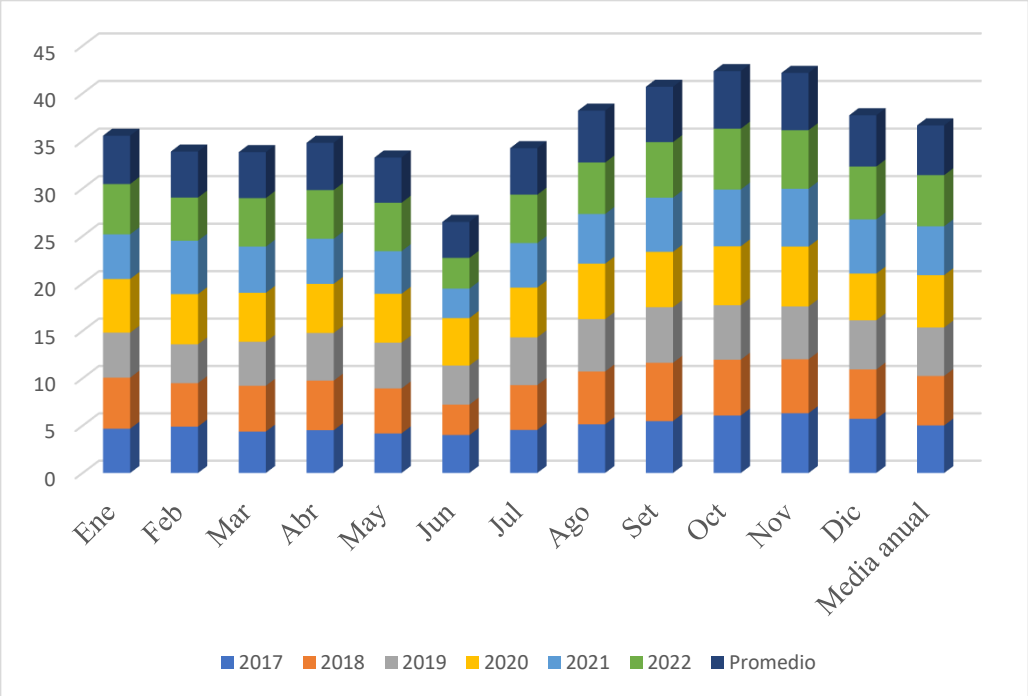
VIII. AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, hermanos y a toda mi familia que me rodea por brindarme su apoyo incondicional para cumplir una de mis metas.

Agradezco a mi asesor por guiarme y orientarme en mi proyecto de tesis, a los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por darme la formación académica y a la Universidad Nacional de Jaén por abrirme sus puertas de estudio.

IX. ANEXOS.

Anexo 1: Radiación promedio para un Angulo de 15° en el caserío de Sagasmache (KWh / (m2, día).





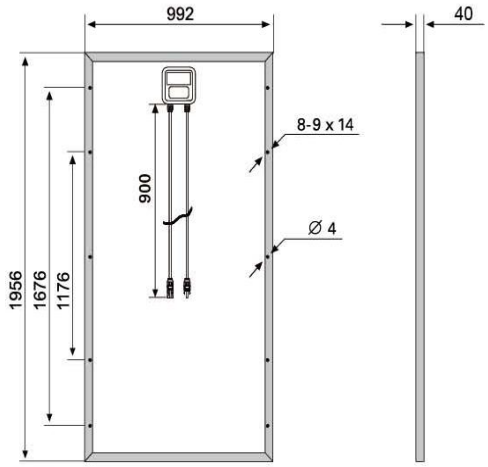
Anexo 2: Imagen, ficha técnica del panel solar fotovoltaico.

Polycrystalline Solar Module

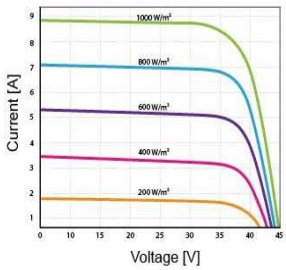
SPECIFICATIONS	
Dimensions	1956 x 992 x 35 mm 1956 x 992 x 40 mm 1956 x 992 x 45 mm
Weight	20.9 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs multi-crystalline Si-cells (156 x 156 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET/ FEVE
Junction Box	
Cable	4 mm² solar cable 2 x 900 mm
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product Warranty	10 years
Power Guarantee	10 years 90% 25 years 80%

CHARACTERISTICS	
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-I_{sc}	+0.08558%/°K
Temperature-V_{oc}	-0.29506%/°K
Temperature-$_{mpp}$	-0.38001%/°K
NOCT***	45°C

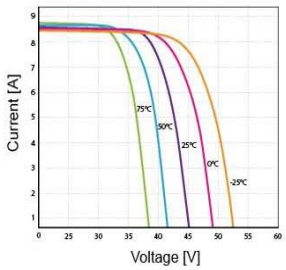
CERTIFICATES
IEC 61215 edition 2 (TÜV Nord)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m²).

ESPMC TYPE	300	305	310	315	320	325
Power Class	300W	305W	310W	315W	320W	325W
Max. Power Voltage (V_{mpp})* at STC**	37V	37.15V	37.3V	37.5V	37.65V	37.8V
Max. Power Current (I_{mpp}) at STC	8.1A	8.21A	8.31A	8.4A	8.5A	8.6A
Open Circuit Voltage (V_{OC}) at STC	44.8V	44.95V	45.1V	45.3V	45.45V	45.6V
Short Circuit Current (I_{SC}) at STC	8.7A	8.8A	8.9A	9A	9.1A	9.2A
Module Efficiency	15.5 %	15.7 %	16 %	16.2 %	16.5 %	16.8 %

* MPP: Maximum Power Point
** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5
*** Normal Operating Cell Temperature

Anexo 3 Imagen, ficha técnica del controlador

victron energy
BLUE POWER

Controladores de carga SmartSolar con conexión de rosca o FV MC4
MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-MC4
Sin pantalla

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)
Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.
El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación.
en función de la temperatura.

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila
La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct
Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto
Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable
Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente)
para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable
Simplemente retire el protector
de goma del enchufe de la parte frontal del controlador
y conecte la pantalla.





Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de *software* para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm² / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares

Anexo 4: Imagen, ficha técnica de las baterías.

Rolls

BATTERY ENGINEERING

WWW.ROLLSBATTERY.COM MADE IN CANADA

DEEP CYCLE

SERIES: 5000

MODEL: 12 CS 11P

BATTERY TYPE: 12 VOLTS

DIMENSIONS:

LENGTH	559 MM	22	INCHES
WIDTH	286 MM	11 1/4	INCHES
HEIGHT	464 MM	18 1/4	INCHES

WEIGHTS:

WEIGHT DRY	100 KG	220	LBS.
WEIGHT WET	123 KG	272	LBS.

CONTAINER CONSTRUCTION:

CONTAINER: (INNER)	POLYPROPYLENE
COVER: (INNER)	POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER
CONTAINER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
COVER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO OUTER CONTAINER
TERMINALS:	FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS
HANDLES:	MOLDED

PLATES:

POSITIVE PLATE DIMENSION:

HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	6.73 MM	0.265	INCHES

NEGATIVE PLATE DIMENSION:

HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	4.70 MM	0.185	INCHES

CELLS: 6 **PLATES/CELL:** 11

POSITVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SLYVER GLASS MAT

SEPARATOR:

THICKNESS 3 MM 0.105 INCHES

INSULATION:

GLASS MAT 1 MM 0.020 INCHES

CAPACITY:

CRANK AMPS:

COLD (CCA)	0°F / -17.8°C	845
MARINE (MCA)	32°F / 0°C	1056

ELECTROLYTE RESERVE:

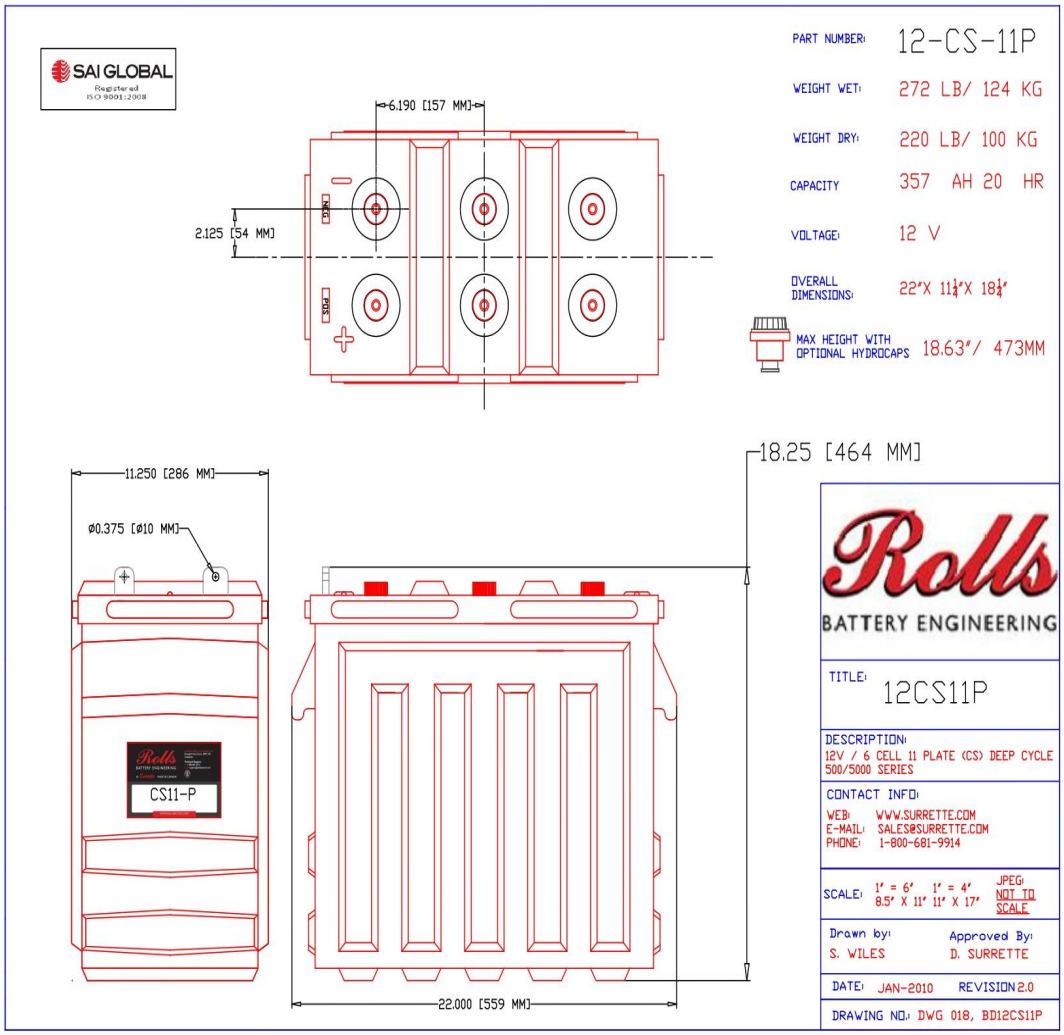
ABOVE PLATES 95 MM 3.75 INCHES

RESERVE CAPACITY:

RC @ 25A 768 MINUTES

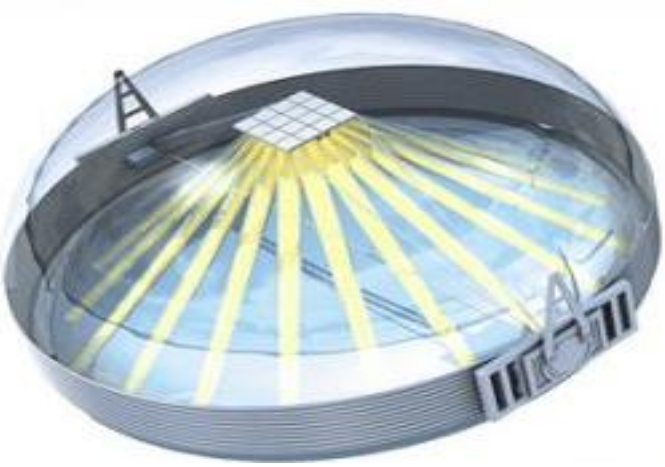
20 HR RATE: 357

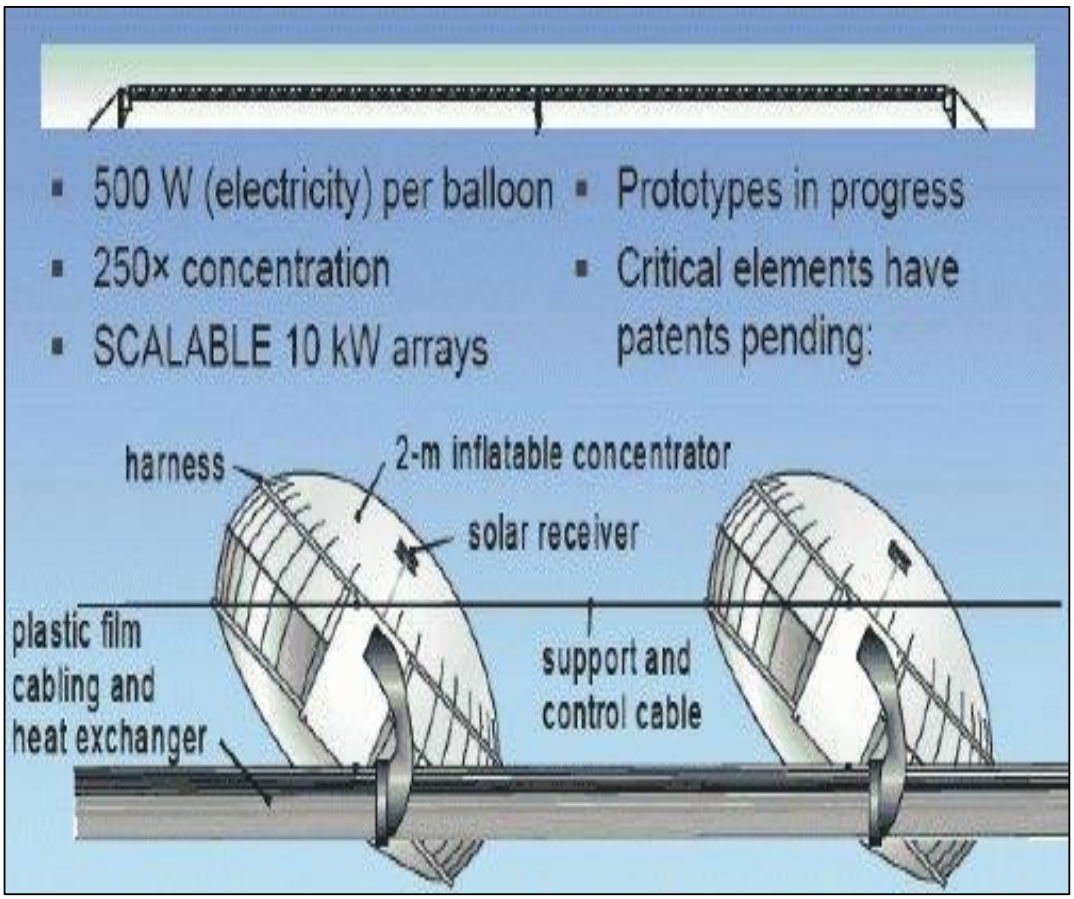
	HOUR RATE	SPECIFIC GRAVITY	CAP / AH	CURRENT / AMPS
CAPACITY @	100 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	503	5.03
CAPACITY @	72 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	475	6.59
CAPACITY @	50 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	439	8.78
CAPACITY @	24 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	371	15.5
CAPACITY @	**20 HOUR RATE**	**1.280 SP. GR.**	**357**	**17.9**
CAPACITY @	15 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	332	22.1
CAPACITY @	12 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	311	25.9
CAPACITY @	10 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	296	29.6
CAPACITY @	8 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	278	34.8
CAPACITY @	6 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	253	42.2
CAPACITY @	5 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	239	48
CAPACITY @	4 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	221	55
CAPACITY @	3 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	200	67
CAPACITY @	2 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	171	86
CAPACITY @	1 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	121	121



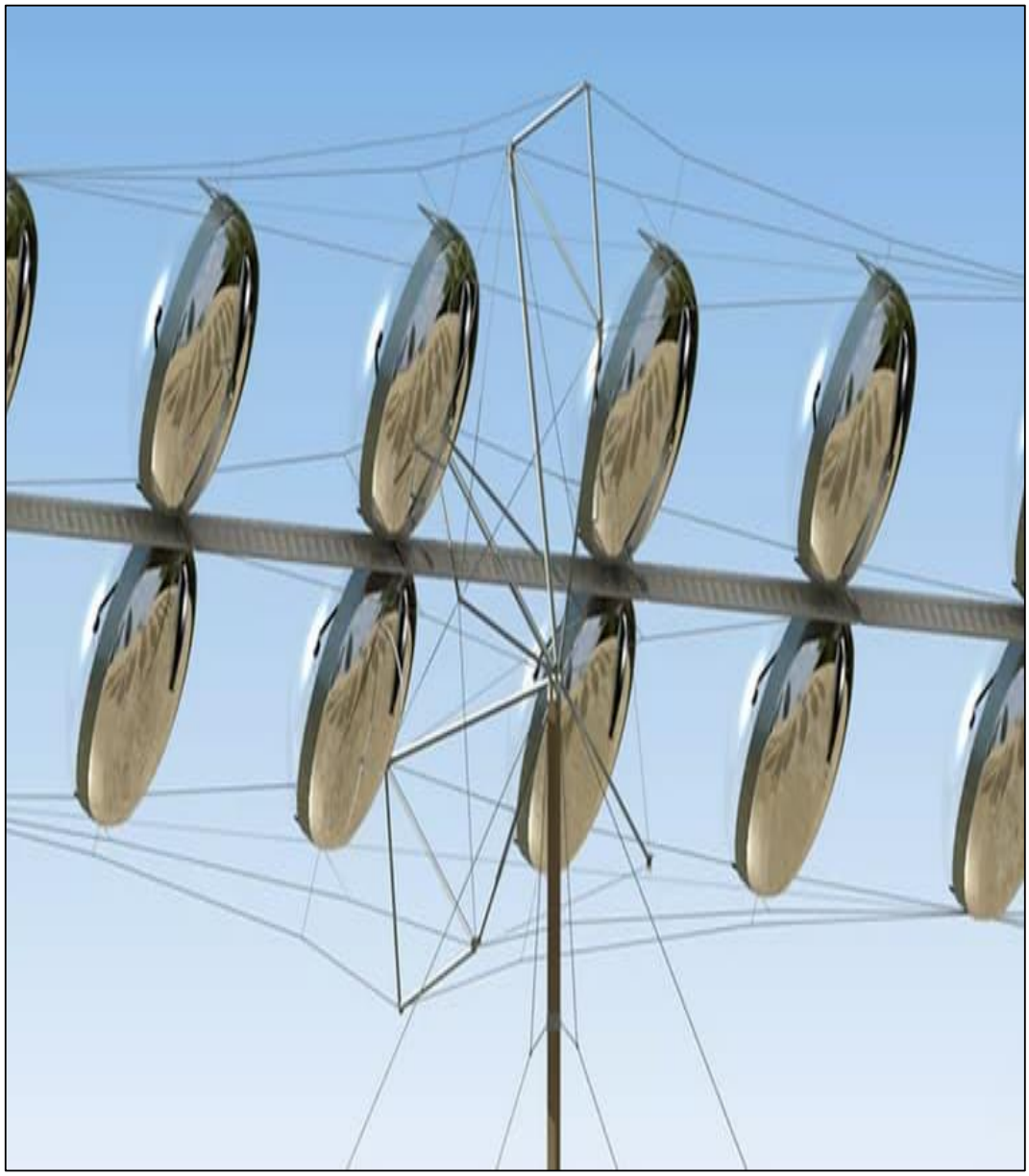


Anexo 4: Imagen de globos solares




500 W (electricity) per balloon
250× concentration
SCALABLE 10 kW arrays
Prototypes in progress
Critical elements have patents pending:
harness
2-m inflatable concentrator
solar receiver
plastic film cabling and heat exchanger
support and control cable

Anexo 5: Globos solares conectado a estructura metálica

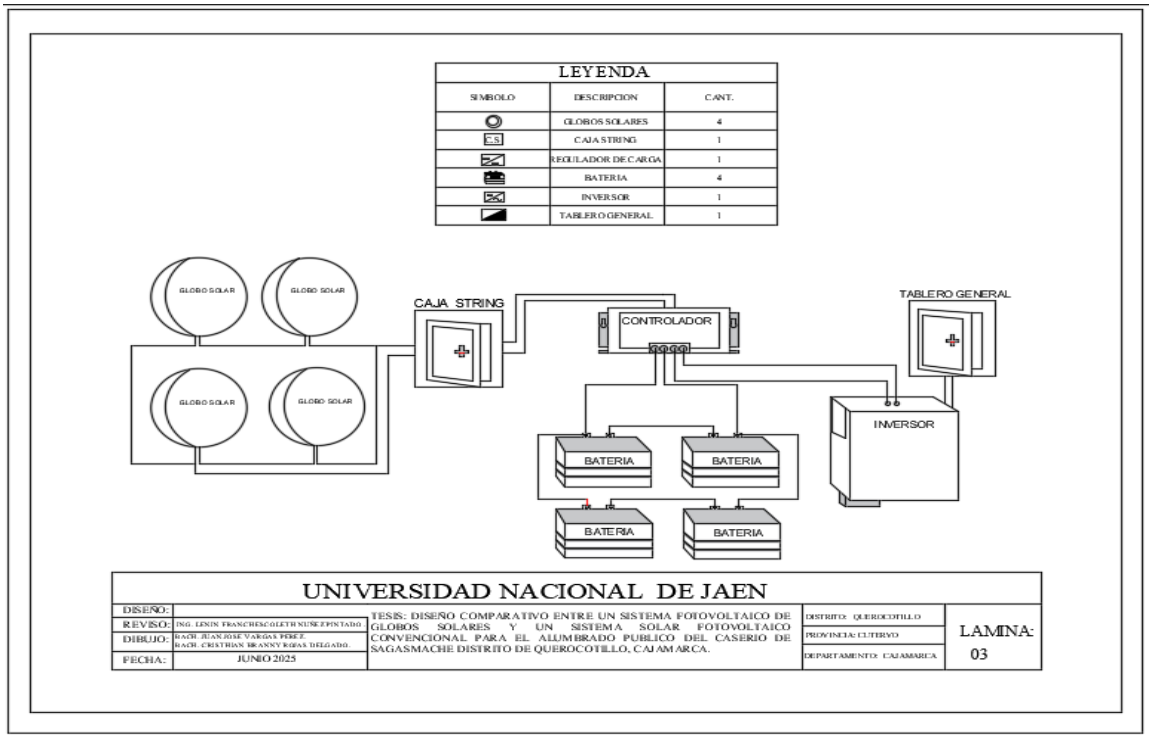


Anexo 6: Imagen, ficha técnica del inversor cargador 3000W 24-48V MPPT 60 A

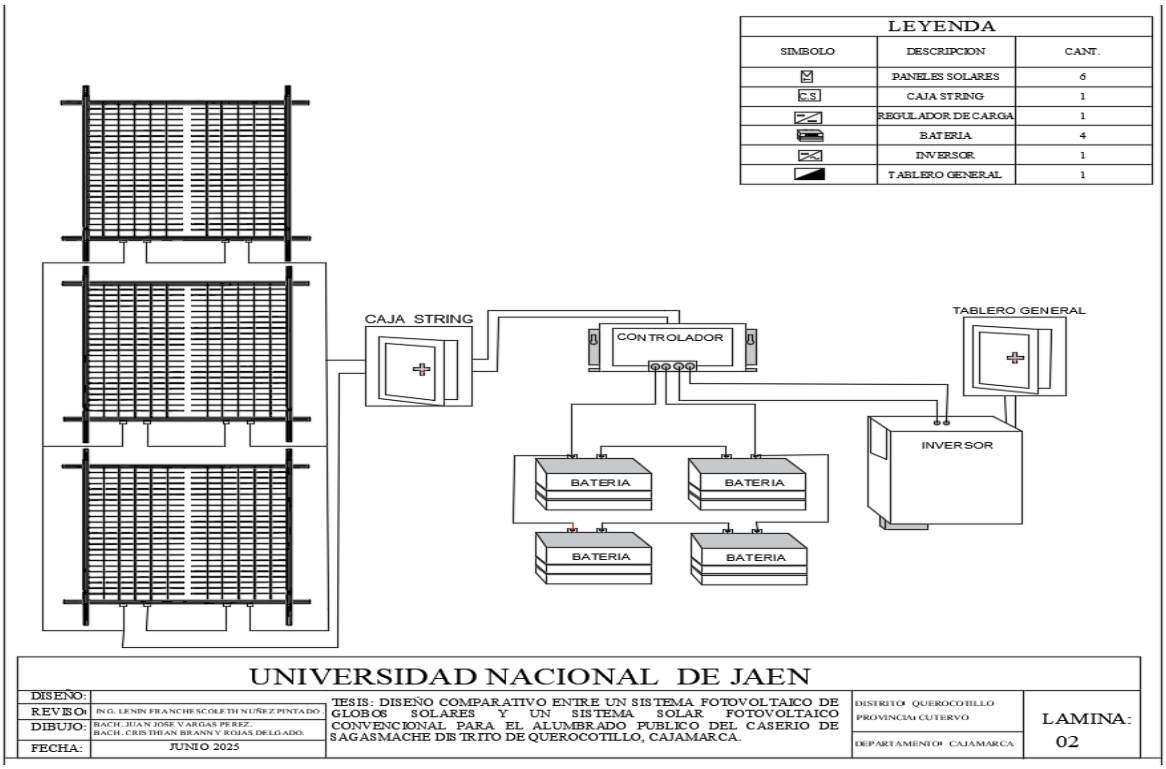


MODEL		PV18-2024 VHM	PV18-3024 VHM	PV18-3048 VHM	PV18-4048 VHM	PV18-5048 VHM	PV18-5548 VHM
Nominal Battery System Voltage		24VDC		48VDC			
INVERTER OUTPUT	Rated Power	2000W	3000W	3000W	4000W	5000W	5500W
	Surge Power	4000W	6000W	6000W	8000W	10000W	11000W
	Waveform	Pure Sine Wave					
	AC Voltage Regulation (Batt.Mode)	(220VAC~240VAC)±5%					
	Inverter Efficiency(Peak)	93%					
	Transfer Time	10ms (For Personal Computers) 20ms (For Home Appliance)					
AC INPUT	Voltage	230VAC					
	Selectable Voltage Range	170~280VAC(For pensonal computer) \ 90~280VAC(For Home Appliance) \ 184~253VAC(VDE4105)					
	Frequency Range	50Hz/60Hz(Auto sensing)					
BATTERY	Normal Voltage	24VDC		48VDC			
	Floating Charge Voltage	27VDC		54VDC			
	Overcharge Protection	31VDC		60VDC			
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145VDC					
	PV Array MPPT Voltage Range	30~130VDC		64~130VDC			
	Standby Power Consumption	2W					
	PV Input Power	1440W/1920W		2880W/3840W			
	Maximum Solar Charge Current	60A/80A					
	Maximum Effciency	98%					
	Maximum AC Charge Current	20A/30A		60A			
	Maximum Charge Current	80A		120A/140A			
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Machine Dimensions(W*H*D)(mm)	272*355*100		297.5*468*125			
	Package Dimensions(W*H*D)(mm)	540*395*241		638*395*241			
	Net Weight(kg)	10	11	13.3			
	Gross Weight(kg)	11.7	12	16.4			
OTHER	Humidity	5% to 95% Relatiy Humidity (Non-condensing)					
	Operating Temperature	0°C ~55°C					
	Storage Temperature	-15°C ~60°C					

Anexo 7: Diagrama para el sistema de generación fotovoltaico con globos solares

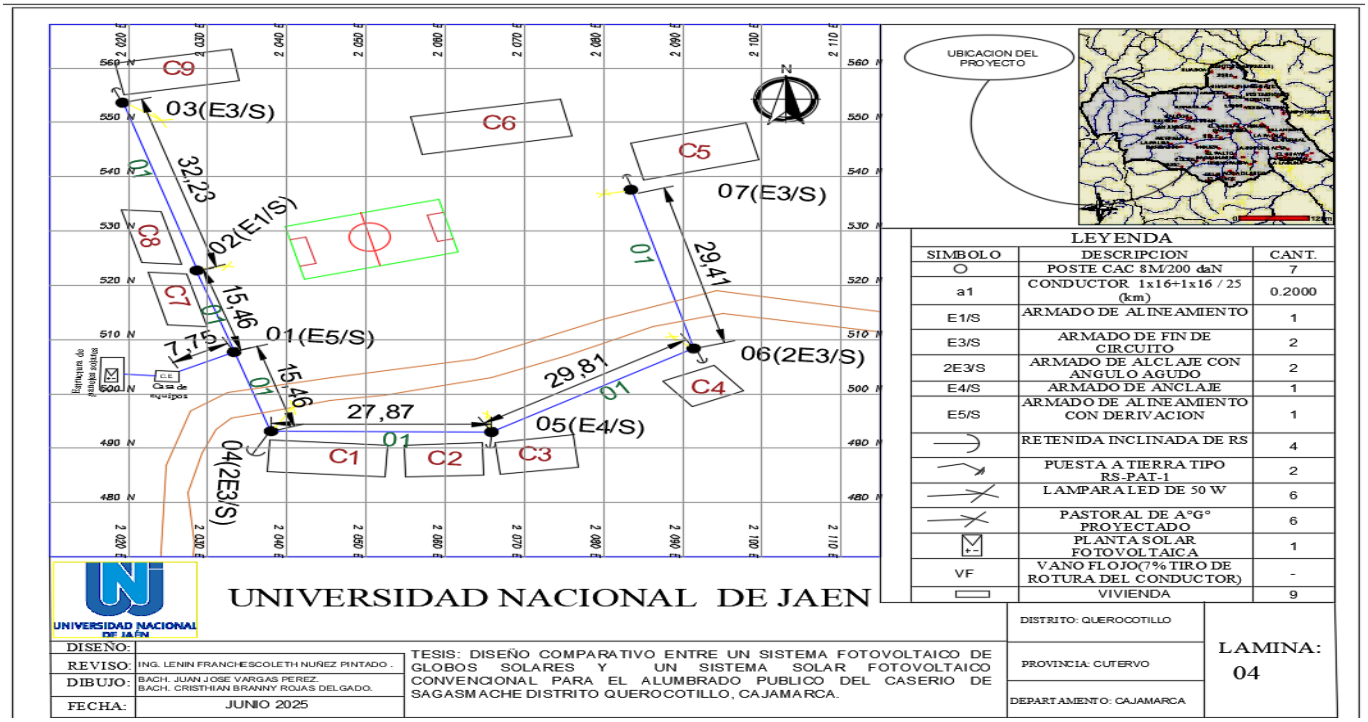


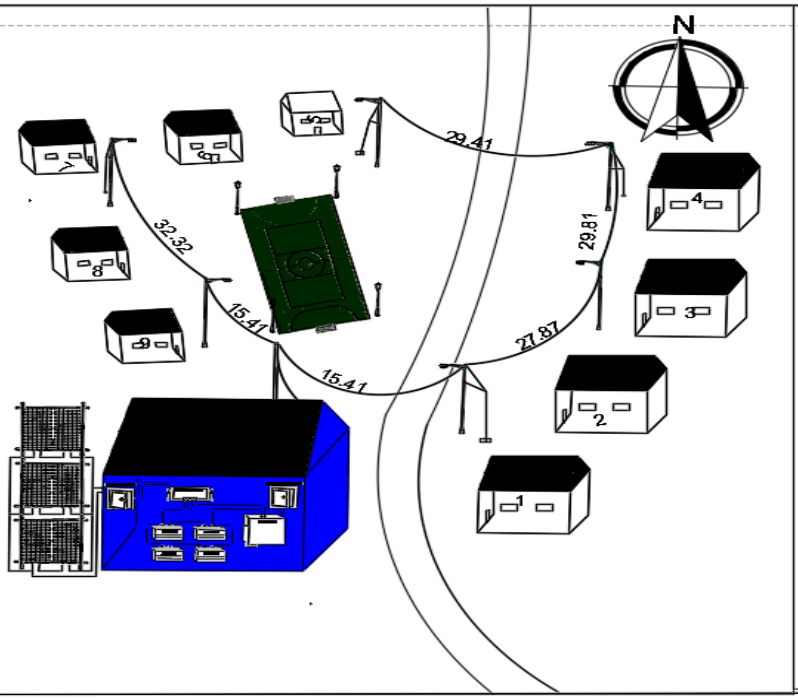
Anexo 8: Diagrama del sistema de generación con paneles solares convencionales



Anexo 9*:* Diagrama unifilar del plano y laminas subsistema de distribución

.





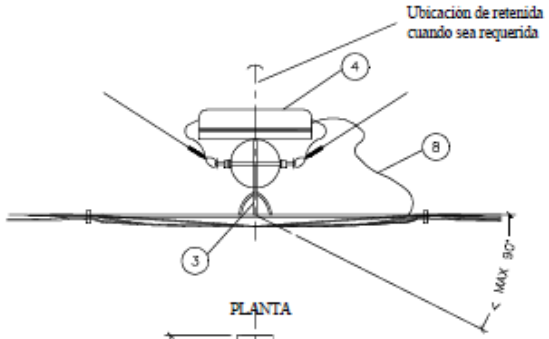


LEYENDA

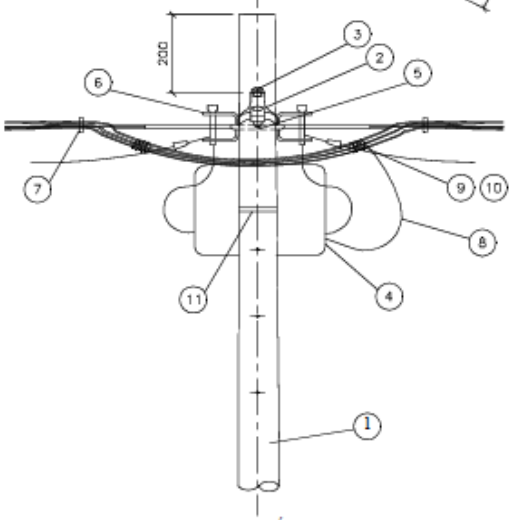
SIMBOLO	DESCRIPCION	CANT.
O	POSTE CAC 8M/200 daN	7
a1	CONDUCTOR 1x16+1x16 / 2S (km)	0.2 000
E1/S	ARMADO DE ALINEAMIENTO	1
E3/S	ARMADO DE FIN DE CIRCUITO	2
2E3/S	ARMADO DE ALCLAJE CON ANGULO AGUDO	2
E4/S	ARMADO DE ANCLAJE	1
E5/S	ARMADO DE ALINEAMIENTO CONDERIVACION	1
	RETENIDA INCLINADA DE RS	4
	PUESTA A TIERRA TIPO RS-PAT-1	2
	LAMPARA LED DE 50 W	6
	PASTORAL DE A°G° PROYECTADO	6
	PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA	1
VF	VANO FLOJO(7% TIRO DE ROTURA DEL CONDUCTOR)	-
	VIVIENDA	9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

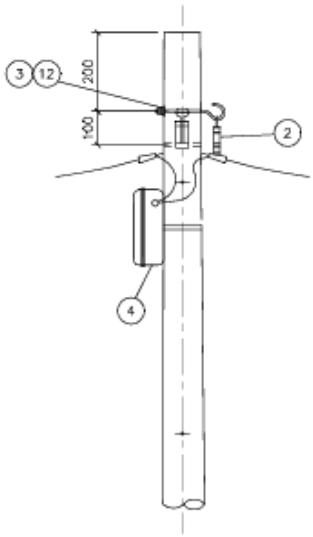
DISEÑO:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO.	TESIS. DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO DEL CASERIO DE SAGASMACHE DISTRITO DE QUEROCOTILLO CAJAMARCA.	DISTRITO: QUEROCOTILLO
REVISO:			PROVINCIA: CUTERVO
DIBUJO:	BACH. JUAN JOSE VARGAS PEREZ BACH. CRISTHIAN BRAINNY ROJAS DELGADO		DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
FECHA: JUNIO 2025			LAMINA 05



PLANTA



ELEVACIÓN



PERFIL

NOTA:

La estructura se utilizará con cables aislados autoportantes de aleación de aluminio hasta 35 mm² .

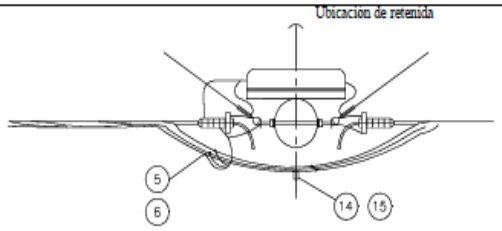
Para tres o menos acometidas , no se instalara la caja de derivación y la estructura se especificara como E1/S

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO
	

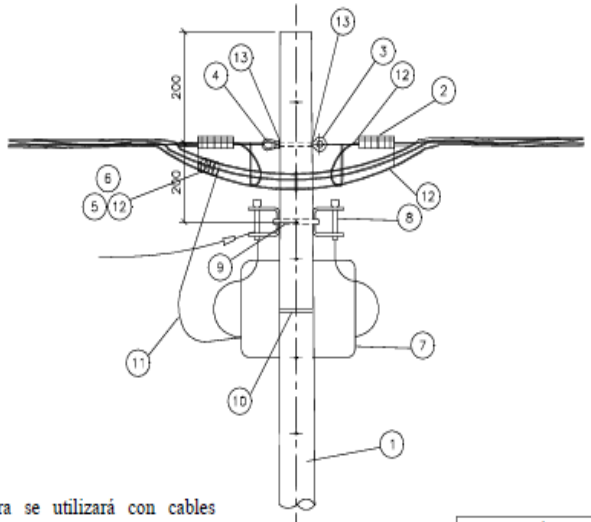
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	E1	E1/S
	12	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm,agujero de 18 mm	1	1
	11	Fleje de acero inoxidable de 19 mm provisto de hebilla	1	0
	10	Conector bimetálico, para Al 25 mm²/cu 4-10 mm² , neutro desnudo, tipo cuña	1	0
	9	Conector bimetálico aislado, para Al 25 mm²/cu 4-10 mm². Fase aislada , tipo perforación	1	0
	8	Conductor de cu recocido, tipo N2xy, bipolar , tripolar o tetrapolar 10 mm².C .Neg	1.2	0
	7	Correa plástica de amarre color negro	4	4
	6	Portalinea unipolar de A´ G´, provisto de pin de 10 mm	2	2
	5	Perno de A´ G´ de 13 mm , provisto de tuerca y contrat.Long. Según requerimiento	1	s.req.
	4	Caja de derivación para acometidas domiciliarias sistema 380/220 V , 440-220 V o 220 V	1	0
	3	Perno con gancho, de 16 mm, provisto de arandela , tuerca y contrt.Long.	1	1
	2	Grapa de suspension angular de aleación de aluminio	1	1
	1	Poste de madera o concreto	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

DISEÑO:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERÍO DE SAGASMACHE, DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	Distrito: Querocotillo
REVISO:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NÚÑEZ PINTADO		Provincia: Cutervo
DIBUJO:	BACH. JUAN JOSE VARGAS PEREZ		Departamento: Cajamarca
FECHA: Enero 2025	BACH. CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA DE ALINIAMIENTO PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E1	Lamina: 06



PLANTA

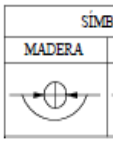


ELEVACIÓN

NOTA:

La estructura se utilizará con cables aislados autoportantes de aleación de aluminio hasta de 35 mm².

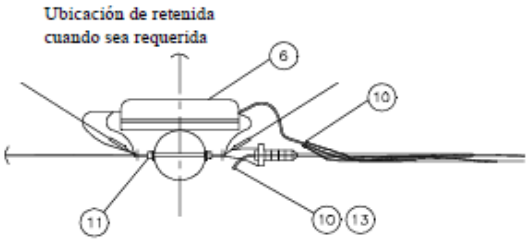
Para tres o menos acometidas , no se instalara la caja de derivación y la estructura se especificara como E2/s.

SÍMBOLO	
MADERA	CONCRETO
	

CODIGO	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	
			E2	E2/S
	15	Conector para Al de 25 mm², neutro aislado tipo cuña	s.req.	s.req.
	14	Conector aislado para Al de 25 mm², fase aislado tipo perforación	s.req.	s.req.
	13	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm agujero de 18 mm	2	2
	12	Correa plastica de amarre color negro	4	4
	11	Conductor de cu recocido , tipo N2xy ,bipolar o tetrapolar de 10 mm² , c. negro	1,2	0
	10	Fleje de acero inoxidable de 19 mm de ancho provisto de hebilla	1m	0
	9	Perno de A°G° de 13 mm, provista de tuerca y contratuerca.Long. segun requerimiento	1	s.req.
	8	Portalinea unipolar de A° G° , provista de pin de 10 mm	2	s.req.
	7	Caja de derivación para acometidas domiciliarias sistema 380/220 V , 440-220 V o 220 V	1	0
	6	Conector bimetalico , para Al 25 mm²/cu 4-10 mm² , neutro aislado tipo cuña	1	0
	5	Conector bimetalico aislado ,para Al de 25 mm² / cu 4-10 mm², fase aislada perforación	s.req.	0
	4	Tuerca - ojal de A° G° para perno de 16 mm²	1	1
	3	Perno con ojal de 16 mm , provisto de tuerca y contrt. Long. Segun requerimiento	1	1
	2	Grapa de anclaje de aleación de aluminio	2	2
	1	Poste de madera o concreto	1	1

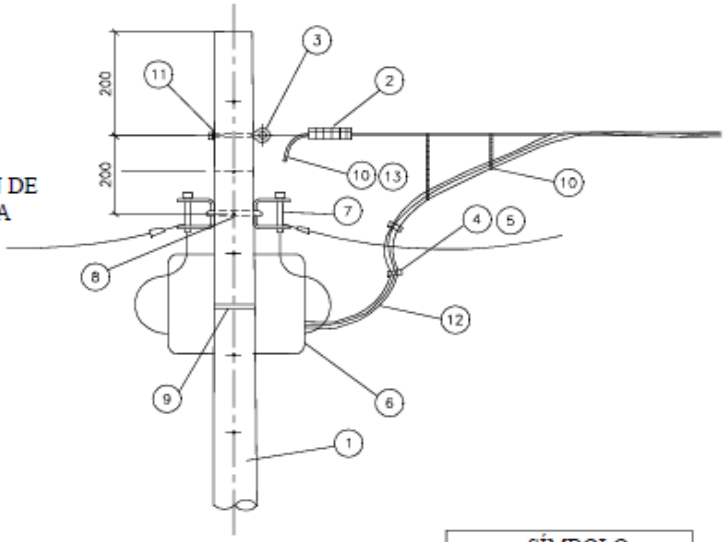
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

DISEÑO:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERÍO DE SAGASMACHE DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	Distrito:Querocotillo
REVISO:	ING.LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		Provincia:Cutervo
DIBUJO:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ	REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA DE ALINIAMIENTO PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E2	Departamento:Cajamarca
FECHA: ENERO 2025	BACH. CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO		Lamina: 07



PLANTA

POSICIÓN DE RETENIDA



ELEVACIÓN

NOTA:
La estructura se utilizará con cables aislados autoportantes de aleación de aluminio hasta de 35 mm²

Para tres o menos acometidas, no se instalara la caja de derivación y la estructura se especificara como E3/s

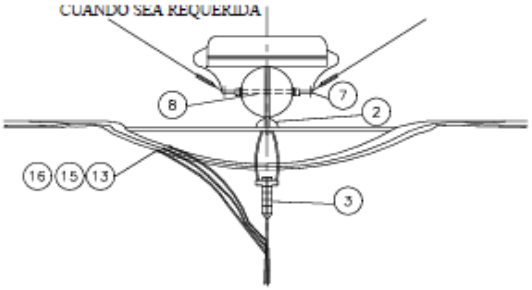
SÍMBOLO	
MADERA	CONCRETO
⊕—	—○

CODIGO	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT. E3	CANT. E3/S
	13	Cinta autofundente para extremo de cable	0	s.req.
	12	Conductor de cu recocido tipo N2xy, bipolar ,tripolar o tetrapolar 10 mm² , c.negro	1.20m	0
	11	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm, agujero de 18 mm	2	2
	10	Correa plastica de amarre color negro	4	4
	9	Fleje de acero inoxidable de 19 mm de ancho, provisto de hebilla	1	0
	8	Perno de A°G° de 13 mm, provista de tuerca y contratuerca. longitud segun requerimiento	1	s.req,
	7	Portalinea unipolar de A°G°, provista de pin de 10 mm	2	s.req,
	6	Caja de derivación para acometidas domiciliarias sistema 380/220 V ,440-220 V o 220 V	1	0
	5	Conector bimetalico para Al 25 mm²/cu 4-10 mm²,neutro desnudo tipo cuña	1	0
	4	Conector bimetalico aislado para Al 25 mm²/cu 4-10 mm², fase aislada tipo perforación	s.req.	0
	3	Perno con ojal de A° G° DE 16 mm, provista de tuerca y contrt.segun requerimiento	1	1
	2	Grapa de anclaje de aleación de aluminio	1	1
	1	Poste de madera o concreto	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Diseño:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE; DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA DE ALINIAMIENTO PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E3
Reviso:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO	
Dibujo:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ	
Fecha: ENERO 2025	BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	

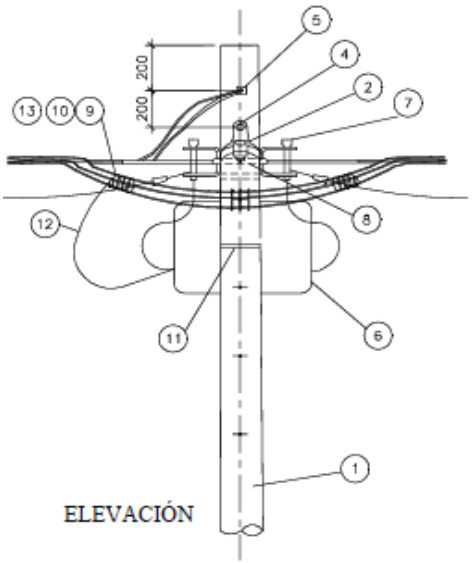
Distrito:Querocotillo
Provincia:Cutervo
Departamento:Cajamarca
Lamina: 08



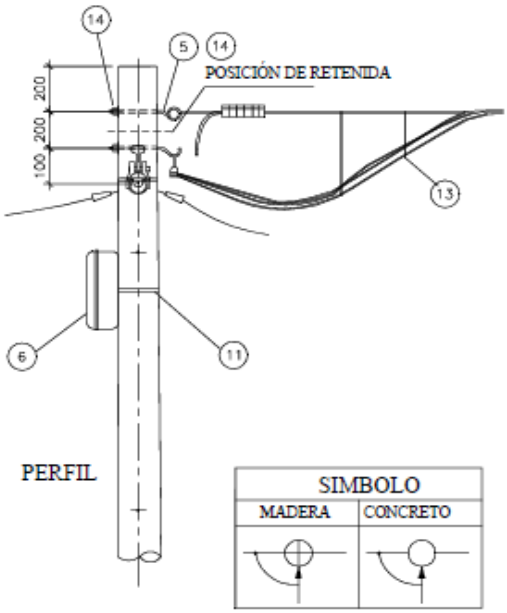
PLANTA

NOTA:
La estructura se utilizará con cables aislados autoportantes de aleación de aluminio hasta de 35 mm².

Para tres o menos acometidas,no se instalara la caja de derivación y la estructura se especificara como E5/s



ELEVACIÓN



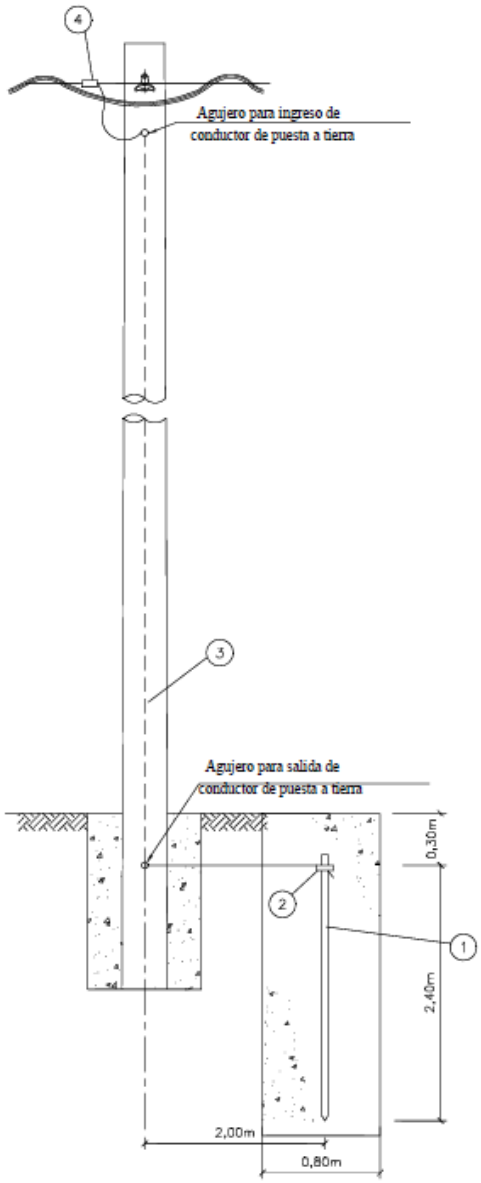
PERFIL

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO

CODIGO	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT. E5	CANT. E5/S
	16	Conector para Al 25 mm², neutro aislado tipó cuña	1	1
	15	Conector aislado para Al 25 mm², fase aislado tipo perforación	s.req.	s.req.
	14	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm, agujero de 18 mm	3	3
	13	Correa plastica de amarre color negro	5	5
	12	Conductor de cu recocido, tipo N2xy, bipolar , tripolar o tetrapolar 10 mm² .C.neg.	1,2	0
	11	Fleje de acero inoxidable de 19 mm de ancho, provista de hebilla	1m	0
	10	Conector bimetalico para Al 25 mm²/ cu 4-10 mm², neutro aislado tipo cuña	1	0
	9	Conector bimetalico aislado para Al 25 mm²/cu 4-10 mm², fase aislada tipo perforación	s.req.	0
	8	Pernos de A°G° de 13 mm, provisto de tuerca y contrt.long.segun requerimiento	1	s.req.
	7	Portalinea unipolar de A°G°, provisto de pin de 10 mm	2	s.req.
	6	Caja de derivación para acometidas domiciliarias sistema 380/220 V ,440-220 V O 220 V	1	0
	5	Perno con ojal de A°G° de 16 mm, provisto de tuerca y contrt.long.segun requerimiento	1	1
	4	Perno con gancho de 16mm,provisto de arandela,tuerca y contrt.long.segun requierimiento	1	1
	3	Grapa de anclaje de aleación de aluminio	1	1
	2	Grapa de suspensión angular de aleación de aluminio	1	1
	1	Poste de madera o concreto	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Diseño:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PUBLICO DEL CASERÍO DE SAGASMACHE; DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	DISTRITO: QUEROCOTILLO PROVINCIA: CUTERVO DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
Reviso:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		
Dibujo:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ		Lamina:
Fecha:	ENERO 2025	BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA DE ALINIAMIENTO PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E5	09



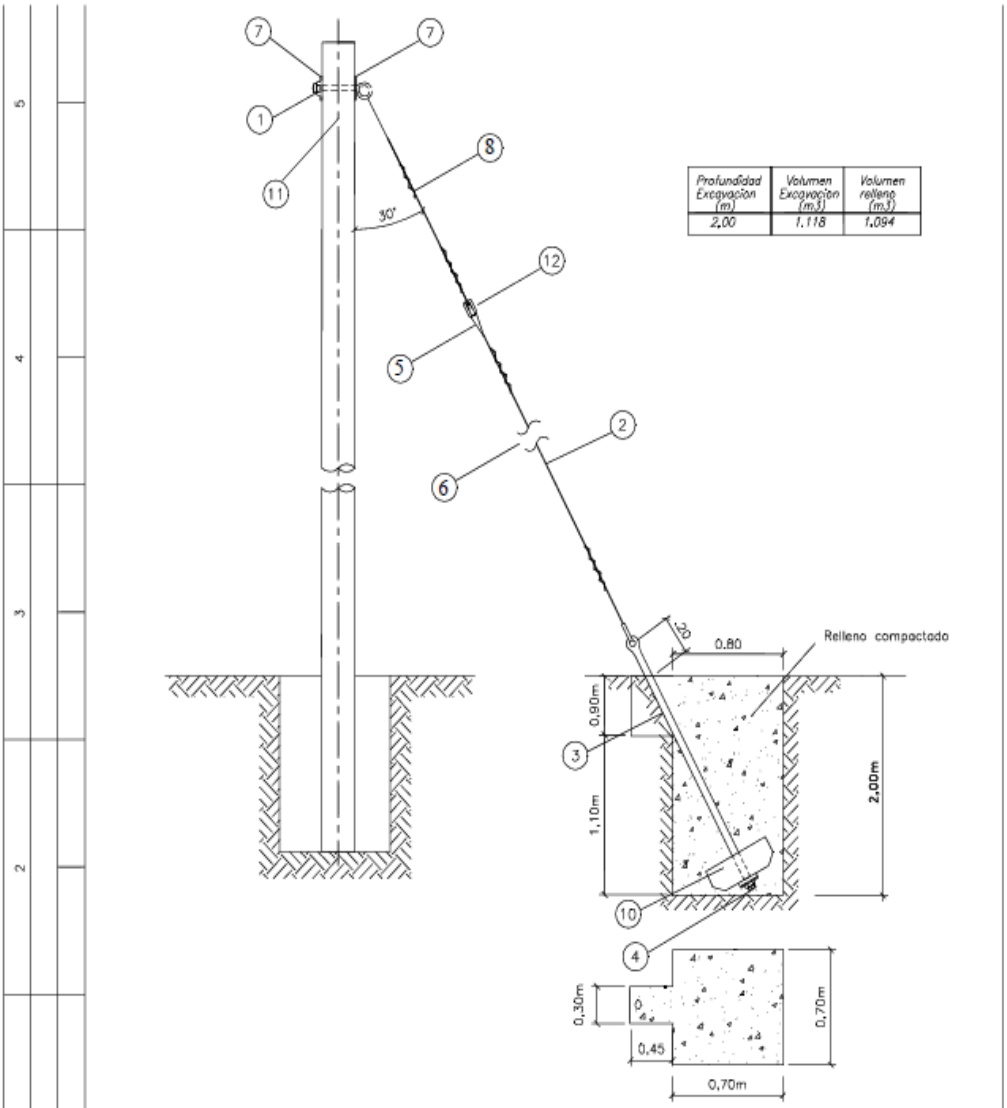
CODIGO	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
	4	Conductor bimetalico, para Al 25 mm²/cu 25 mm², neutro desnudo tipo cuña	1
	3	Conductor de puesta a tierra de cobre recocido, cableado de 25 mm², 7 hilos	10m
	2	Conector de bronce para electrodo de 16mm y conductor de 25 mm²	1
	1	Electrodo de acero recubierto con cobre de 16mmx2400mm de longitud	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Diseño:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PUBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE; DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	Distrito: Querocotillo Provincia: Cutervo Departamento: Cajamarca
Reviso:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		
Dibujo:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ		
Fecha:	ENERO 2025	BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	Lamina: 10

REDES SECUNDARIAS

PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

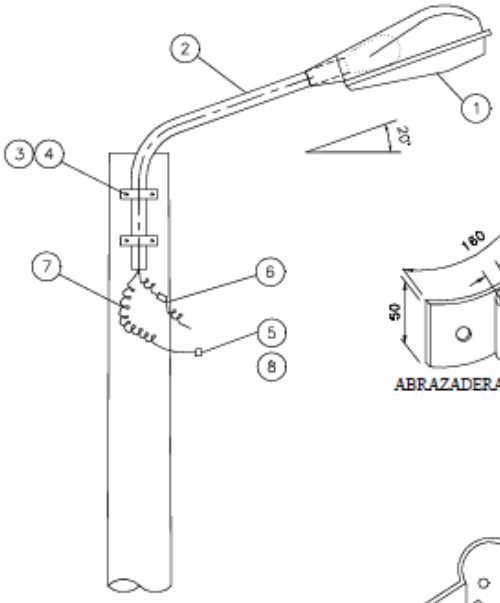


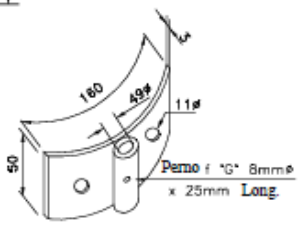
Profundidad Excavacion (m)	Volumen Excavacion (m3)	Volumen relleno (m3)
2.00	1.118	1.094

ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
12	AISLADOR DE TRACCION, ANSI 54-2	1
11	Conductor de puesta a tierra de cobre recocido, cableado de 25 mm² , 7 hilos	1m
10	Conector bimetalico forrado para al 25 mm² y cobre de 16 mm² tipo cuña	1
9	Bloque de concreto armado de 0,40x0,40x0,15m	1
8	Alambre de acero N°12 para entorchado	3m
7	Arandela cuadrado curva de 57x57x5mm, agujero de 18mmø	2
6	Conector doble via bimetalico para cable de acero de 10mmø y cobre de 16 mm²	1
5	Mordaza preformada de acero para cable de 10mmø	4
4	Arandela de anclaje de acero de 102x102x5mm con agujero central de 18mmø	1
3	Varilla de anclaje de acero, de 16mmø x2400mm de long. Provisto de ojal-guardacabo en un extremo, tuerca y contratuerca en el otro	1
2	Cable de acero tipo siemens martin de 10mmø, 7 hilos	8m
1	Perno angular con ojal-guardacabo de 16mmø, long. Segun requerimiento, con tuerca y contrat.	1

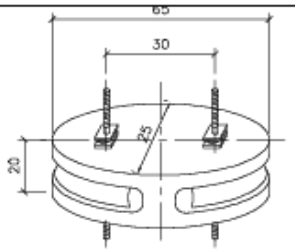
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

DISEÑO:	TESIS :DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA ELMALUMBRADO PUBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHUE,DISTRITO DE QUEROCOTILLO-CAJAMARCA	DISTRITO:QUEROCOTILLO
REVISO:	ING.LENIN FRANCISCO LEITH NUÑEZ PINTADO	PROVINCIA:CUTERVO
DIBUJO:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
FECHA:	03/06/2025	LAMINA: 11
	RETENIDA INCLINADA	

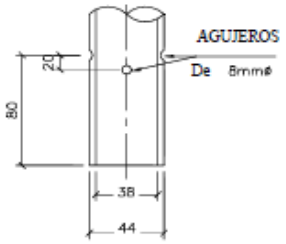




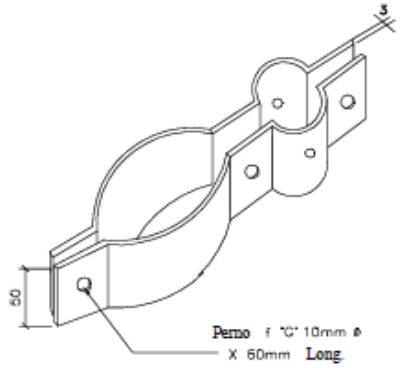
ABRAZADERA SIMPLE PARA POSTES DE MADERA



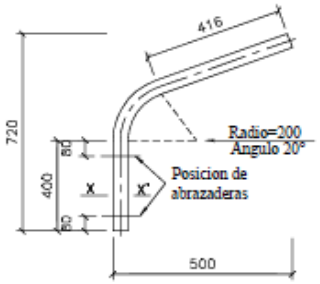
PORTAFUSIBLE AEREO UNIPOLAR



CORTE X–X'



ABRAZADERA SIMPLE PARA POSTE CAC





ALTERNATIVAS DE UBICACION DE PASTORALES EN POSTES DE MADERA

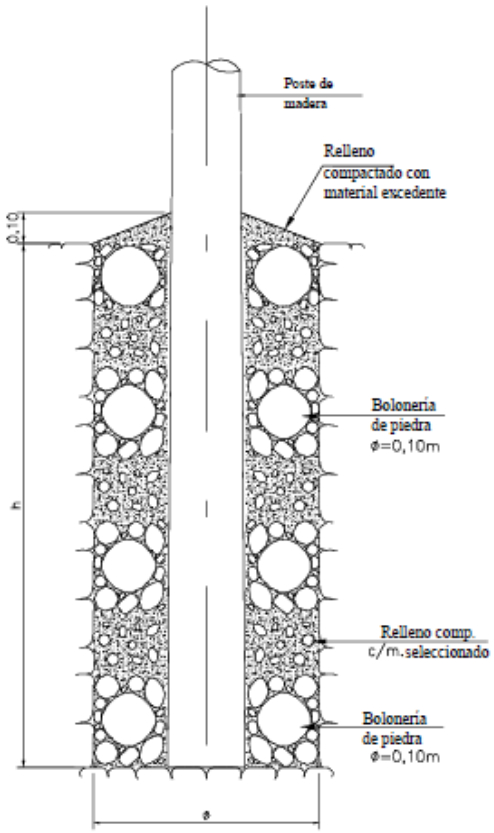


ALTERNATIVA DE UBICACIÓN DE PASTORALES EN POSTES DE CONCRETO

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT. P. MAD.	CANT. P. CONC.
	8	Conector bimetálico para Al 25mm²/cu 4-10 mm², neutro desnudo, tipo cuña	1	1
	7	Conductor de cobre recocido , tipo N2xy, bipolar, 2x2,5mm²	1,5m	1,5
	6	Portafusible unipolar 220 V, 5A, provisto con fusible de 1A	1	1
	5	Conector bimetálico forrado para Al 25mm²/cu 4-10mm².para fase aislada, tipo perforacion	1	1
	4	Tirafon de A°G° 10 mmx100mm longitud	4	–
	3	Abrazadera de A°G° para fijacion de pastoral en poste de concreto o poste de madera	2	2
	2	Pastoral de tubo de A°G° 38mm int., 500 mm de avance horizontal, 720 mm altura	1	1
	1	Luminaria con lampara de vapor de sodio de 50w	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Diseño:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PUBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE; DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	Distrito:Querocotillo
Revisó:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		Provincia:Cutervo
Dibujo:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ		Departamento:Cajamarca
Fecha:	ENERO 2025	BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	Lamina: 12
		DISTRIBUCION SECUNDARIA PASTORAL Y ACCESORIOS PARA ALUMBRADO PUBLICO	



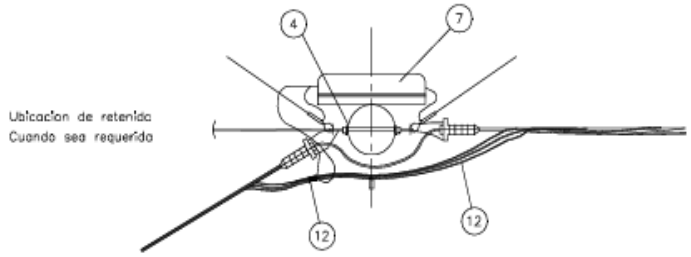
CIMENTACION PARA POSTE DE 8m

Tipo terreno	Poste	Profundidad Excavacion	Diametro Excavacion (m)	Volumen Excavacion (m3)	Volumen Relleno (m3)
Normal	Concreto 8 m	1.40	0.70	0.54	0.48
Roca		1.20	0.70	0.46	0.41
Normal	Madera 8 m	1.40	0.70	0.54	0.50
Roca		1.20	0.70	0.46	0.42

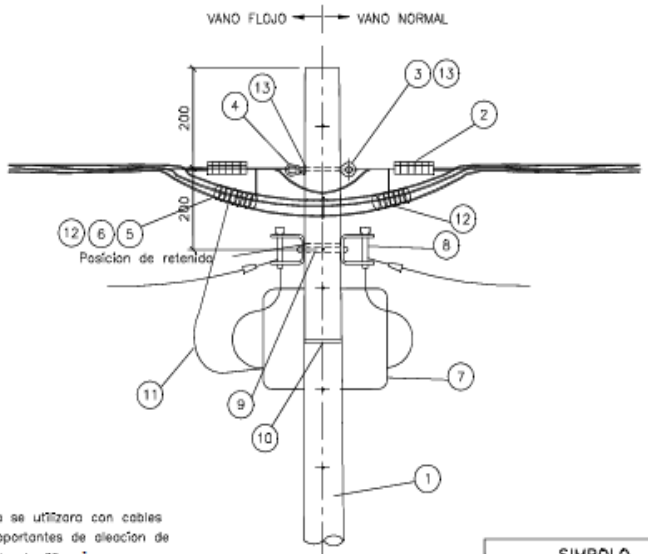
CLASIFICACION GEOTECNICA	
Suelo Tipo	CARACTERISTICAS
NORMAL	Terrenos conformados por arcillas superficiales con material granular de media compactación, rocas descompuestas de consistencia media, gravas sueltas, arena arcillosa o limosas, limos de consistencia media a firme , poseen plasticidad que van baja a alta
ROCA	Terrenos conformados por afloramientos de rocas igneas, sedimentarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

Diseño:		TESIS: DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES Y UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PUBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE; DISTRITO DE QUEROCOTILLO - CAJAMARCA	Distrito:Querocotillo
Reviso:	ING. LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		Provincia:Cutervo
Dibujo:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ.		Departamento:Cajamarca
Fecha: ENERO 2025	BACH.CRISTHIAN BRANNY ROJAS DELGADO	REDES SECUNDARIAS	Lamina: 13
		DETALLE DE CIMENTACION DE ESTRUCTURA DE CONCRETO CAC S/200daN	



PLANTA



ELEVACION

* NOTA :

- La estructura se utilizara con cables aislados autoportantes de aleacion de aluminio hasta de 35 mm²

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT. E4	CANT. E4/S
	13	Arandela cuadrada curva de 57x57 mm agujero de 18mmø	2	2
	12	Correa plastica de amarre color negro	5	5
	11	Conductor de cu recocido, tipo N2xy, bipolar, tripolar o tetrapolar 10 mm² , C. Negro	1,2	0
	10	Fleje de acero inoxidable de 19 mm de ancho, provisto de hebilla	1m	0
	9	Pernos de A°G° de 13 mmø, provisto de tuerca y contratuerca. Log. Segun requerimiento	1	s.req.
	8	Portalinea unipolar de A°G°, provisto de pin de 10 mmø	2	s.req.
	7	Caja de derivacion para acometidas domiciliarias sistema 380/220 V, 440 – 220 V o 220 V	1	0
	6	Conector bimetalico, para Al 25 mm² /cu 4–10 mm², neutro aislado, tipo cuña	1	0
	5	Conector bimetalico aislado, para Al 25 mm² /cu 4–10 mm², fase aislada, tipo perforacion	s.req.	0
	4	Tuerca–ojal de A°G° para perno de 16mmø	1	1
	3	Perno con ojal, de A°G° de 16mmø, provisto de tuerca y contr. Long, Segun requerimiento	1	1
	2	Grapa de anclaje conica de aleacion de aluminio	2	2
	1	Poste de madera o concreta	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

DISEÑO:		TESIS:DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CASERIO DE SAGASMACHE, DISTRITO DE QUEROCOTILLO- CAJAMARCA.	DISTRITO:QUEROCOTILLO
REVISO:	ING.LENIN FRANCHESCOLETH NUÑEZ PINTADO		PROVINCIA:CUTERVO DEPARTAMENTO:CAJAMARCA
DIBUJO:	BACH.JUAN JOSE VARGAS PEREZ BACH.CRISTHIAN ROJAS DELGADO		LAMINA: 14
FECHA: ENERO 2025			