

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



**Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al
Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca**

PRESENTADO POR:

DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS

JENRY DELGADO TANTALEÁN

ASESOR: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Jaén – Perú

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la Sala de Docentes del Local Académico de la sede Central de la Universidad Nacional de Jaén ubicado en el distrito de Jaén de la provincia de Jaén, siendo las 15:40 del día 19 de Junio del año **2019**, se reunieron los docentes: **Mg. Doris de la Caridad Vasconcellos Vilató (Presidente)**, **M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez (Secretario)**, **M. Sc. Leonardo Damián Sandoval (Vocal)**, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final del Trabajo de Tesis intitulado: **“Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén - Cajamarca”**, cuyos autores son los Bachilleres en Ingeniería Mecánica y Eléctrica **Dimar Yoel Pérez Campos y Jenry Delgado Tantaleán** y Asesor Ing. **Eduar Jamis Mejía Vásquez**, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la Tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ:** Aprobar por Unanimidad a los Bachilleres de Ingeniería Mecánica y Eléctrica **Dimar Yoel Pérez Campos y Jenry Delgado Tantaleán**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota en escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
<u>18</u>	<u>Dieciocho</u>	<u>Excelente</u>

En señal de conformidad, se procede a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Presidente Jurado Evaluador

Secretario Jurado Evaluador

Vocal Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mi amado y querido padre Domingo Pérez Lozano que, con su amor, cariño, perseverancia, que es la base de todos mis objetivos y metas a cumplir.

Dimar Yoel Pérez Campos

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mis padres Ranulfo Delgado Goicochea y Gloria Gotty Tantaleán
Regalado que, con su amor, cariño, respeto, perseverancia, que son la base de todos mis
objetivos y metas a cumplir.

Jenry Delgado Tantaleán

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar siempre nuestros caminos hacia el bienestar y éxitos en nuestras vidas, a nuestras familias por estar siempre a nuestro lado y apoyarnos día a día.

A la Universidad Nacional de Jaén, a todas las personas que hicieron posible la creación de nuestra alma mater.

A la carrera profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, a cada uno de nuestros docentes por sus enseñanzas, conocimientos compartidos en las aulas para así poder afrontar el futuro tanto en lo profesional, así como en lo humano.

Al Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, asesor de especialidad de nuestra investigación, por sus enseñanzas, consejos, conocimientos que han logrado la presente investigación.

A los pobladores del caserío Jaway, que nos recibieron con un gran cariño y aprecio, siempre les tendremos una consideración muy especial.

RESUMEN

La energía solar hoy en la actualidad es una de las energías renovables más limpias de producción de energía eléctrica y es uno de los sistemas de generación eléctrica más simples, especialmente en lugares más alejados donde no puede llegar la energía convencional. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general diseñar un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca, se usó este tipo de energía renovable con el fin de disminuir la contaminación ambiental que la energía convencional produce, el tipo de investigación fue aplicada, con un diseño de investigación campo y gabinete (no experimental). Para la evaluación de la radiación solar se utilizó datos de la NASA y el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos es de 15° , el consumo de energía promedio diario 45 278,10wh/día. El sistema fotovoltaico aislado está conformado por 80 Paneles policristalino Era Solar de 320 Wp de 24V, 40 baterías TFS U- Power 12 V, 5 reguladores MPPT- Victron de 100 A y 1 inversor Must Solar 5000VA MPPT. Para la distribución de redes secundarias 220 V, se utilizó conductor CAAI 2x16/25. La evaluación económica dando con un costo de ejecución del proyecto de S/. 155 846,447, recuperándose la inversión en 15 años además se dejará de emitir al medio ambiente un total de 7 102,73 kg de CO₂.

Palabras claves: Diseño, sistemas fotovoltaicos, energías renovables, aislados, suministro eléctrico.

ABSTRACT

Solar energy is one of the most clean source of renewable energy, and one of the simplest electrical generation systems today, especially in more distant places where it can not reach conventional energy. The present research work has as a general objective the photovoltaic system, the electrical supply in the Caserío Jaway, District and Jaén-Cajamarca Province, this type of renewable energy is used in order to reduce the environmental pollution that conventional energy produces, the type of research was applied, field and cabinet more experimental, within the line of research of renewable energies, after making the data from NASA and making the corresponding calculations. Angle of inclination of the photovoltaic panels of 15 °C, average daily energy consumption 45 278,10 wh/day. The asilated photovoltaic system consists of 80 polycrystalline panels Era Solar of 320 Wp of 24 V, 40 batteries TFS U- Power 12 V, 5 regulators MPPT- Victron of 100 A and 1 inverter Must Solar 5000 VA MPPT, finally, the economical evaluation was elaborated giving a cost of execution of the project of S/. 165,776.50, recovering the investment in 15 years. In addition, a total of 7 102.73 kg of CO₂ will stop emitting into the environment.

Keywords: Design, photovoltaic systems, renewable energies, isolated, power supply.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ANEXOS.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Problema fundamental.....	14
1.3. Formulación del problema.....	14
1.4. Alcance de la investigación.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo general.....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	15
1.6. Hipótesis.....	15
1.7. Justificación.....	15
1.7.1. Justificación social.....	15
1.7.2. Justificación económica.....	15
1.7.3. Justificación ambiental.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1. Antecedentes históricos de la investigación.....	16
2.1.1. Internacional.....	16
2.1.2. Nacional.....	167
2.1.3. Local.....	18
2.2. Marco teórico.....	18
2.2.1. Energía solar.....	18
2.2.2. Estudio de la radiación.....	19
2.2.3. Condiciones de instalación de paneles fotovoltaicos.....	20
2.2.4. Componentes del sistema fotovoltaico.....	22
2.2.5. Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Tipo y diseño de investigación empleada.....	29
3.2. Materiales.....	29

3.2.1.	Excel	29
3.2.2.	S10	29
3.2.3.	National aeronautics and space administration	29
3.2.4.	Redcad	29
3.2.5.	Software autodesk autocad	30
3.3.	Metodología	30
3.3.1.	Ubicación geográfica	30
3.3.2.	Radiación solar disponible.....	32
3.3.3.	Angulo óptimo de inclinación	32
3.3.4.	Cálculo de la demanda de energía.	34
3.3.5.	Calificación eléctrica	35
3.3.6.	Alumbrado de vías públicas	36
3.3.7.	Calculo de la demanda eléctrica del caserío jaway	38
3.3.8.	Cálculo del consumo medio diario	40
3.3.9.	Carga corregida.....	41
3.3.10.	Corriente del proyecto	41
3.3.11.	Cálculo del generador fotovoltaico.....	42
3.3.12.	Cálculo del sistema de baterías	44
3.3.13.	Cálculo del regulador de carga	47
3.3.14.	Cálculo del inversor DC/AC.....	50
3.3.15.	Dimensionamiento de los conductores	52
3.3.16.	Protección contra sobrecorrientes	54
3.3.17.	Diseño del sistema de distribución eléctrica con conductor autoportante .	56
3.3.18.	Estimación de la cantidad de CO ₂ que dejara de emitirse al medio ambiente	65
3.3.19.	Presupuesto referencial	66
3.3.20.	Evaluación económica	67
3.3.21.	Soporte metálico para paneles fotovoltaicos	70
3.3.21.	Soporte para conductores autoportantes	70
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
V.	CONCLUSIONES	74
VI.	RECOMENDACIONES	75
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
VIII.	ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Radiación promedio mensual en el caserío Jaway (kWh/m ² /día)	32
Tabla 2 Radiación promedio mensual para un ángulo de 15° en el caserío Jaway (kWh/m ² /día)	33
Tabla 3 Calificación eléctrica de cargas especiales	35
Tabla 4 Demanda eléctrica por alumbrado público	37
Tabla 5 Demanda eléctrica total del caserío Jaway	39
Tabla 6 Corriente del proyecto para un ángulo de 15° del caserío de Jaway	42
Tabla 7 Alturas mínimas sobre la superficie del terreno	57
Tabla 8 Resistencia Eléctrica del conductor autoportante CAAI 2x16/25	58
Tabla 9 Reactancia Inductiva de conductor autoportante CAAI 2x16/25	59
Tabla 10 Parámetros y factores de caída de tensión de los cables autoportantes	61
Tabla 11 Calculo de caída de tensión para servicio particular	62
Tabla 12 Calculo de caída de tensión para alumbrado publico	63
Tabla 13 Resumen del presupuesto de la planta fotovoltaica	66
Tabla 14 Resumen del presupuesto de redes secundarias en 220 V	66
Tabla 15 Presupuesto referencial diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, distrito y provincia Jaén-Cajamarca.	67
Tabla 16 Resultados del diseño de generadores fotovoltaicos.	71
Tabla 17 Resultados del diseño del banco de baterías	72
Tabla 18 Resultados del diseño del controlador de carga.	72
Tabla 19 Resultados del diseño del inversor.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Radiación Solar	19
Figura 2. Concepto de horas sol pico (HSP)	20
Figura 3. Inclinación de los paneles fotovoltaicos	21
Figura 4. Panel Solar Monocristalino	23
Figura 5. Acumuladores asociados en serie y paralelo.....	24
Figura 6. Regulador de carga solar	26
Figura 7. Sistema híbrido	28
Figura 8. Ubicación Geográfica del caserío de Jaway	31
Figura 9. Comportamiento de la radiación solar para un ángulo de 15°	34
Figura 10. Plano catastral del caserío Jaway	36
Figura 11. Diagrama cargas viviendas domiciliarias.....	60
Figura 12. diagrama de cargas para alumbrado publico	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Metrado y presupuesto.....	80
ANEXO 2. Especificaciones técnicas de los equipos del sistema fotovoltaico aislado	82
ANEXO 3. Láminas de detalle de la red secundaria 220 V	88
ANEXO 4. Ficha técnica del conductor	98

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, el uso de los combustibles fósiles ha incrementado significativamente la emisión de gases que generan el denominado efecto invernadero (Cendales y Jiménez, 2010), uno de los factores más significativos que impulsan a buscar nuevas alternativas de energía, es la falta de implementación de proyectos por parte del estado en las zonas alejadas a las ciudades principales de algunas regiones del Perú y también la necesidad de disminuir los daños y la contaminación del medio ambiente (Díaz, 2018).

Una de las fuentes renovables más importante es la solar. Las radiaciones directa y difusa que llegan a la tierra pueden generar a través de la tecnología solar fotovoltaica, la energía eléctrica necesaria para poder reemplazar en buena parte otras fuentes no renovables, La existencia de zonas con niveles de radiación solar significativos en países latinoamericanos permite considerar la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica a partir de esta fuente renovable (Salas, Gómez, Vanegas, Valencia, y Villicaña, 2018).

El problema principal que abordaremos en este trabajo es el dimensionamiento y selección de un sistema fotovoltaico para alimentar de energía eléctrica al Caserío Jaway en la Provincia de Jaén Departamento de Cajamarca.

La idea del uso de un sistema fotovoltaico, es el aprovechamiento de una energía totalmente limpia, Este trabajo está encaminado al diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca, aprovechando el recurso solar de la zona, el mismo que servirá de apoyo para trabajos de investigación futuros.

1.1. Realidad problemática

La zona de proyecto de investigación es una zona dedicada a la crianza de mamíferos cuadrúpedos (ovejas, cabritos). Para que sus estiércoles puedan ser utilizados como biomasa para la generación de biogás se requiere de grandes cantidades de residuos de animales, por lo general heces de ganado vacuno, de las cuales se carece, ya que por sí solos no pueden desarrollar las reacciones bioquímicas necesarias.

El área geográfica del presente estudio de investigación es en el Caserío Jaway, ubicado en el Distrito y Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas UTM son Este: 745902.99 y Norte: 9353386.93. Posee características meteorológicas óptimas para el aprovechamiento de la energía solar. El Caserío Jaway cuenta con valores de irradiación solar entre 3,14 y 4,31 kWh/m².

1.2. Problema fundamental

En el Caserío Jaway, provincia de Jaén-Cajamarca, el problema fundamental es la falta de energía eléctrica, lo que impide su desarrollo socio-económico. Es en esta realidad que surge la oportunidad de aprovechar el potencial solar existente en la zona de estudio para generar energía eléctrica y abastecer a las viviendas rurales, las cuales se encuentran alejadas de las redes eléctricas, por lo que actualmente utilizan velas para su iluminación y leña para la cocción de sus alimentos.

1.3. Formulación del problema

¿La radiación solar será suficiente para abastecer la máxima demanda de energía eléctrica en el diseño del sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca?

1.4. Alcance de la investigación

El alcance del estudio de investigación del recurso solar (irradiación solar) del Caserío Jaway es con fines energéticos y aprovechamiento mediante un sistema de generación de electricidad fotovoltaica, del cual se debe dimensionar la configuración más eficiente y económica. Se incluye, además, un análisis económico para comparar esta tecnología con la energía convencional en términos de costos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el recurso solar en el Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén – Cajamarca.
- Determinar la demanda de energía eléctrica del Caserío Jaway.
- Dimensionar los componentes del sistema fotovoltaico aislado para el Caserío Jaway.
- Evaluar técnica y económicamente el proyecto de diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway.

1.6. Hipótesis

La radiación solar y la demanda eléctrica, influyen en el diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca.

1.7. Justificación

1.7.1. Justificación social

La disponibilidad de energía eléctrica abre muchas puertas al desarrollo y a la mejora de la calidad de vida de las personas. Con un recurso energético confiable, continuo y que no cueste mucho, se puede ejecutar una gran cantidad de actividades cotidianas que son trascendentales.

1.7.2. Justificación económica

Al aprovechar la energía solar, se puede contar con energía gratis durante unos años, teniendo en cuenta que el proyecto tiene un tiempo de retorno de la inversión de 5 a 6 años, según las diferentes empresas y fabricantes del rubro.

1.7.3. Justificación ambiental

La generación de energía eléctrica teniendo como fuentes la energía solar implica que se elimina la dependencia de los combustibles fósiles y, por lo tanto, la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Escobedo, 2018).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes históricos de la investigación

2.1.1. Internacional

Pérez (2009) en su trabajo de investigación “análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos”, desarrollo como objetivo general determinar la conveniencia de la utilización de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo, utilizando paneles fotovoltaicos. El resultado de su investigación fue que el uso de fuentes de energías alternativas, son medidas que permiten aliviar el uso de las energías convencionales, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, consiguiendo, además, disminuir los niveles de consumo de energía y contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles.

Dimter (2010), propone la solución de abastecimiento eléctrico a través de paneles fotovoltaicos para una vivienda en la ciudad de Valdivia, como objetivo general desarrollar el proyecto de una vivienda unifamiliar completo aplicando la energía solar fotovoltaica para cubrir las necesidades de energía eléctrica de los habitantes. La investigación concluyó que se realizó satisfactoriamente con todos los elementos propuestos, energía fotovoltaica, eficiencia eléctrica y una propuesta de ahorro de energía planteado por el Programa Chile Sustentable.

Bárcena (2014) presenta el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable, se propuso como objetivo estudiar la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos. La investigación concluyó que el cálculo de la inversión inicial muestra que existe una diferencia económica significativa entre sistemas con y sin baterías, en el sistema con baterías nos da un mayor tiempo de recuperación y por otro lado el sistema sin baterías se obtuvo un tiempo óptimo de recuperación dentro de su vida útil, dando como resultado para nuestro caso de estudio que este sistema si es factible para su instalación.

2.1.2. Nacional

Clemente (2014) propone la optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas, como objetivo optimizar el sistema solar fotovoltaico para generar energía eléctrica en viviendas aisladas. Su investigación concluyó que en viviendas altoandinas de las localidades de Yanacancha y San José de Quera, la radiación solar es casi continúa permaneciendo unos 5.8 a 5.9 horas picos al día y en consecuencia la radiación es 5,902 kWh/m²/día, cantidad suficiente para la generación de energía eléctrica.

Valdiviezo (2014) en su trabajo de investigación “diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP” como objetivo aprovechar de la mejor manera posible la energía proveniente del sol, almacenarla para su posterior uso. Su investigación concluyó que los resultados económicos muestran que si no se toman en cuenta incentivos económicos gubernamentales o institucionales por generación de energía limpia, el proyecto no será rentable económicamente.

Valdiviezo (2014) presenta el diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo R4 en la ciudad de trujillo-2016” tiene como objetivo diseñar un sistema de abastecimiento alternativo de energía eléctrica para atender parte del consumo de una vivienda tipo R4. Su investigación concluyó con la identificación del consumo energético de la residencia tipo R4, cubriendo las exigencias que el dimensionamiento lo requería evaluando la funcionalidad.

Sanchez (2017) propone el diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del estable Gesa - Lambayeque, 2016, como objetivo diseñar un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica si es adecuado para mejorar la productividad del equipo de bombeo agrícola del Establo GESA-Lambayeque 2016. Su investigación concluyó que existen otras alternativas no convencionales para la obtención de energía eléctrica, sin embargo, se logró bajo este contexto diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para el Establo GESA, el cual será beneficiario con el funcionamiento de electrobombas para su producción.

Megia (2018) en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica” propone como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. Su investigación concluyó que, el nivel de radiación solar promedio mensual varía desde un mínimo de 3,88 kWh/m²/día en el mes de febrero, septiembre para un ángulo óptimo de inclinación de 5°, Se estimó que la carga eléctrica total conectada al Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica, que resulto 2944 W, con un consumo de energía eléctrica teórico de 21168 kWh/semana y 7056 Wh/día.

2.1.3. Local

Rufasto (2019) presenta un diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén, como objetivo general diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén. Su investigación concluyó que luego de la evaluación solar se determinó que la radiación solar en el mes más desfavorable para un ángulo de 5° es de 3,88 Kwh/m²/día y Se determinó que el consumo energético instalada en la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén fue de 7 360 W, con un consumo de energía de 59,52 Kwh/día.

Se han realizado algunos trabajos de levantamiento de información para la evaluación del potencial energético solar. En cuanto al potencial solar, en gran parte de la sierra la radiación solar está entre 5,5 y 6 kWh/m² (SENAMHI; Ministerio de Energía y Minas, 2003).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Energía solar

La energía solar directa es la energía proveniente del sol sin transformar, que calienta e ilumina. Se requiere de equipos de captación y de almacenamiento para aprovechar la radiación del sol en diferentes formas. (Muñiz, 2007), La energía solar se presenta como una alternativa eficiente y económica, en comparación con otras formas tradicionales, para la generación de energía eléctrica (Bonzon y Escalona, 2015).

En las últimas décadas, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, especialmente en lugares con buena radiación (Sebastián, 2017), Entre las fuentes de energías renovables, la energía solar es la más importante, debido a su abundancia y sostenibilidad. Independientemente de la intermitencia de la luz solar, la energía solar está ampliamente disponible y completamente libre de costo (Arreola, Quevedo, Castro, Bravo, y Reyes, 2015).

2.2.2. Estudio de la radiación

La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera (Salazar, 2017).

- **Radiación directa:** Es la radiación que llega directamente del sol, sin que ocurra alguna perturbación al pasar por la atmósfera.
- **Radiación difusa:** Es la radiación solar que, debido a la reflexión y difusión en la atmósfera, su dirección sí varía.
- **Albedo (reflejada):** Radiación tanto directa como difusa que es reflejada por el suelo u otros cuerpos cercanos.

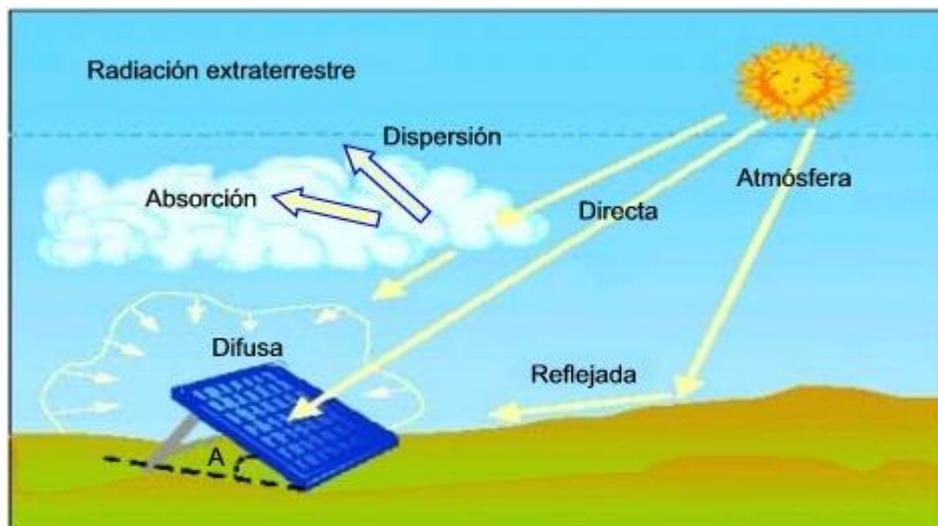


Figura 1. Tipos de Radiación Solar
Fuente. Elaboración Propia

a) Horas de sol pico (hsp)

Las horas de sol pico es el número de horas por día cuando la insolación arroja los 1000 Watt en un área de (01) un m^2 en un día. Se puede notar que cuando la Irradiancia se expresa en Kwh/m^2 es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la figura (Senmaches, 2018).

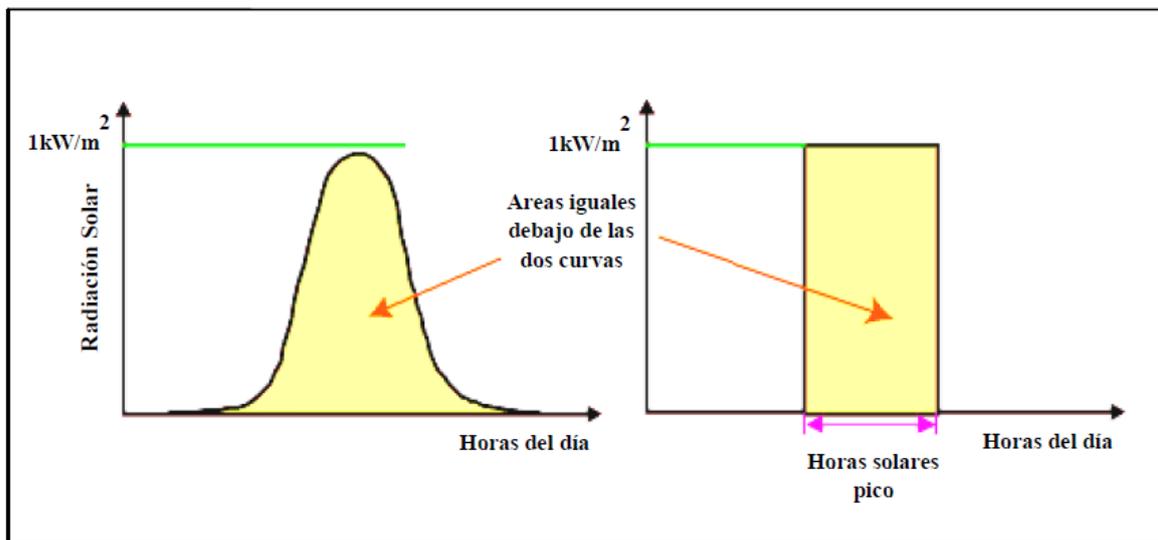


Figura 2. Concepto de horas sol pico (HSP)
Fuente. Mejia (2018)

2.2.3. Condiciones de instalación de paneles fotovoltaicos

La instalación de los paneles fotovoltaicos, es definido por la orientación e inclinación, estos son definitivos para obtener su máximo rendimiento.

a) Orientación e inclinación

Para que un módulo solar fotovoltaico capte la máxima energía se orientara perpendicularmente al sol, pero visto desde la tierra el sol no está quieto, ya que varía según el horario, una solución sería desarrollar un instrumento que fuera capaz de hacer que el modulo solar siguiera al sol, esto ya se efectúa en instalaciones con aprovechamiento solar máximo (Tobajas, 2011).

Angulo de inclinación (β): es el ángulo que forma la superficie del panel fotovoltaico con el plano horizontal. Su valor es 0° si el módulo se coloca horizontal y 90° si se coloca el panel en forma vertical

Angulo acimut (α): Es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección sur. Sus valores son: 0° si coincide con la orientación Sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el Este su valor es -90° y si coincide con el oeste su valor es 90° .

Cabe señalar que en cualquier caso es más recomendable una inclinación mayor de 10° , para que el agua de la lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel además de la no retención de polvo. Los módulos deben estar inclinados en la dirección correcta, esto significa que algunas veces has circunstancias locales que impiden la correcta colocación de los módulos (Senmaches, 2018).

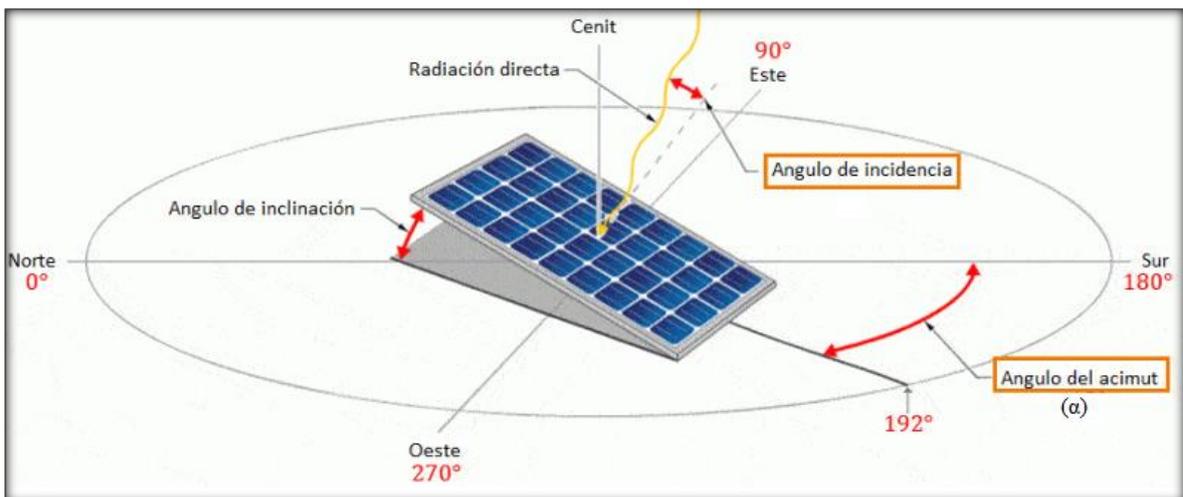


Figura 3. Inclinación de los paneles fotovoltaicos
Fuente. Elaboración propia

b) Principales ventajas

Hay potencialmente una cantidad ilimitada de energía solar que lista a ser aprovechada y, además, es renovable. Esto significa que es factible disminuir la dependencia de combustibles fósiles, siempre y cuando se aproveche cada vez más la energía solar. Con el continuo crecimiento de la demanda de fuentes de energía convencionales, cuyos costos también se elevan, la energía solar es cada vez más prioritario (Banyeras, 2004).

c) Potencial de la energía solar en el Perú

A nivel anual, la zona de mayor potencial de energía solar del territorio peruano se encuentra principalmente en la costa sur (16° a 18° S), donde se dispone de 6,0 a 6,5 kW h/m². Otras zonas en las que se registra alta disponibilidad de energía solar diaria, entre 5,5 a 6,0 kW h/m² son la costa norte (3 a 8° S) y gran parte de la sierra sobre los 2 500 msnm, siendo en orden de importancia en cuanto a su extensión superficial: la sierra sur, la sierra central y la sierra norte (Pereyra, 2011).

2.2.4. Componentes del sistema fotovoltaico

a) Generador fotovoltaico

Un generador fotovoltaico es un conjunto de equipos que tienen como objetivo convertir la energía solar en energía eléctrica. Tiene como base a la celda o célula fotovoltaica.

Una celda fotovoltaica es el componente sobre el cual incide la energía contenida en la radiación solar y la convierte en electricidad, de acuerdo al fenómeno fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz alcanza algunos materiales (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Fondo para el Medio Ambiente Mundial, 2002).

Las capacidades eléctricas de una sola célula no llegan a cubrir las demandas convencionales de energía. Por esta razón, es necesario conectar varias células en serie y paralelo para entregar tensión y corriente de mayor escala. Un módulo o panel fotovoltaico es una agrupación de células a las que protege físicamente de la intemperie y aísla eléctricamente del exterior, dando rigidez mecánica al conjunto (Perpiñán, 2015).



Figura 4. Panel Solar Monocristalino
Fuente. Panel Solar Perú (2018)

Las células fotovoltaicas que se fabrican con materiales semiconductores son el componente básico de un sistema fotovoltaico. Un número de células solares conectadas eléctricamente entre sí forman un módulo fotovoltaico (Sebastián, 2017).

Además, existen otras cuatro características técnicas a tener en cuenta en la selección de un panel solar:

- Tensión en circuito abierto (V_{oc}): Es el voltaje que puede medirse entre los cables del panel solar estando expuesto al sol y desconectado del resto de la instalación.
- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): Es la corriente eléctrica que se mide a lo largo de los cables del panel solar si se conecta en cortocircuito.
- Tensión a máxima potencia (V_{mp}): Es el voltaje entregado cuando se establece la máxima potencia del panel solar.
- Corriente a máxima potencia (I_{mp}): Es la corriente eléctrica entregada cuando se establece la máxima potencia del panel solar.

b) Sistema de baterías

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos son un sistema de almacenamiento de energía que permite la operación de las cargas cuando el generador fotovoltaico no puede generar la potencia necesaria para suministrar el consumo por sí mismo. Las baterías también tienen funciones alternas como la de estabilizar el voltaje o corriente y proveer picos de corriente en arranques de equipos. Normalmente los acumuladores se emplean en la mayoría de sistemas fotovoltaicos autónomos, sin embargo, en sistemas de bombeo de agua o en sistemas conectados a la red eléctricos, no son requeridos (Abella, 2005).

La batería en un sistema de iluminación fotovoltaico se descarga durante la noche y se carga en las horas del día, puesto que es un elemento que se va cargando y descargando cíclicamente (Abella, 2005). Cuando hay demanda de consumo, la electricidad es directamente brindada por el sistema de baterías y no por los paneles (Casallo, 2011).

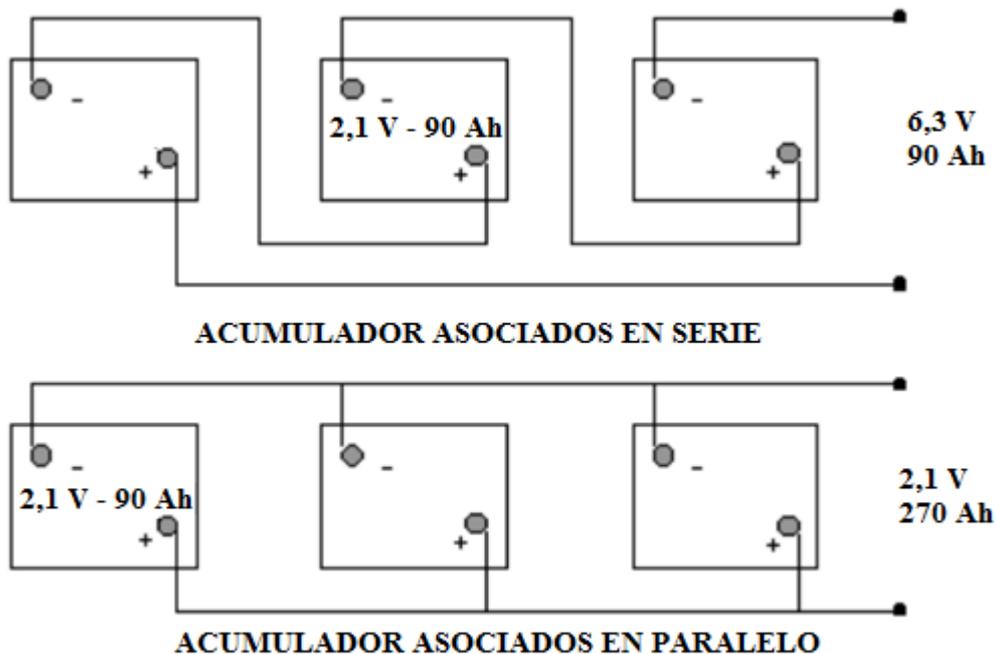


Figura 5. Acumuladores asociados en serie y paralelo
Fuente. Elaboración propia

La mayoría de las baterías que se comercializan actualmente son de Plomo-ácido (Pb-a), esto debido a la alta adaptación en sistema fotovoltaico que poseen, siempre y cuando se permita llevar a cabo un adecuado mantenimiento. Las baterías habituales en el mercado también

son la de Níquel-Cadmio, estas son empleadas cuando el valor económico en aplicaciones profesionales no es un parámetro definitivo (Abella, 2005). Se debe tener especial cuidado con el dimensionamiento de las baterías, ya que si se sub-dimensiona, los ciclos de vida se pueden reducir drásticamente. Debido a una profundidad de descarga mayor a la máxima (Valdiviezo, 2014).

En la actualidad existen baterías de electrolito gelificado que no precisan de reposición de agua o no necesitan un mantenimiento. Por el contrario, hay baterías que se les debe supervisar el nivel de agua del electrolito, esté nivel debe de estar dentro de los límites establecidos, y en caso de una reposición, se emplea agua destilada o desmineralizada. La medida de la densidad del electrolito da la ventaja de prever posibles fallas (Casallo, 2011).

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica, sus principales funciones, almacenar energía durante un determinado número de días, proporcionar una potencia instantánea elevada y fijar la tensión de trabajo de la instalación. (Salazar, 2017)

c) Regulador de carga

Es un dispositivo encargado de controlar la carga del sistema de baterías, previniendo sobrecargas o descargas excedentes. El regulador de carga no necesita algún mantenimiento, pero si la necesidad de ser examinado para corroborar su correcto funcionamiento (Casallo, 2011). El principio de funcionamiento de un regulador de carga se basa en la desconexión del generador fotovoltaico, cuando la batería está siendo sobrecargada, y desconecta los consumos cuando halla que la batería está siendo sobredescargada (Abella, 2005).



Figura 6. Regulador de carga solar
Fuente. Mppt Solar (2010)

Según Abella (2005), los reguladores tienen como funciones principales lo siguiente:

- Suministrar funciones de control de la demanda eléctrica.
- Brindar información del sistema (corriente de la batería, voltaje, estado de carga, etc.) a los operarios o usuarios.
- Prevenir la sobredescarga y la sobrecarga de la batería.
- Servir como sistema de control para la conexión de generadores adicionales.

d) Inversor DC/AC

Los inversores u ondulares son equipos que convierten la corriente continua en alterna, debido a que la mayoría de electrodomésticos existentes en el mercado funcionan con este tipo de corriente. Al igual que el regulador de carga no necesita algún mantenimiento detallado, pero si se debe de corroborar su buen manejo (Casallo, 2011). El principio de funcionamiento de un inversor se basa en puentes de interruptores de semiconductores de potencia con un ciclo controlado de apertura y cierre generando ondas de pulsos variables (Abella, 2005).

La selección del modelo de inversor depende de parámetros como la potencia nominal (kW), frecuencia operacional (Hz), voltaje nominal de salida (V_{ef}) y el voltaje nominal de entrada (V) (Casallo, 2011). El rendimiento de un inversor depende del tipo de carga, ya sea capacitiva, resistivo o inductiva, su rendimiento no es constante, varía de acuerdo a la potencia generada (Abella, 2005).

2.2.5. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Se define como el sistema fotovoltaico el conjunto de componente mecánico, eléctrico y electrónico que concurren para captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica (Díaz, 2018). Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías: sistemas asilados o autónomos y sistemas conectados a la red.

a) Conectadas a la red eléctrica

Tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de energía eléctrica que es inyectada a la red. Estos sistemas se están utilizando sobre tejados en viviendas e industrias (integración en edificios), y para plantas de generación de energía (centrales fotovoltaicas). También existe otro tipo de aplicaciones en las cuales los módulos fotovoltaicos son utilizados como elementos constructivos en diversos entornos urbanos, tales como barreras anti sonido en autopistas y vías de tren, cubiertas de piscinas y aparcamientos, etc. (Díaz, 2018).

Son sistemas que aportan beneficios importantes a los sistemas de distribución eléctrica, dependiendo de las condiciones de trabajo y características de dicha red. Su mayor aplicación es en edificaciones rurales o viviendas, en las cuales son instaladas sobre sus techos. El inversor es el que lleva a cabo la conexión eléctrica del sistema fotovoltaico a la red. Los componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red son el arreglo fotovoltaico, equipo encargado de convertir la luz solar a electricidad, y un inversor DC/AC, encargado de adecuar la energía generada por el arreglo para la correcta conexión a la red según las características eléctricas de esta (González, Jiménez, y Lagunas, 2003).

b) Los sistemas fotovoltaicos aislados

En esta aplicación podemos encontrar en varias formas de uso entre las cuales tenemos, en telecomunicaciones, zonas rurales, señalización.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos no se ven obligados a emplea de un inversor, ya que los sistemas domésticos suelen incorporar cargas en corriente continua. Los elementos que

componen este tipo de sistemas son el generador, baterías y un regulador de carga y descarga. Sólo cuando la demanda posee cargas en corriente alterna se utiliza un inversor. El dimensionamiento de este tipo de sistemas depende de los tamaños del generador y el acumulador de energía (Perpiñán, 2015).

Hay dos tipos de uso para este tipo de sistemas, está el sistema aislado convencional que poseen una distancia aproximadamente de 500 metros a la red de distribución eléctrica y tienen una potencia entre 3 y 10 kW. Y también están las instalaciones de bombeos solares, empleados normalmente para el riego de cosechas, actividades ganaderas que implican abastecimiento de agua y suministro de agua potable. El sistema de instalaciones de bombeo solar tiene dos tipos; bombeo solar con acumulación y bombeo solar directo. La diferencia entre uno y otro es la presencia de baterías o acumuladores de energía (Phoenix, 2017).

c) Sistemas híbridos

Estas combinaciones se dan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía. La configuración de los sistemas híbridos puede ser variable, depende del tipo de equipos que se empleen para adaptar la potencia necesaria. Cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, y en general se utiliza la energía eólica o los grupos electrógenos (Díaz, 2018).

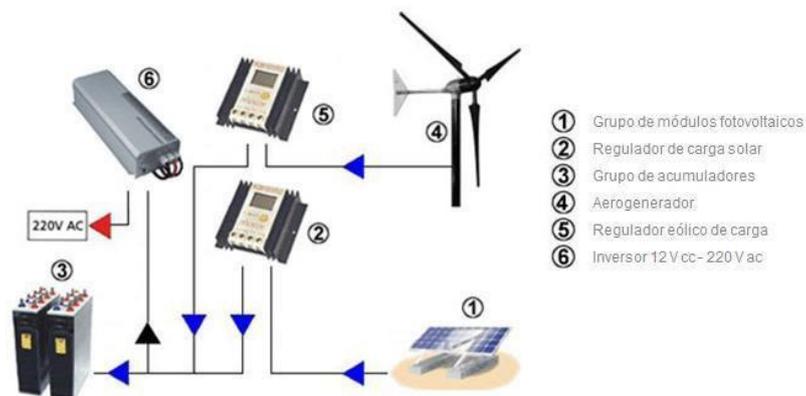


Figura 7. Sistema híbrido
Fuente. Díaz (2018)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y diseño de investigación empleada

Por la naturaleza de los objetivos planteados y la metodología propuesta y desarrollada, la investigación es del tipo aplicada con un nivel de investigación descriptivo y un diseño de investigación campo y gabinete (no experimental).

3.2. Materiales

3.2.1. Excel

Es un programa informático trata de un software que permite realizar hojas de cálculo, con listas, números y clasificaciones.

3.2.2. S10

El S10 es un programa que cuenta con una base de datos para elaborar metrados y presupuesto en base a costos unitarios, en este programa se calculó el presupuesto general de la investigación.

3.2.3. National aeronautics and space administration

Es la agencia del gobierno estadounidense responsable del programa espacial civil, así como de la investigación aeronáutica y aeroespacial, de esta agencia se obtuvo los datos históricos de radiación solar en el caserío Jaway.

3.2.4. Redcad

Es un software permite trabajar de forma conjunta las redes de media y baja tensión, en este software se dibuja, se diseña y se exporta las planillas de la distribución de redes secundarias en el caserío Jaway.

3.2.5. Software autodesk autocad

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo, en este software se realizó los acabados de los planos de redes secundarias y la distribución del sistema fotovoltaico aislado.

3.3. Metodología

Para el proyecto denominado “diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca”, los datos de radiación solar se obtuvieron de la National Aeronautics and Space Administration, luego mediante el programa Excel se interpoló los datos para obtener la radiación solar a un ángulo de 15° de inclinación, una vez obtenidos todos los datos necesarios, se dimensionó el sistema fotovoltaico aislado.

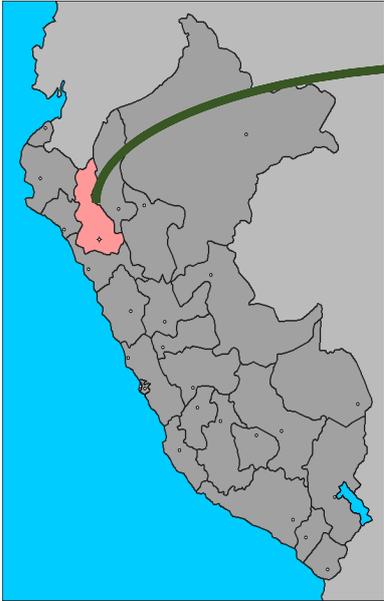
Se calculó la demanda eléctrica del caserío Jaway con la calificación eléctrica de acuerdo al DGE RD. N° 015-2004-EM/DGE, luego se calculó el número de luminarias para el alumbrado público, se dimensionó el generador fotovoltaico, se dimensionó el sistema de baterías, se dimensionó el regulador de carga, se dimensionó el inversor, se dimensionó los conductores, se dimensionó los sistemas de protección, se dimensionó el sistemas de distribución secundaria, se encontró la emisión de CO₂ que se dejara de emitir al medio ambiente y por último la evaluación económica de acuerdo al presupuesto de la investigación.

3.3.1. Ubicación geográfica

El caserío Jaway está ubicado en el Distrito y Provincia de Jaén, departamento Cajamarca, este caserío se dedica a la crianza de mamíferos cuadrúpedos. Para que sus estiércoles puedan ser utilizados como biomasa para la generación de biogás se requiere de grandes cantidades de residuos de animales, por lo general heces de ganado vacuno, de las cuales se carece en el lugar, ya que por sí solos no pueden desarrollar las reacciones bioquímicas necesarias para abastecer el consumo energético del lugar.

Para el diseño del sistema fotovoltaico aislado del caserío de Jaway, es necesario tener en cuenta todas las características del lugar, así como las actividades que se desarrollan en el caserío

Jaway, consumo energético, su radiación solar máxima y su radiación solar más desfavorable, para el desarrollo del problema de investigación el cual es la falta de energía eléctrica en el caserío Jaway.



UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA EN EL MAPA DEL PERÚ



UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE JAÉN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



UBICACIÓN DEL DISTRITO DE JAÉN EN LA PROVINCIA DE JAÉN



UBICACIÓN DEL CASERÍO JAWAY

Figura 8. Ubicación Geográfica del caserío de Jaway
Fuente. Elaboración propia

En la Figura 8, se observa la ubicación geográfica del caserío Jaway, cuyas coordenadas son: Latitud -5,8432 S y Longitud -78,7792 W, con una elevación de 695 msnm.

3.3.2. Radiación solar disponible

La información utilizada para evaluar el potencial solar del caserío Jaway corresponde a los datos que se han obtenido de la data histórica de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA), con lo cual se realizaron los cálculos teniendo en cuenta los meses de menor radiación solar, para así poder abastecer la demanda eléctrica del Caserío Jaway.

Los datos obtenidos de la NASA se muestran a continuación en la Tabla 1. Donde se muestra la radiación promedio mensual para ángulos de 0°, 5°, 20° y 90° de inclinación. En la tabla 1 se observa que los ángulos más óptimos para el aprovechamiento del recurso solar estarían entre los ángulos 5° y 20°.

Tabla 1

Radiación promedio mensual en el caserío Jaway (kWh/m²/día)

Lat -5,843 Lon -78,779	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
G (0)	3,34	3,18	3,51	3,89	3,88	3,65	3,48	3,98	4,1	4,37	4,22	3,89	3,79
G (5)	3,36	3,18	3,51	3,93	3,97	3,75	3,56	4,04	4,11	4,38	4,25	3,93	3,83
G (20)	3,34	3,12	3,4	3,94	4,11	3,94	3,7	4,11	4,04	4,27	4,22	3,93	3,84
G (90)	1,74	1,52	1,45	1,95	2,38	2,47	2,22	2,15	1,7	1,69	1,99	2,06	1,94

Fuente. Elaboración propia. DATOS NASA (2019)

3.3.3. 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

diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes y para la de investigación la altitud del caserío de Jaway es de -5,8432.

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |\varphi|) \quad (1)$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-5,8432^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 7,21^\circ$$

Donde:

β_{opt} : Angulo óptimo de inclinación.

$|\varphi|$: Latitud del lugar.

El ángulo óptimo de inclinación calculado es de 7,21°, dicho ángulo es la inclinación optima en las cuales los paneles fotovoltaicos deben estar colocados, para así poder captar la mayor cantidad de energía solar durante el día.

De acuerdo al reglamento técnico RD 003-2007-EM/DGE. Los paneles fotovoltaicos deben tener un ángulo de inclinación no menor de 10°. En el proyecto de investigación se consideró para los paneles fotovoltaicos un ángulo de inclinación de 15°, Para favorecer de este modo su auto limpieza y evitar la polución, hojas que cubran el panel fotovoltaico y a demás facilitar su mantenimiento.

Con los datos de la Tabla 1, se ha determinado radiación promedio mensual para un ángulo de 15°, para lo cual se ha realizado la interpolación de la radiación promedio mensual entre los ángulos 5° y 20°. Los resultados de la radiación promedio mensual para un ángulo de 15° se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Radiación promedio mensual para un ángulo de 15° en el caserío Jaway (kWh/m²/día)

Lat -5,843 Lon -78,779	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
G (15)	3,35	3,14	3,44	3,94	4,06	3,88	3,65	4,09	4,06	4,31	4,23	3,93	3,84

Fuente. Elaboración propia.

Se analizó los datos obtenidos de la radiación promedio mensual para el ángulo de inclinación de 15°, se puede verificar que la radiación más crítica se da en el mes de febrero tal como se muestra en la Tabla 2.

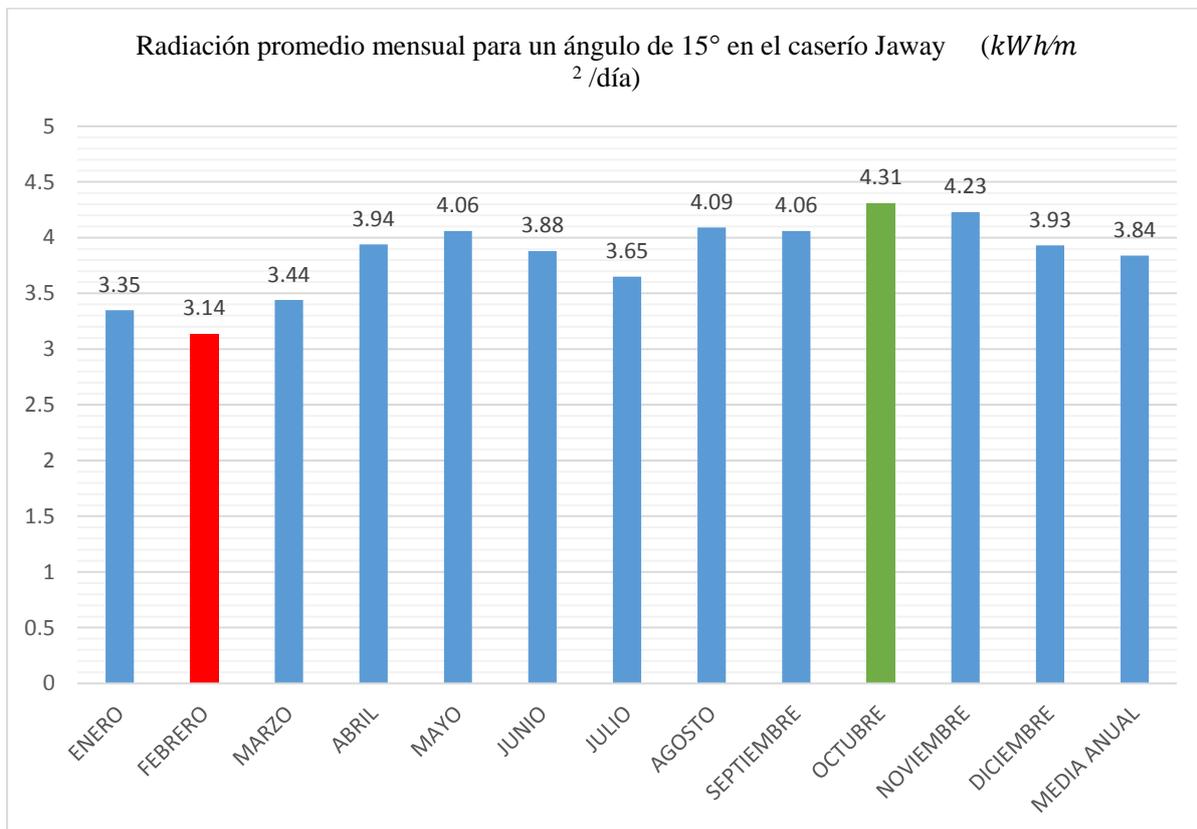


Figura 9. Comportamiento de la radiación solar para un ángulo de 15°
Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo a las características técnicas del panel fotovoltaico, la radiación solar máxima es de 1 kW/m². Según Mejía (2018) el número de horas pico de sol es numéricamente idéntico a la insolación solar diaria promedio, en la Figura 9 se muestra la radiación solar en el caserío Jaway, en el mes más crítico tiene una radiación de 3,14 (kWh/m² /día) correspondiente al mes de febrero, entonces en el mes de febrero el valor es de 3,14 horas de sol por día y en su mes más favorable tiene una radiación de 4,31 (kWh/m² /día) que corresponde al mes de octubre con 4,31 horas de sol por día.

3.3.4. Cálculo de la demanda de energía.

El diseño de los consumos es la base para el completo dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, para evitar que el sistema fallase es necesario la precisión en la información, costos

iniciales no muy elevados y esencialmente, la exactitud en los tamaños de la batería y el generador fotovoltaico (Abella, 2005).

La metodología a proponer para el cálculo de la máxima demanda se realizará tomando en cuenta el DGE RD. N° 015-2004-EM/DGE.

3.3.5. Calificación eléctrica

Según la DGE RD. N° 015-2004-EM/DGE para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria en electrificación rural, la calificación eléctrica correspondiente es de 400 W/lote para cargas de servicio particular (localidades tipo 2), con un factor de simultaneidad de 0,5; y así para cargas especiales tendrán un factor de simultaneidad igual a 1. La calificación eléctrica para las cargas especiales será de acuerdo a lo señalado en la Tabla 3:

Tabla 3

Calificación eléctrica de cargas especiales

Nombre	Calificación Eléctrica	Unidad
Local comunal	0,5	kW
Centro educativo	1	kW
I.E. Primaria	1	kW
I.E. Secundaria	1	kW
I.E. Inicial	1	kW
Iglesia	0,5	kW
Capilla	0,5	kW
Posta	2	kW
Local comercial	0,5	kW

Fuente. Código Nacional de Electricidad - Suministro (2011)

El caserío de Jaway está conformado por 9 viviendas domiciliarias, 1 iglesia nazareno y 1 un local comunal, con una población de 45 habitantes. En la Figura 10 se muestra el plano catastral del caserío de Jaway.

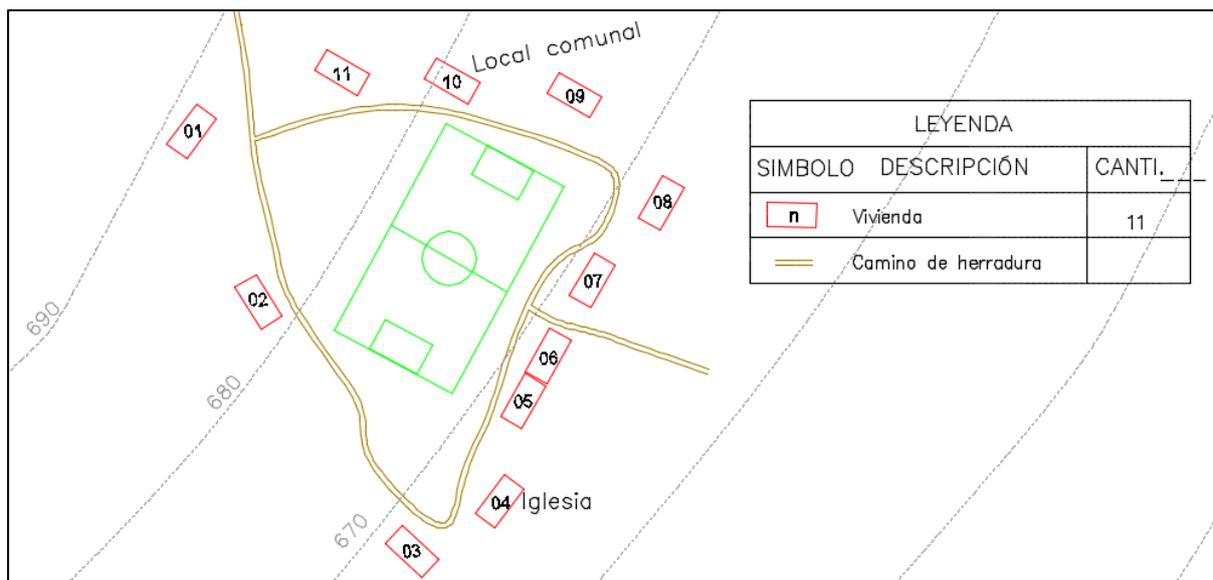


Figura 10. Plano catastral del caserío Jaway
Fuente. Elaboración propia.

3.3.6. Alumbrado de vías públicas

El número de puntos de iluminación (PI) se calculó según lo establecido en la norma DGE RD 017-2003-EM "alumbrado de vías públicas en áreas rurales", Las zonas rurales están consideradas dentro del sector de distribución típico 5. El mismo que se presenta a continuación.

a) Determinación del consumo de energía mensual por alumbrado público (CMAP):

Para determinar el consumo de energía mensual por alumbrado público, se realizará con la Ecuación 2.

$$CMAP = KALP \times NU \quad (2)$$

$$CMAP = 6,3 \times 11$$

$$CMAP = 69,3 \text{ kWh}$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

KALP : Factor de alumbrado público en kW-h / usuario - mes. Para sector distribución típico 5 el *KALP* es 6,3.

NU : Número de usuarios de la localidad.

b) Cálculo del número de puntos de iluminación (PI)

Para el cálculo de punto de iluminación se realiza con la Ecuación 3. Para un sistema de distribución tipo 5, corresponde seleccionar una lámpara de 60 W incluido las pérdidas.

$$PI = \frac{CMAP \times 1\,000}{NHMAP \times PPL} \quad (3)$$

$$PI = \frac{69,3 \times 1\,000}{240 \times 60}$$

$$PI = 4,81 \approx 5$$

Donde:

PI : Puntos de iluminación.

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

NHMAP : Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes).

PPL : Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público (watts).

La cantidad de Puntos de iluminación (PI) calculados es 5. El número de horas diarias de alumbrado público considerado debe estar comprendido entre 8 y 12 horas; para el caserío de Jaway se considera 8 horas, que corresponde NHMAP de 240 h. En la Tabla 4, se presenta la demanda eléctrica total por alumbrado público para el caserío de Jaway.

Tabla 4

Demanda eléctrica por alumbrado público

Caserío Jaway	Cantidad	Unidad
Número de viviendas	11	und
KALP	6,3	kWh/usuario-mes
CMAP	69,3	kWh
PPL	60	W
PI	5	und
F.S	1	
Potencia de alumbrado	0,30	kW

Fuente. Elaboración propia.

3.3.7. Cálculo de la demanda eléctrica del caserío Jaway

Para el cálculo de la máxima demanda eléctrica, se consideró 9 viviendas domiciliarias, 1 iglesia nazareno y 1 local comunal, la calificación eléctrica para las viviendas 400 W, con un factor de simultaneidad de 0.5. Para la iglesia y el local comunal se ha considerado 500 W, con un factor de simultaneidad de 1 de acuerdo a DGE RD. N° 015-2004-EM/DGE. Se ha considerado un consumo eléctrico constante de 16 horas diarias para el uso de las viviendas, para la iglesia 4 horas diarias y para el local comunal 1 hora diaria de acuerdo a información obtenida por los habitantes del caserío Jaway. Asimismo, se ha considerado un 3 % de pérdidas en distribución en redes secundarias. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5*Demanda eléctrica total del caserío Jaway*

Item	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	Viviendas domiciliarias	9	400	3 600	108,00	0,50	1 908	16	7	213 696,00	220 VCA
2	Iglesia	1	500	500	15,00	1	515	4	7	14 420,00	220 VCA
3	Local Comunal	1	500	500	15,00	1	515	1	7	3 605,00	220 VCA
4	Alumbrado Público	5	60	300	9,00	1	309	8	7	17 304,00	220 VCA
Total de Energía eléctrica de la semana										249 025,00	Wh/sem
Total de Energía eléctrica por día										35 575,00	Wh/día

Fuente. Elaboración propia.

Para los cálculos del sistema fotovoltaico aislado, se debe tomar en cuenta el crecimiento poblacional del caserío Jaway, y con ello el incremento de la demanda eléctrica, por lo cual se debe tomar en cuenta un voltaje de operación conforme al incremento de energía eléctrica, de acuerdo con Rufasto (2019) el voltaje de entrada del inversor en corriente continua, para una demanda de potencia en corriente alterna mayor a 1500 y menor a 5000 es de 48 V.

3.3.8. Cálculo del consumo medio diario

Para el cálculo del consumo medio diario, se tomará en cuenta las siguientes variables, el impacto por uso de inversor, impacto por eficiencias de conductores y baterías. Si el sistema dispusiera de cargas de corriente continua y cargas de corriente alterna se calcula tomando en cuenta el rendimiento del inversor en las cargas de alterna, ya que habrá pérdidas de eficiencia, el consumo medio diario se determina con la expresión (Mesa, Sanabria, y Pérez, 2016). El cálculo del consumo medio diario se realiza con la Ecuación 4.

$$E_{dm} = \frac{E_{dm, CD} + \frac{E_{dm, CA}}{\eta_i}}{\eta_{bat} \times \eta_{cond}} \quad (4)$$

Para el cálculo del consumo medio diario, se asumió la eficiencia del inversor es del 93 %, eficiencia de la batería de 90 %, y los conductores una eficiencia de 97 %, el consumo medio diario en corriente alterna se encuentra en la Tabla 5. Reemplazando los datos en la Ecuación 4 se obtiene que el consumo medio diario para el caserío de Jaway es de 45 278,10 Wh/día:

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{35\,575}{0,93}}{0,90 \times 0,97}$$

$$E_{dm} = 45\,278,10 \text{ Wh/día}$$

Donde

- E_{dm} : Es el consumo medio diario en (Wh).
- $E_{dm, CD}$: Es el consumo medio diario en corriente directa.
- $E_{dm, CA}$: Es el consumo medio diario en corriente alterna.
- η_i : Es la eficiencia del inversor.
- η_{bat} : Es la eficiencia de la batería.
- η_{cond} : Es la eficiencia de conductores.

3.3.9. Carga corregida

Para el cálculo de carga corregida se realiza con la Ecuación 5. Reemplazando el consumo medio diario calculado para el caserío Jaway que es de 45 278,10 Wh/día, y el voltaje nominal del sistema de generación asumido es de 48 V se obtiene una carga corregida de 943,29 Ah/día.

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{n,sg}} \quad (5)$$
$$Q = \frac{45\,278,10}{48}$$
$$Q = 943,29 \text{ Ah/día}$$

Donde:

Q : Carga corregida (Ah/día).

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

3.3.10. Corriente del proyecto

Con el valor encontrado de la carga corregida y las horas de sol diaria promedio, se calculó la corriente del proyecto con la Ecuación 6. Los resultados se muestran en la Tabla 6, para un ángulo óptimo de 15°.

$$I_{proyecto} = \frac{Q}{HSD_{crit}} \quad (6)$$

Donde:

$I_{proyecto}$: Corriente del proyecto (A).

HSD_{crit} : Horas de sol diaria (h/día).

Para un ángulo de 15° de inclinación se observa que el mes más crítico es el mes de febrero teniendo 3,14 horas pico y una corriente del proyecto de 300,41 A (Tabla 6).

Tabla 6*Corriente del proyecto para un ángulo de 15° del caserío de Jaway*

Mes	Carga Corregida (Ah/Día)		Horas Pico (h/Día)		Corriente Del Proyecto
Ene	943,29	/	3,35	=	281,58
Feb	943,29	/	3,14	=	300,41
Mar	943,29	/	3,44	=	274,21
Apr	943,29	/	3,94	=	239,41
May	943,29	/	4,06	=	232,34
Jun	943,29	/	3,88	=	243,12
Jul	943,29	/	3,65	=	258,44
Ago	943,29	/	4,09	=	230,63
Sep	943,29	/	4,06	=	232,34
Oct	943,29	/	4,31	=	218,86
Nov	943,29	/	4,23	=	223,00
Dic	943,29	/	3,93	=	240,02

Fuente. Elaboración propia.

3.3.11. Cálculo del generador fotovoltaico

Para determinar el número de módulos fotovoltaicos que se requiere, aplicar un factor de reducción o degradación del módulo (envejecimiento, polvo) (Mejía, 2018).

Se ha considerado un panel policristalino Era Solar de 320 Wp de 24V por ser uno de los más potentes en su gama, lo cual garantiza su eficiencia en climas cálidos y garantiza su resistencia al sobrecalentamiento, cuyas especificaciones técnicas son: Largo 1956 mm, ancho 992 mm, espesor 40 mm, corriente de operación de 8,05 A, voltaje punto de operación 37,65 V, y corriente de corto circuito 9,10 A, estas especificaciones se muestran en la ficha de datos técnicos del fabricante (Anexo 2). El valor crítico es de 3,14 horas de sol diarias (hora solar pico), y considerando un factor de reducción o degradación del panel (envejecimiento, polvo) de 0,93 se procede a calcular la cantidad de paneles para el generador fotovoltaico.

a) Paneles fotovoltaicos en paralelo

El número de paneles en paralelo es igual al número de ramas, para el cálculo de los paneles fotovoltaicos en paralelo se realiza con la Ecuación 7. De los resultados se obtiene 40 paneles en paralelo.

$$N_{P,Paralelo} = \frac{I_{Proyecto}}{F_R \times I_{P,Operacion}} \quad (7)$$

$$N_{P,Paralelo} = \frac{300,41}{0,93 \times 8,05}$$

$$N_{P,Paralelo} = 40,13 \approx 40$$

Donde:

$N_{P,Paralelo}$: Es el número de paneles en paralelo.

$I_{Proyecto}$: Es la corriente corregida del proyecto (A).

F_R : Es el factor de reducción o degradación del módulo (envejecimiento, polvo).

$I_{P,Operacion}$: Es la corriente típica del módulo en el punto de operación.

b) Paneles fotovoltaicos en serie

Los módulos fotovoltaicos se encuentran en tensiones típicas de 12 Vdc o 24 Vdc, y tomando en cuenta el voltaje de generación del sistema fotovoltaicos, se determina la cantidad de módulos que se deben conectar (Patiño, Tello y Hernández, 2012). El cálculo de los paneles fotovoltaicos en serie se realiza con la Ecuación 8. De los resultados se obtiene 2 paneles fotovoltaicos en serie.

$$N_{P,Serie} = \frac{V_{n,sg}}{V_{n,P}} \quad (8)$$

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

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

Donde:

$N_{P, Serie}$: Es el número de paneles en serie.

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

$V_{n, P}$: Es el voltaje nominal del panel (V).

c) Potencia del sistema de generación

Para el cálculo del sistema de generación se determinará con la Ecuación 9. El sistema de generación fotovoltaico está compuesto por 40 paneles en paralelo y 2 en paneles en serie, el total de paneles a utilizar serán de 80 paneles fotovoltaicos, cuya potencia es de 25 600 Wp, esta potencia es suficiente para abastecer la demanda eléctrica del caserío Jaway.

$$P_{SG} = N_{P, Paralelo} \times N_{P, Serie} \times P_{max, p} \quad (9)$$

$$P_{SG} = 40 \times 2 \times 320$$

$$P_{SG} = 25\ 600\ W_p$$

Donde:

P_{SG} : Es la potencia del sistema de generación (W).

$P_{max, p}$: Es la potencia máxima del panel (W).

3.3.12. Cálculo del sistema de baterías

Las variaciones en la llegada de la energía solar a los paneles fotovoltaicos por diferentes motivos, da la necesidad de emplear un sistema de almacenamiento. Dicho sistema tiene la función de guardar la energía para aquellos lapsos de tiempo en donde la radiación recibida no es capaz de hacer funcionar la instalación con los parámetros diseñados (Casallo, 2011).

a) Capacidad nominal de las baterías

La capacidad nominal de las baterías está en función de la descarga máxima, se calculó con la Ecuación 10. Con el dato obtenido de la carga corregida 943,29 Ah, los días de autonomía está en los rangos de 2 -5 días. El caserío de Jaway es una zona calurosa, por lo que se consideró 2 días de autonomía. Según MINEM (2005) factor de profundidad de descarga máxima diaria será del 80% y su factor de corrección de temperatura es del 90%, con estos datos se determinó la capacidad del sistema de baterías.

$$C_{B.baterias} = \frac{Q \times N_{d.aut}}{(FP_{max.DB.d}) \times F_{CT}} \quad (10)$$
$$C_{B.baterias} = \frac{943,29 \times 2}{(0,8) \times 0,9}$$
$$C_{B.baterias} = 2\ 620,25 \text{ Ah}$$

Donde:

$C_{B.baterias}$: Es la capacidad nominal del banco de baterías (Ah).

Q : Son los (Ah/día) corregidos demanda de energía.

$N_{d.aut}$: Es el número días de autonomía del banco de baterías.

$FP_{max.DB.d}$: Es el factor de profundidad de descarga máxima diaria.

F_{CT} : Es el factor de corrección por temperatura.

Para el sistema de baterías se consideró, baterías TFS U- Power 12 V, cuyas especificaciones técnicas son: Capacidad nominal 250 Ah, largo 555 mm, ancho, 125 mm, altura 320 mm, estas especificaciones se muestran en la ficha de datos técnicos del fabricante (Anexo 2), Con estos datos se calculó la cantidad de baterías requeridas para el sistema de almacenamiento.

b) Baterías en paralelo

Las baterías en paralelo se determinan con la Ecuación 11. De los cálculos realizados se obtiene 10 baterías en paralelo.

$$N_{b,paralelo} = \frac{C_{B,baterias}}{C_{n,bateria}} \quad (11)$$

$$N_{b,paralelo} = \frac{2\,620,25}{250}$$

$$N_{b,paralelo} = 10 \text{ unidades}$$

Donde:

$N_{b,paralelo}$: Numero de baterías en paralelo.

$C_{B,baterias}$: Es la capacidad nominal del banco de baterías (Ah).

$C_{n,bateria}$: Es la capacidad nominal de la batería (Ah).

c) Baterías en serie

Las baterías en serie se determinan con la Ecuación 12. De los cálculos realizados se obtiene 4 baterías en serie.

$$N_{b,serie} = \frac{V_{n,sgem}}{V_{n,bateria}} \quad (12)$$

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

$$N_{b,serie} = 4 \text{ unidades}$$

Donde:

$N_{b,serie}$: Número de baterías en serie.

$V_{n,sgem}$: Es el voltaje del sistema (V).

$V_{n,bateria}$: Es el voltaje de la batería (V).

d) Numero de baterías en total

Para el cálculo del total de baterías se determinará con la Ecuación 13. El sistema de almacenamiento de energía está compuesto por 10 baterías en paralelo y 4 baterías en serie, con un total de 40 baterías.

$$N_{b,totales} = N_{b,paralelo} \times N_{b,serie} \quad (13)$$

$$N_{b,totales} = 10 \times 4$$

$$N_{b,totales} = 40 \text{ unidades}$$

Donde:

$N_{b,totales}$: Es el número total de baterías a usar.

$N_{b,paralelo}$: Numero de baterías en paralelo.

$N_{b,serie}$: Número de baterías en serie.

3.3.13. Cálculo del regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo supervisor que se encarga de detectar las descargas o sobrecargas de las baterías con la finalidad de alargar su vida útil. Cuando el voltaje de las baterías es superior o igual a la tensión de sobrecarga, desconecta del sistema a los paneles fotovoltaicos y a su vez, cuando el voltaje de las baterías es igual o menor al voltaje de descarga, desconecta las cargas con la intención de que las baterías se recarguen con la energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos (Patiño, Tello y Hernandez, 2009).

a) 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 panel Era Solar de 320 Wp es de 8,5 A y el número de paneles fotovoltaicos en paralelo. Los cálculos se realizaron con la Ecuación 14. Se determinó que la corriente de operación del generador fotovoltaico resulto 340 A.

$$I_{Oper,G} = I_{Oper,Panel} \times N_{P,Paralelo} \quad (14)$$

$$I_{Oper,G} = 8,5 \times 40$$

$$I_{Oper,G} = 340 A$$

Donde:

$I_{Oper,G}$: Es la corriente de operación del generador fotovoltaico (A).

$I_{Oper,Panel}$: Es la corriente de operación del panel (A).

$N_{P,Paralelo}$: Es el número de paneles en paralelo.

b) 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 realizan con la Ecuación 15. Se determina que corriente máxima del generador fotovoltaico es de 364 A.

$$I_{Max,G} = I_{SC,G} = I_{SC,Panel} \times N_{P,Paralelo} \quad (15)$$

$$I_{Max,G} = I_{SC,G} = 9,1 \times 40$$

$$I_{Max,G} = I_{SC,G} = 364 A$$

Donde:

$I_{Max,G}$: Es la corriente de máxima generador fotovoltaico (A).

$I_{SC,G}$: Es la corriente de corto circuito del generador fotovoltaico (A).

$I_{SC,Panel}$: Es la corriente de corto circuito del panel (A).

$N_{P,Paralelo}$: Es el número de paneles en paralelo.

c) Corriente del controlador de carga

Para la elección del controlador de carga se determinó la corriente de entrada o corriente máxima del generador multiplicado por un factor, donde la corriente del controlador deberá ser mayor (Mejía, 2018). Los cálculos se realizan con la Ecuación 16 y Ecuación 17. Se determinó que el regulador a seleccionar tendrá una corriente mayor a 455 A.

$$I_{regulador} > F_{SC} \times I_{max,G} \quad (16)$$

$$I_{regulador} > 1,25 \times I_{SC,panel} \times N_{p,paralelo} \quad (17)$$

$$I_{regulador} > 1,25 \times 9,1 \times 40$$

$$I_{regulador} > 455 \text{ A}$$

Donde:

$I_{regulador}$: Es la corriente del controlador de carga (A).

F_{SC} : Es un factor de seguridad por cortocircuito.

$I_{Max,G}$: Es la corriente de máxima generador fotovoltaico (A).

$I_{SC,panel}$: Es la corriente de corto circuito del panel (A).

$N_{p,paralelo}$: Es el número de paneles en paralelo.

d) Numero de reguladores

Para determinar el número de reguladores se seleccionó un regulador es MPPT- Victron Energía, cuyas especificaciones técnicas son: Largo 216 mm, ancho 295 mm, espesor 103 mm, voltaje de 48 V, corriente de 100 A, estas especificaciones se muestran en la ficha de datos técnicos del fabricante (Anexo 2), y se determina con la Ecuación 18. La cantidad de reguladores de carga MPPT- Victron de 100 A es de 5 unidades, haciendo una corriente total de 500 A. Esta corriente es mayor al resultado obtenido de la corriente del regulador de carga.

$$N_{Reg} = \frac{I_{regulador}}{I_{regulador,selec}} \quad (18)$$

$$N_{Reg} = 455/100$$

$$N_{Reg} = 4,55 \approx 5 \text{ und}$$

Donde:

N_{Reg} : Numero de reguladores.

$I_{regulador}$: Es la corriente del controlador de carga (A).

$I_{regulador,selec}$: Es la corriente del controlador de carga seleccionado (A).

e) Cálculo de numero de ramas en cada regulador

La corriente de operación del generador fotovoltaico se determinará con la Ecuación 19. De acuerdo a cálculos realizados se determinó que la cantidad de ramas por regulador es 8.

$$N_{Ramas \times regulador} = \frac{N_{P,Paralelo}}{N_{Reg}} \quad (19)$$

$$N_{Ramas \times regulador} = \frac{40}{5}$$

$$N_{Ramas \times regulador} = 8$$

Donde:

$N_{Ramas \times regulador}$: Número de ramas por regulador.

$N_{P,Paralelo}$: Es el número de paneles en paralelo.

N_{Reg} : Numero de reguladores.

3.3.14. Cálculo del inversor DC/AC

La función del inversor es convertir la corriente continua en el sistema de instalación a corriente alterna, con datos nominales conocidos que son 220 V de rms y 60 Hz como frecuencia (Salazar, 2017). Los parámetros empleados para seleccionar el modelo de inversor son la Potencia nominal (kW), la frecuencia operacional (Hz), la eficiencia del inversor, el voltaje nominal de salida (V_{ef}) y el voltaje nominal de entrada (V).

a) Potencia del inversor

Para determinar la potencia del inversor, se toma en cuenta la potencia de la carga del caserío Jaway, el cálculo se realizó con la Ecuación 20.

$$P_{INV} = \sum P_{AC} \times F_S \quad (20)$$
$$P_{INV} = (3600 \times 0.5) + (500 \times 1) + (500 \times 1) + (300 \times 1)$$
$$P_{INV} = 3100 \text{ W}$$

Donde:

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

P_{AC} : Es la potencia de las cargas en corriente alterna (W).

F_S : Es el factor de simultaneidad.

Se ha considerado un inversor Must Solar 5000VA MPPT, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 4000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 230 VAC, frecuencia 60 Hz. estas especificaciones se muestran en la ficha de datos técnicos del fabricante (Anexo 2).

b) Número de inversores

El valor de la potencia del inversor es de 3 100 W y la potencia del inversor seleccionado es de 4 000 W. Para determinar la potencia del inversor se realizó con la Ecuación 21. De los cálculos realizados resultó que se necesita un inversor.

$$N_{INV} = \frac{P_{INV}}{P_{INV,SELEC}} \quad (21)$$

$$N_{INV} = \frac{3\ 100}{4\ 000}$$

$$N_{INV} = 0,78 \approx 1 \text{ und}$$

Donde:

N_{INV} : Es el número de inversores.

$P_{INV,SELEC}$: Es la potencia del inversor seleccionado (W).

3.3.15. Dimensionamiento de los conductores

Para el cálculo de conductores, se tomó en cuenta la longitud de los conductores eléctricos el cual debe ser lo más corto posible y la sección se realiza de tal manera que la caída de tensión se encuentre dentro de lo recomendado por las normas vigentes.

a) Intensidad máxima que debe soportar el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga

La intensidad máxima que deben soportar los conductores en el tramo del generador fotovoltaico y el regulador de carga se realizó con la Ecuación 22. De los cálculos realizados resultó que la intensidad máxima que debe soportar los conductores en este tramo es de 91 A.

$$I_{MAX-P,R} = 1,25 \times I_{SC,panel} \times N_{Ramas} \times regulador \quad (22)$$

$$I_{MAX-P,R} = 1,25 \times 9,1 \times 8$$

$$I_{MAX-P,R} = 91 A$$

Donde:

$I_{MAX-P,R}$: Corriente máxima en la línea Paneles-Regulador (A).

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

b) Intensidad máxima que debe soportar el tramo 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 23. Se determinó que la intensidad máxima que debe soportar los conductores en este tramo es de 86,81 A.

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1,25 \times P_{INV}}{V_{Trabajo} \times \eta_i} \quad (23)$$

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1,25 \times 3100}{48 \times 0,93}$$

$$I_{MAX-R,I} = 86,81 A$$

Donde:

$I_{MAX-R,I}$: Corriente máxima del regulador al inversor (A).

$V_{Trabajo}$: Voltaje de trabajo (V).

η_i : Rendimiento del inversor.

c) Cálculo de la sección de conductores

Para determinar la sección mínima de los conductores en cada tramo del sistema fotovoltaico se tendrá en cuenta la caída de tensión por tramo, de acuerdo con Díaz (2018) los porcentajes de caída de tensión desde el panel al regulador de carga es de 3%, del regulador de carga a las baterías es de 1% y de las baterías al inversor es de 1% del voltaje del sistema. Los cálculos se realizaron con la Ecuación 24.

$$S_{Cable} = \frac{2 \times L \times I_{Max}}{56 \times \Delta V} \quad (24)$$

Donde:

L : Longitud (m).

I_{Max} : Corriente máxima (A).

ΔV : Caída de tensión (V).

Tramo generador fotovoltaico al regulador de carga.

Aplicando la Ecuación 24 se calculó la sección del conductor para el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga. De los resultados obtenidos la sección del conductor fue de $15,80 \text{ mm}^2$, por lo tanto, se seleccionó un conductor THW-90 con una sección de 16 mm^2 .

$$S_{Cable} = \frac{2 \times 7 \times 91}{56 \times 1,44}$$

$$S_{Cable} = 15,80 \text{ mm}^2$$

Tramo regulador de carga a las baterías.

Aplicando la Ecuación 24 se calculó la sección del conductor para el tramo del regulador de carga a las baterías. Con los resultados obtenidos la sección del conductor fue de 20,31 mm², por lo tanto, se seleccionó un conducto THW-90 con una sección de 25 mm².

$$S_{\text{Cable}} = \frac{2 \times 3 \times 91}{56 \times 0,48}$$

$$S_{\text{Cable}} = 20,31 \text{ mm}^2$$

a) Tramo baterías al inversor.

Aplicando la Ecuación 24 se calculó la sección del conductor para el tramo de las baterías al inversor. De los datos obtenidos la sección del conductor fue de 12,92 mm² por lo tanto se seleccionó un conducto THW-90 con una sección de 16 mm².

$$S_{\text{Cable}} = \frac{2 \times 2 \times 86,81}{56 \times 0,48}$$

$$S_{\text{Cable}} = 12,92 \text{ mm}^2$$

3.3.16. Protección contra sobrecorrientes

Para determinar la protección contra sobrecorrientes originadas por sobrecargas o cortocircuitos en cada tramo del sistema fotovoltaico, se determinó con la Ecuación 25.

$$I_b \leq I_n \geq 0,9 \times I_{\text{adm}} \quad (25)$$

Donde:

I_b : la intensidad de corriente que recorre la línea (A).

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

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

a) Tramo generador fotovoltaico al regulador de carga.

Aplicando la Ecuación 25 se determinó la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga. De los datos obtenidos la intensidad nominal del fusible para este tramo fue de 100 A, por lo tanto se seleccionó un fusible de cuchilla de tipo NH gPV 1000V DC, corrientes asignadas comprendidas entre 25 A y 160 A de uso específico para instalaciones fotovoltaicas, de la marca DF Electric.

$$91 \leq I_n \leq 0,9 \times 124$$

$$91 \leq I_n \leq 111,6$$

$$I_n = 100 \text{ A}$$

b) Tramo regulador de carga a las baterías.

Aplicando la Ecuación 25 se determinará la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo del regulador de carga y las baterías. Con los cálculos obtenidos la intensidad nominal del fusible para este tramo resultó 100 A, por lo tanto se seleccionó un fusible de cuchilla de tipo NH gPV 1000V DC, corrientes asignadas comprendidas entre 25 A y 160 A de uso específico para instalaciones fotovoltaicas, de la marca DF Electric.

$$91 \leq I_n \leq 0,9 \times 158$$

$$91 \leq I_n \leq 142,2$$

$$I_n = 100 \text{ A}$$

c) Tramo baterías al inversor.

Aplicando la Ecuación número 25 se determinará la intensidad nominal del fusible asignado a la línea para el tramo de las baterías y el inversor. De los cálculos realizados la intensidad nominal del fusible para este tramo resultó 90 A, por lo tanto se seleccionó un fusible de cuchilla de tipo NH gPV 1000V DC, corrientes asignadas comprendidas entre 25 A y 160 A de uso específico para instalaciones fotovoltaicas, de la marca DF Electric.

$$86,81 \leq I_n \leq 0,9 \times 124$$

$$86,81 \leq I_n \leq 111,6$$

$$I_n = 90 \text{ A}$$

d) Protección del inversor

Para la protección del inversor se considera un interruptor diferencial bipolar de 30 mA de sensibilidad para evitar contactos directos. El cálculo se realizó con la Ecuación 26. De los resultados obtenidos la corriente máxima que debe soportar el inversor es de 14,09 A. por lo tanto se seleccionara un interruptor termomagnético y de 15 A.

$$I_{\text{Max Carga}} = \frac{P_{\text{INV}}}{N_{\text{INV}} \times V} \quad (26)$$

$$I_{\text{Max Carga}} = \frac{3100}{1 \times 220}$$

$$I_{\text{Max Carga}} = 14,09 \text{ A}$$

Donde:

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

N_{INV} : Es el número de inversores.

3.3.17. Diseño del sistema de distribución eléctrica con conductor autoportante

Para el diseño de distribución en baja tensión 220 V, con conductor autoportante y neutro portante de aleación de aluminio aislado del tipo CAAI, que incluyen el circuito de servicio para alumbrado público y conexiones domiciliarias.

a) Características eléctricas del sistema

La localidad Jaway tendrá suministro monofásico y para efectos del diseño eléctrico de las redes de baja tensión, se ha definido las siguientes características particulares del sistema:

- Sistema monofásico y efectivamente puesto a tierra.
- Conductores aluminio aislado.
- Neutro portante aleación de aluminio función mecánica y eléctrica.
- Tensión fase – neutro 220 V.
- Frecuencia nominal 60 Hz.
- Altitud 695 msnm.

b) Distancias de seguridad

Para el diseño de las redes secundarias para el caserío de Jaway se respetará las alturas mínimas sobre la superficie del terreno que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7
Alturas mínimas sobre la superficie del terreno

Ítem	Descripción	Distancia	Und
1	En lugares accesibles sólo a peatones	5,0	m
2	En zonas no accesibles a vehículos o personas	3,0	m
3	En lugares con circulación de maquinaria agrícola	6,0	m
4	A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas	6,0	m
5	En cruce de calles, avenidas y vías férreas	6,5	m

Fuente. Elaboración propia. Datos MINEM.

c) Cálculos eléctricos

Cálculo de la Resistencia Eléctrica del Conductor

La resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calculó con la Ecuación 27. Los resultados de la resistencia eléctrica del conductor para temperaturas de 20 °C y 40 °C se muestran en la Tabla 8.

$$R_{40}=R_{20}[1+0,0036(t-20)] \quad (27)$$

Dónde:

R_{40} : Resistencia eléctrica del conductor a 40°C en ohm/km.

R_{20} : Resistencia eléctrica del conductor a 20°C, en ohm/km.

t : Temperatura máxima de operación, en °C.

Tabla 8

Resistencia Eléctrica del conductor autoportante CAAI 2x16/25

Formación	Resistencia del Conductor de fase (Ω/Km)		Alumbrado Público (Ω/Km)		Resistencia del Conductor neutro (Ω/Km)	
	A 20° C	A 40° C	A 20° C	A 40° C	A 20° C	A 40° C
	2x16/25	1,910	2,048	1,910	2,048	1,38

Fuente. Elaboración propia. Datos norma D.G.E. RD031-2003-EM.

Cálculo de la reactancia inductiva

La reactancia inductiva se calculó con la Ecuación 28. Los resultados de la reactancia inductiva se muestran en la Tabla 8.

$$X_L = \frac{0,1746 \times \log DMG}{RMG} \quad (28)$$

Dónde:

DMG : Distancia media geométrica.

RMG : Radio medio geométrico.

X_L : Reactancia Inductiva (Ω/Km).

Tabla 9*Reactancia Inductiva de conductor autoportante CAAI 2x16/25*

Formación	Reactancia inductiva	Factor de caída de tensión		Capacidad de corriente	
	(Ω /Km)	K		A 40° C (A)	
	XL (10)	(440-220)	(220V)AP	Cond. Fase	Cond. AP
2x16/25	0,094	4,095	3272	64	-

Fuente. Elaboración propia. Datos norma D.G.E. RD031-2003-EM.

Cálculo de Caída de Tensión

para el cálculo de la caída de tensión en redes de distribución aéreas se realizó con la Ecuación 29, el software REDCAD y tomando en cuenta la Tabla 10. El resultado de caída de tensión para el circuito de servicio particular se muestra en la Tabla 11 y la Figura 11 y para el circuito de alumbrado público se muestra en la Tabla 12 y la Figura 12.

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3} \quad (29)$$

Donde:

 ΔV : Caída de tensión (V).

K : Factor de caída de tensión (ver tabla N° 12).

I : Corriente que recorre el circuito (A).

L : Longitud del tramo (m).

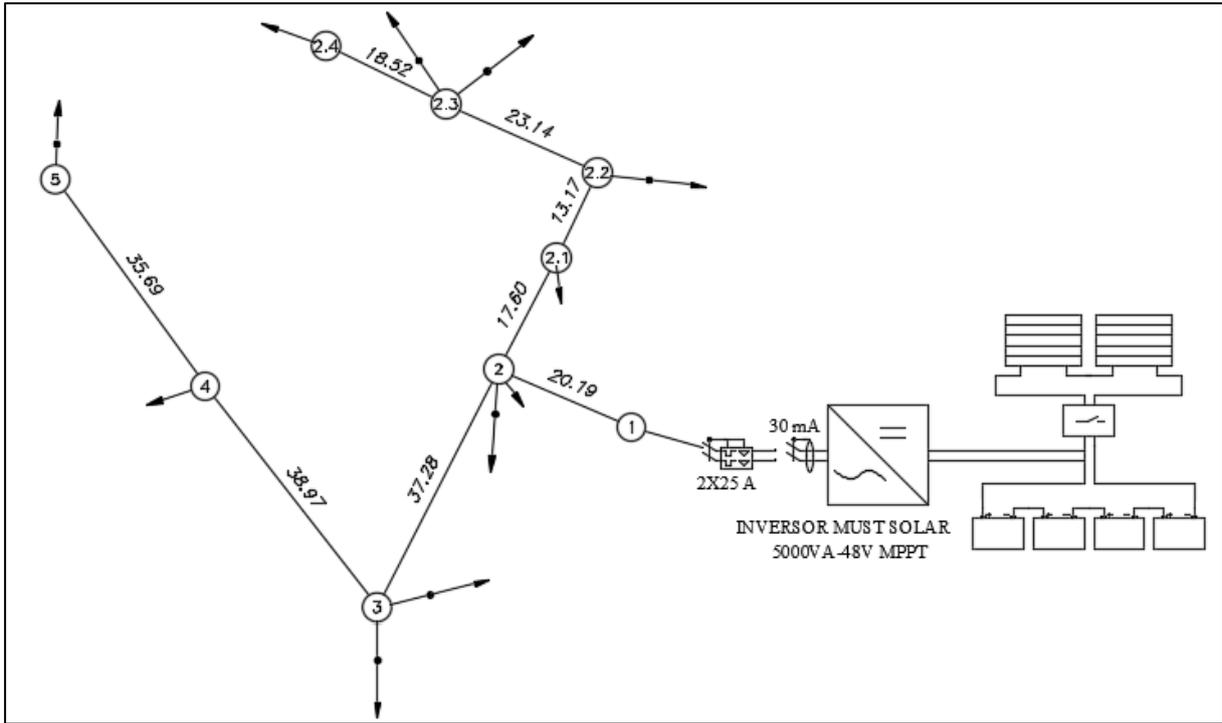


Figura 11. Diagrama de cargas domiciliarias
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 10*Parámetros y factores de caída de tensión de los cables autoportantes*

Formació n	Resistencia del conductor de fase (o/km)		Resistencia del conductor de alumbrado público (o/Km)		Resistencia del conductor neutro (o/km)		Reactancia inductiva (o/km)		Factor de caída de tensión			Capacidad de corriente a 40 °C (a)	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220 V)	K(440-220 V)	K(220VAP)	Cond. Fase	Cond. A.P.
	3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3272	102
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109		3,776	3272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3272	64	-

Fuente. D.G.E. RD031-2003-EM.

Tabla 11

Calculo de caída de tensión para servicio particular

Nodo	Long. (m)	N° de Lotes					Servicio Particular					Caída de Tensión			Pérdidas (W)
		Potencia (kW)					Formación del Conductor	K (Ohm/km)	Resist. (Ohm/km)	Corr. (A)	Fase- Fase(V)	Fase- Neutro(V)	Tensión Fase- Neutro(V)	%DV	
		SP	CE	SP	CE	Acum.									
Bornes BT	0	0	0	0	0	0	2x16/25	3.765	1.91	0	0	220	0	0	
Tablero	2	9	2	2.7	1	3.7	2x16/25	3.765	1.91	8.4	0.06	0.03	219.97	0	0.54
Circuito C-1															
Salida	0	0	0	0	0	3.7	2x16/25	3.765	1.91	8.4	0	0	219.97	0	0
P1	11.9	0	0	0	0	3.7	2x16/25	3.765	1.91	8.4	0.38	0.19	219.78	0.1	3.21
P2	20.2	2	0	0.6	0	3.7	2x16/25	3.765	1.91	8.4	0.64	0.32	219.46	0.2	5.44
P3	37.3	1	1	0.3	0.5	1.4	2x16/25	3.765	1.91	3.2	0.45	0.23	219.23	0.4	1.46
P4	39	1	0	0.3	0	0.6	2x16/25	3.765	1.91	1.4	0.21	0.11	219.12	0.4	0.29
P5	35.7	1	0	0.3	0	0.3	2x16/25	3.765	1.91	0.7	0.09	0.05	219.07	0.4	0.07
P2.1	17.6	1	0	0.3	0	1.7	2x16/25	3.765	1.91	3.9	0.26	0.13	219.33	0.3	1.02
P2.2	13.1	1	0	0.3	0	1.4	2x16/25	3.765	1.91	3.2	0.16	0.08	219.25	0.3	0.51
P2.3	23.1	1	1	0.3	0.5	1.1	2x16/25	3.765	1.91	2.5	0.22	0.11	219.14	0.4	0.55
P2.4	18.5	1	0	0.3	0	0.3	2x16/25	3.765	1.91	0.7	0.05	0.03	219.11	0.4	0.03

Fuente. Elaboración propia. Datos obtenidos del REDCAD

Tabla 12

Calculo de caída de tensión para alumbrado publico

Nodo	Carga		K (Ohm/km)	Resist. (Ohm/km)	Corr. (A)	Caída de Tensión			Pérdidas (W)
	Nº de Lámp.	Acum. kW				DV (V)	Tensión (V)	%DV	
	Bornes BT	0				0	0	0	
Tablero	0	0.3	3.27	1.91	1.5	0.01	219.99	0	0.01
Circuito C-1									
Salida	0	0.3	3.27	1.91	1.5	0	219.99	0	0
P1	1	0.3	3.27	1.91	1.5	0.06	219.93	0	0.05
P2	1	0.24	3.27	1.91	1.2	0.08	219.85	0.1	0.06
P3	0	0.06	3.27	1.91	0.3	0.04	219.81	0.1	0.01
P4	1	0.06	3.27	1.91	0.3	0.04	219.77	0.1	0.01
P5	0	0	3.27	1.91	0	0	219.77	0.1	0
P2.1	0	0.12	3.27	1.91	0.6	0.03	219.82	0.1	0.01
P2.2	1	0.12	3.27	1.91	0.6	0.03	219.79	0.1	0.01
P2.3	1	0.06	3.27	1.91	0.3	0.02	219.77	0.1	0
P2.4	0	0	3.27	1.91	0	0	219.77	0.1	0

Fuente. Elaboración propia. Datos obtenidos del REDCAD

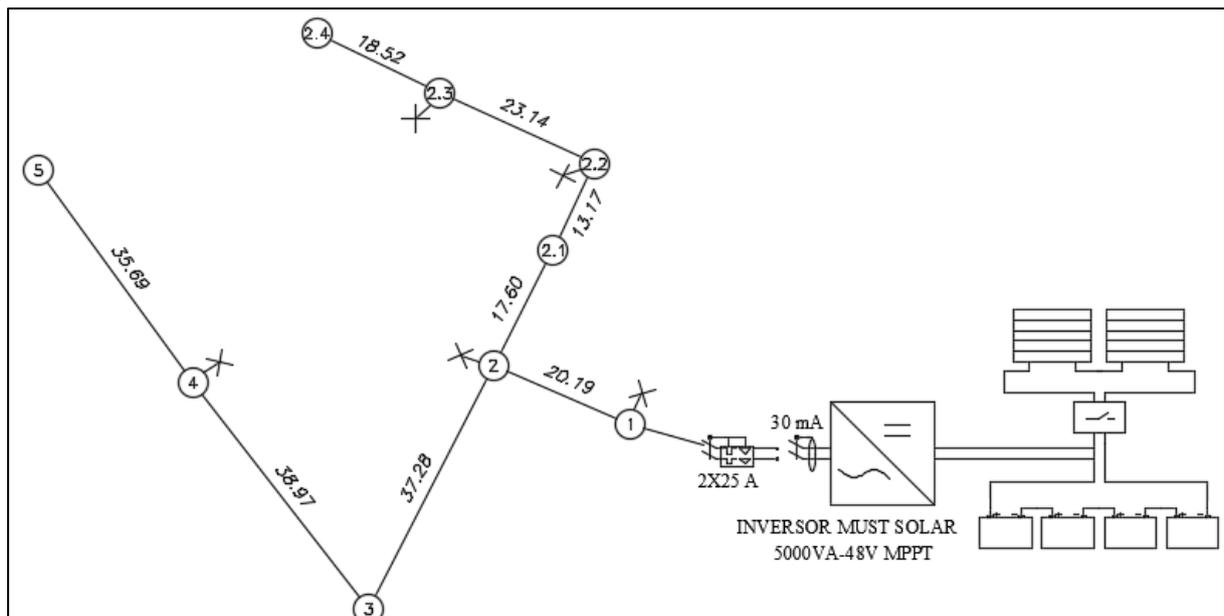


Figura 12. Diagrama de cargas para alumbrado publico

Fuente. Elaboración propia

Máxima Caída de Tensión Permisible

La caída máxima de tensión hasta el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal, según la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE) para zonas rurales, para el caso de redes de baja tensión en 220 V para el caserío de Jaway. De acuerdo a los cálculos realizados la máxima caída de tensión permisible en el punto más alejado para el servicio particular es de 0,4 % y para el servicio de alumbrado público es de 0,1 %.

Cálculo de la Resistencia de Puesta a Tierra

La central fotovoltaica contara con un sistema de puesta a tierra tipo PAT-1. Asimismo, las redes secundarias en el caserío de Jaway contara con una puesta a tierra tipo PAT-1, con conductor de cobre de 25 mm², para redes secundarias la norma DGE establece que como valor máximo 10 Ω para la resistencia del neutro a tierra.

Para el cálculo se ha utilizado el método de Schlumberger, El sistema de puestas a tierra PAT-1 está conformado por una varilla de acero recubierta en cobre blando de 16 mm de diámetro y 2,4 m de longitud, conductor de cobre de 35 mm² y conectores. Este sistema irá instalado en un pozo de 1 m Ø x 2,8 m de profundidad, a 2,0 m de distancia horizontal del poste a la varilla, la resistencia de aterramiento se calcula con la Ecuación 30:

$$R_{PAT-1} = \frac{\rho_a}{2 \times \pi \times l} \times \ln \left[\left(\frac{4 \times l}{1,36 \times d} \right) \times \left(\frac{2 \times H + l}{4 \times H + l} \right) \right] \quad (30)$$

$$R_{PAT-1} = \frac{50}{2 \times \pi \times 2,4} \times \ln \left[\left(\frac{4 \times 2,4}{1,36 \times 0,016} \right) \times \left(\frac{2 \times 0,3 + 2,4}{4 \times 0,3 + 2,4} \right) \right]$$

$$R_{PAT-1} = 19,59 \text{ ohm}$$

Dónde:

ρ_a : Resistividad eléctrica aparente del terreno (ohm-m).

l : Longitud de la varilla (m).

d : Diámetro de la varilla (mm).

H : Profundidad de enterramiento (m).

La resistividad del terreno en el caserío de Jaway es 50 (ohm-m), lo cual su resistencia de puesta a tierra es de 19,59 ohm, este valor no cumple con lo establecido por la norma DGE por lo tanto para que cumpla la resistencia de puesta a tierra debe ser tratada con una dosis de bentonita o cemento conductor.

3.3.18. Estimación de la cantidad de CO₂ que dejara de emitirse al medio ambiente

Con el sistema eléctrico interconectado nacional del Perú (SEIN), la energía convencional generada por energías renovables no abastece en su totalidad la demanda eléctrica del Perú, por lo cual se genera electricidad mediante energías no renovables, los cuales conllevan a la quema de combustibles fósiles, los mismo que generan gases de efecto invernadero que afecta el medio ambiente.

Según Escobedo (2018) 1 kWh de electricidad es equivalente a 0,547 kg de CO₂. Para calcular la cantidad de CO₂ primero se calcula energía consumida en un año con la Ecuación 31. De los cálculos realizados la energía consumida en un año es 12 984,88 kWh/Año

$$E_{\text{Año}} = E_{\text{Dia}} \times N_{\text{Dia-Año}} \quad (31)$$

$$E_{\text{Año}} = 35\,575 \times 365$$

$$E_{\text{Año}} = 12\,984\,875 \text{ Wh/Año}$$

$$E_{\text{Año}} = 12\,984,88 \text{ kWh/Año}$$

La cantidad CO₂ que se dejara de emitirse al medio ambiente se calcula con la Ecuación 30. De acuerdo a los cálculos realizados la cantidad de CO₂ que se dejara de emitir al medio ambiente es de 7 102,73 kg.

$$\text{CO}_{2-\text{Año}} = \text{Equivalente de CO}_2 \text{ por kWh} \times E_{\text{Año}} \quad (32)$$

$$\text{CO}_{2-\text{Año}} = 0,547 \times 12\,984,88$$

$$\text{CO}_{2-\text{Año}} = 7\,102,73 \text{ kg}$$

3.3.19. Presupuesto referencial

El presupuesto del diseño del sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, se realizó el programa S10 presupuestos en el cual se detalla los precios de cada partida (Anexo 1). En las tablas se muestran el resumen del presupuesto.

Tabla 13

Resumen del presupuesto de la planta fotovoltaica.

Ítem	Descripción	Precio (s/.)
01	Suministro de materiales	88 500,000
02	Transporte de materiales	1 000 000
03	Montaje e instalación de componentes de planta fotovoltaica	7 128 000
	Total	96 628,00

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 14

Resumen del presupuesto de redes secundarias en 220 V.

Ítem	Descripción	Precio (S/.)
01.01	Suministro de materiales	11 897,600
01.02	Transporte de materiales	4 500,000
01.03	Montaje electromecánico de materiales	6 241,000
01.04	Pruebas y puestas en servicio	800,000
	Total	23 438,600

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 15

Presupuesto referencial diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, distrito y provincia Jaén-Cajamarca.

Ítem	Descripción	Precio s/.
01	Planta fotovoltaica	96 628,00
02	Redes secundarias	23 438,600
	Costo directo	120 066,000
	Gastos generales (10%)	12 006,66

	Subtotal	132 073,260
	Igv (18%)	23 773,187
		=====
	Total presupuesto	155 846,447

Fuente. Elaboración propia.

3.3.20. Evaluación económica

La viabilidad económica del sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway depende de los siguientes factores:

- El presupuesto total del sistema fotovoltaico es de 155 846,447nuevos soles.
- La producción neta de energía anual del sistema la cual se calcula con la Ecuación 33:

$$P_{A,E} = HPS \times N_{P,SG} \times P_{max,p} \times N_{Dias} \quad (33)$$

$$P_{A,E} = 3,14 \times 80 \times 320 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,97 \times 365$$

$$P_{A,E} = 23\,052,56 \frac{\text{kWh}}{\text{Año}}$$

Donde:

$P_{A,E}$: Producción anual de energía (kWh/Año).

HPS : Horas pico solar.

HPS : Número total de paneles.

$P_{max,p}$: Potencia del panel solar (W) (más eficiencia cables, batería, inversor).

N_{Dias} : Número de días del año.

Buendía (2014), afirma que los costos de mantenimiento anuales de sistemas fotovoltaicos es de \$ 27,75 USD/Kw-año, que en soles sería 91,90 S./Kw-año. Por lo tanto, el costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico del caserío de Jaway se calcula con la Ecuación 34:

$$C_{M-A} = 91,90 \times N_{P,SG} \times P_{max,p} \quad (34)$$

$$C_{M-A} = 91,90 \times 80 \times 320 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,97$$

$$C_{M-A} = 1\,848,47 \frac{\text{S/}}{\text{Año}}$$

Donde:

C_{M-A} : Costo de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico del caserío Jaway (S./Año).

El análisis económico se enfocará en el análisis de los siguientes aspectos retorno de la inversión, costo de la energía y ahorro monetario.

a) Retorno de la inversión

Este aspecto da un juicio preliminar de la viabilidad económica del sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway. Compara el presupuesto total del sistema fotovoltaico con la producción anual de energía generada por el mismo.

El retorno de inversión del sistema fotovoltaico del caserío de Jaway se calcula con la Ecuación 35:

$$R_{INV} = \frac{P_T}{(P_{A,E} \times P_E) - C_{M-A}} \quad (35)$$

$$R_{INV} = \frac{P_T}{(P_{A,E} \times P_E) - C_{M-A}}$$

$$R_{INV} = \frac{155\,846,447}{(23\,052,56 \times 0,5262) - 1\,848,47}$$

$$R_{INV} = 15,16 \approx 15 \text{ Años}$$

Donde:

R_{INV} : Retorno simple de inversión (año).

P_T : Presupuesto total (S/).

P_E : Precio de la energía (S/./kWh).

El retorno de inversión del proyecto diseño del sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway será en 15 años.

b) Costo de la energía

El costo de energía para el sistema fotovoltaico es la relación entre los costos anuales y la producción de energía anual y se calcula con la Ecuación 36.

$$C_E = \frac{C_{M-A}}{P_{A,E}} \quad (36)$$

$$C_E = \frac{1\,848,47}{23\,052,56}$$

$$C_E = 0,0802 \frac{S/}{kWh}$$

Donde:

C_E : Costo de la energía.

El costo de energía del sistema fotovoltaico para el casero de Jaway es de 0,0802 S/./kWh, por lo tanto el costo de la energía generada por este sistema es más económico que la de la energía convencional.

c) Ahorro monetario

El ahorro monetario que proporcionara este proyecto con su construcción se calcula con la Ecuación 37:

$$\text{Ahorro monetario anual} = (P_{A,E} \times P_E) - (P_{A,E} \times P_E) \quad (37)$$

$$\text{Ahorro monetario anual} = (23\ 052,56 \times 0,5262) - (23\ 052,56 \times 0,0802)$$

$$\text{Ahorro monetario anual} = 10\ 281,79 \text{ S/}.$$

La cantidad de dinero que se ahorra utilizando el sistema fotovoltaico en el caserío de Jaway es de 10 281,79 S/. con relación a la energía convencional.

3.3.21. Soporte metálico para paneles fotovoltaicos

Para el soporte se seleccionó una estructura elevada tipo ELV 2x8, está diseñada para elevar los paneles a 3 metros sobre el suelo, dicha altura es suficiente para no tener sombras, esta estructura proporciona a los paneles una inclinación de 15° respecto a la horizontal, Los materiales de la perfilería de la estructura elevada ELV 2x8 están fabricados íntegramente en aluminio de alta calidad, mientras que la tornillería y accesorios están creados en acero inoxidable. Las patas son de acero galvanizado en caliente, también se incluyen los presores laterales y centrales que se encargan de sujetar cada módulo solar por su marco de aluminio al perfil de la estructura, está diseñada para poder soportar cargas de nieve de hasta 200N/m², y una carga de viento de 29 m/s.

3.3.22. Soporte para conductores autoportantes

Los postes seleccionados para el diseño del sistema fotovoltaico asilado para el caserío Jaway son postes de concreto armado 8/200/150/270 se usarán en postes de alineamiento y los postes 8/300/150/270 se usarán en postes de anclaje y fines de línea, estos postes serán centrifugados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 16 muestra los resultados del diseño de generadores fotovoltaicos aislados estudiado, también muestra el consumo medio diario, voltaje nominal del sistema fotovoltaico es de 48 V, la cantidad de paneles tanto en serie como en paralelo, los paneles son de 320 Wp de 24V cuyas especificaciones técnicas son: Largo 1 956 mm, ancho 992 mm, espesor 40 mm, corriente de operación de 8,05 A, voltaje punto de operación 37,65 V, y corriente de corto circuito 9,10 A.

Tabla 16

Resultados del diseño de generadores fotovoltaicos.

Especificaciones técnicas	Consumo medio diario (Wh/día)	Voltaje nominal del sistema fotovoltaico (V)	Número de paneles fotovoltaicos		
			Serie	Paralelo	Total
Panel policristalino Era Solar de 320 Wp de 24V	45 278,10	48	2	40	80

Fuente. Elaboración propia

Para el diseño se usó paneles policristalinos, aunque la tecnología monocristalina tiene una mayor eficiencia de conversión de energía que la policristalina (cerca del 18 %), las mejoras actuales y la avanzada tecnología en las fabricaciones han permitido que esta última tecnología llegue a eficiencias cercanas a la monocristalina, convirtiéndola en más económica y comercial en el país (Mejía, 2018).

La Tabla 17 muestra los resultados del diseño propuesto para el banco de baterías, también se muestra la capacidad del banco de baterías, el voltaje nominal del sistema fotovoltaico es de 48 V, se tomó 2 días de autonomía, las baterías son de 12 V, cuyas especificaciones técnicas son: Capacidad nominal 250 Ah, largo 555 mm, ancho, 125 mm, altura 320 mm, con un total de 40 baterías, 4 en serie y 10 en paralelo.

Tabla 17

Resultados del diseño del banco de baterías.

Especificaciones técnicas	2 días de autonomía				
	Capacidad del banco de baterías (Ah)	Voltaje nominal del sistema fotovoltaico (V)	Número de baterías		
			Serie	Paralelo	Total
Batería TFS U- Power 12 V	250	48	4	10	40

Fuente. Elaboración propia

Los más empleados en sistemas fotovoltaicos, por su buen precio, aunque requieren de un adecuado mantenimiento y condiciones de trabajo; las de Níquel – cadmio que presentan la ventaja de poder trabajar a descargas muy altas sin dañarse, lo que permite entregar niveles de tensión altos hasta el momento de la descarga (Aranda y Ortego, 2011). Son consideradas el talón de Aquiles de los sistemas autónomos, estos sistemas que no son conectadas a la red. Representan gran parte de la inversión, pero tienen frecuentemente la vida más corta de toda la instalación (Rufasto, 2019).

La Tabla 18 muestra los resultados del diseño planteado para el regulador de carga, el diseño considera 5 reguladores MPPT- Victron Energía, cuyas especificaciones técnicas son: largo 216 mm, ancho 295 mm, espesor 103 mm, voltaje de 48 V, corriente de 100 A.

Tabla 18

Resultados del diseño del controlador de carga.

Especificaciones técnicas	Corriente nominal (A)	Voltaje nominal del sistema fotovoltaico (V)	Número de controladores de carga
Controlador de carga MPPT- Victron Energía (150/100)	100	48	5

Fuente. Elaboración propia

Para el diseño se usa un controlador que cuenta con un dispositivo electrónico que permite extraer la máxima potencia paso por paso, del generador fotovoltaico. Este dispositivo es el seguimiento del Punto de Máxima Potencia (*Maximum Power Point Tracker*, MPPT). Los parámetros eléctricos que definen la elección del regulador son el nivel de tensión, que coincidirá con el nivel de tensión del sistema; y la corriente máxima que deberá manejar (Aranda y Ortego, 2011).

La Tabla 19 muestra los resultados del diseño propuesto para el inversor, el inversor propuesto es Must Solar 5000VA MPPT, cuyas especificaciones técnicas son, voltaje de baterías del sistema 48 VDC, potencia 4000 W, eficiencia 93%, voltaje de salida 230 VAC, frecuencia 60 Hz.

Tabla 19

Resultados del diseño del inversor.

Especificaciones técnicas	Frecuencia (Hz)	Voltaje nominal del sistema fotovoltaico (V)	Voltaje de salida (V)	Número de inversores
Inversor Must Solar 5000VA MPPT	60	48	230	1

Fuente. Elaboración propia

El autoconsumo del inversor sin carga conectada no deberá ser mayor al 2% de la potencia nominal de salida; mientras que las pérdidas diarias por el inversor no deberán exceder el 5% del consumo total diario (Valdiviezo, 2014). Para el diseño se usa un inversor Must Solar 5000VA MPPT, con una frecuencia de 60 Hz, y una eficiencia de 93% y potencia de 4000 W.

El consumo de energía en el caserío Jaway se puede comparar con otros estudios realizados en el Perú, el caserío chorro blanco, distrito de San Andrés de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento Cajamarca tiene un consumo diario promedio de 13 980 Wh/día, mientras que el centro poblado Guarrago, distrito de Socotá, provincia de Cutervo, departamento Cajamarca tiene un consumo medio diario promedio sin alumbrado público de 27 734 Wh/día.

V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la elaboración del trabajo de investigación denominado diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca se concluye:

- a) Para el caserío Jaway la irradiación máxima para un ángulo óptimo de 15° fue de $4,31 \text{ (kWh/m}^2 \text{ /día)}$ esto se da en el mes de octubre y la irradiación mínima fue de $3,14 \text{ (kWh/m}^2 \text{ /día)}$ que se da en el mes de febrero.
- b) Se determinó que la demanda eléctrica que requiere el caserío Jaway la cual fue de 3 247 W y un consumo de energía diario de 35 575,00 Wh/día .
- c) El sistema fotovoltaico aislado está conformado por 80 Paneles policristalino Era Solar de 320 Wp de 24V , 40 baterías TFS U- Power 12 V , 5 reguladores MPPT- Victron de 100 A y 1 inversor Must Solar 5000VA MPPT , la potencia de captación del generador fotovoltaico aislado es de 25 600 Wp .
- d) La evaluación económica para el sistema fotovoltaico para el caserío de Jaway el costo de inversión fue de $155 \text{ 846,447 soles}$, mientras que el ahorro económico en 1 año comparando con la energía convencional será de 10 281,79 soles . Además, el tiempo de recuperación del sistema fotovoltaico será dentro del quinceavo año de haber instalado el sistema.

VI. RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en la investigación son un aspecto de mucha importancia para el crecimiento poblacional de todos los usuarios del caserío Jaway, es por ello que se recomienda lo siguiente:

- a) Se recomienda que este tipo de proyectos sea aplicado en otros caseríos, centro poblados, localidades aisladas, donde la energía convencional no sea capaz de llegar a estos usuarios, este tipo de proyectos puede aplicarse tanto en el departamento Cajamarca u otros departamentos del país, con el fin de aprovechar su energía solar óptima.
- b) Se recomienda realizar un diseño mediante un sistema híbrido eólico-solar para así aprovechar al máximo las energías renovables que brinda el caserío Jaway, y así también disminuir considerablemente el uso del subsistema de almacenamiento.
- c) Se recomienda capacitar a los moradores tanto en la parte técnica, humanística y ambiental, para así poder hacer un buen uso de la energía eléctrica y cumplir con el ciclo de la vida útil de cada uno de los equipos del sistema fotovoltaico

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, M. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid.
- Aranda, A., & Ortego, A. (2011). *Energías renovables. Integración de energías renovables en edificios (1º edición)*. Zaragoza, España.
- Ariel, M. L., Sanabria, A. C., & Pérez, W. J. (2016). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez-Boyacá*. Colombia.
- Arreola, G., Quevedo, N., Castro, P., Bravo, V., & Reyes, M. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. 1715-1727.
- Banyeras, L. J. (2004). *Energía solar*. Barcelona: Ceac.
- Bárcena Maldonado, A., & Bárcena Maldonado, S. (2014). *Aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica Dentro de un Proyecto de Vivienda Sustentable*.
- Bonzon, H. J., & Escalona, C. O. (2015). Seguidor solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar. 190-199.
- Buendia Yanez, A. P. (2014). *Caracterizacion y evaluacion economica para la inversion en plantas menores a 20MW conectadas al sistema interconectado nacional (sin) de Colombia a partir de nuevas fuentes de energia renovables eolica y solar*. Medellin.
- Casallo, O. T. (2011). *Energía solar fotovoltaica en el distrito de Orcotuna Región Junín*. Callao: Universidad Nacional del Callao. Callao.
- Cendales, L. E., & Jiménez, C. S. (2010). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. 42-63.
- Clemente, D. L. (2014). *Optimizacion del Sistema Solar Fotovoltaico para la Generacion de Energia Electrica en Viviendas Aisladas Altoandinas*. Huancayo.
- Díaz, A. F. (2018). *Dimensionamiento de una minicentral solar fotovoltaica aislada para el suministro de energía eléctrica al centro poblado Guarrago ubicado en el distrito de Súcota, provincia de Cutervo, Departamento de Cajamarca*. Lambayeque.

- Dimter Lagos, D. A. (2010). *Soluciones de Abastecimiento Electrico a Traves de Paneles Fotovoltaicos para una Vivienda en la Ciudad de Valdivia*. Valdivia.
- Escobedo León, R. A. (2018). *Implementacion de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de computo en el colegio nacional "coloso y emblematico Jaen de Bracamoros-Jaen-Cajamarca"*. Lambayeque.
- González, G. R., Jiménez, G. H., & Lagunas, M. J. (2003). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. 140-144.
- Mejia, V. E. (2018). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autonomo para el Suministro de Energia al Laboratorio de Ingenieria Mecánica y Eléctrica de la Universidad Politecnica Amazonica*. Bagua Grande-Amazonas.
- Muñiz, J. M. (2007). *Energia Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: FC Editorial.
- Patiño, A. J., Tello, R. J., & Hernandez, M. J. (2009). *Desarrollo de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos aplicando instrumentación virtual*. *Ingeniería*, 14(2). Bogotá - Colombia.
- Patiño, A. J., Tello, R. J., & Hernández, M. J. (2012). *Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Híbrido y Desarrollo de su Regulador de Carga Aplicando Instrumentación Virtual*. Bogotá - Colombia.
- Pereyra, R. T. (10 de 2011). *Potencial de las Energías Renovables en el Perú*. Lima - Perú.
- Pérez, G. D. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Valdivia - Chile.
- Perpiñán, O. (2015). *Energía solar fotovoltaica*. España: Creative Commons.
- Phoenix, S. (2017). *Sistemas aislados convencionales*. Madrid, España.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Fondo para el Medio Ambiente Mundial. (2002). *Manuales sobre energías renovables. Solar fotovoltaica*. San José, Costa Rica: Bun-ca.
- Rufasto, C. 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*. Jaen.

- Salas, R. Y., Gómez, B. H., Vanegas, C. M., Valencia, O. G., & Villicaña, O. E. (2018).
Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación
de energía eléctrica de forma aislada. 82-88.
- Salazar, E. J. (2017). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autonomo para Abastecimiento
Eficiente de Energia en el Ambito Rural*. Huancayo.
- Sanchez Barboza, M. (2017). *Diseño de un Suministro Electrico con Energia Solar
Fotovoltaica para Mejorar la Productividad de Equipos de Bombeo Agrícola del
Establo Gesa-Lambayeque, 2016*. Trujillo.
- Sebastián, S. Á. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso
de aplicación en la ciudad de Bogotá. 263-277.
- SENAMHI; Ministerio de Energía y Minas. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*. Lima,
Perú: SENAMHI.
- Senmaches, A. M. (2018). *Diseño de sistema de riego tecnificado utilizando energía solar
fotovoltaica para plantación de 2,18 ha de paltas en el fundo Prada, Distrito de
Motupe, Provincia y Departamento de Lambayeque*. Lambayeque.
- Tobajas, M. (2011). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Murcia, España.
- Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de
Energia Electrica a 15 Computadoras Portatiles en la PUCP*. Lima.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Metrado y presupuesto

ANEXO 2. Especificaciones técnicas de los equipos del sistema fotovoltaico aislado

ANEXO 3. Láminas de detalle de la red secundaria 220 V

ANEXO 4. Ficha técnica del conductor

ANEXO 1. Metrado y presupuesto

PRESUPUESTO					
DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAEN- CAJAMARCA					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN					
UBICACIÓN	CAJAMARCA - JAEN - JAEN				
TESISTAS	DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS	JENRY DELGADO TANTALEÁN			
ITEM	DESCIPCION	UND	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
PLANTA FOTOVOLTAICA					
01	PLANTA FOTOVOLTAICA				96,628.000
01.01	SUMINISTRO DE MATERIALES				88,500.000
01.02	TRANSPORTE DE MATERIALES				1,000.000
01.03	MONTAJE E INSTALACION DE COMPONENTES DE PLANTA FOTOVOLTAICA				7,128.000
REDES SECUNDARIAS					
01	REDES SECUNDARIAS				22,638.600
01.01	SUMINISTRO DE MATERIALES				11,897.600
01.01.01	SUMINISTRO DE POSTES	glb	1.00	3,327.000	3,327.000
01.01.02	SUMINISTRO DE FERRETERIA ELECTRICA	glb	1.00	363.500	363.500
01.01.03	SUMINISTRO DE CABLES Y CONDUCTORES	glb	1.00	3,408.600	3,408.600
01.01.04	SUMINISTRO DE ALUMBRADO PUBLICO	glb	1.00	1,546.500	1,546.500
01.01.05	SUMINISTRO DE RETENIDAS	glb	1.00	1,248.000	1,248.000
01.01.06	SUMINISTRO DE PUESTA A TIERRA	glb	1.00	582.400	582.400
01.01.07	SUMINISTRO DE ACOMETIDAS	glb	1.00	1,421.600	1,421.600
01.02	TRANSPORTE DE MATERIALES				4,500.000
01.02.01	TRANSPORTE DE MATERIALES RS	glb	1.00	4,500.000	4,500.000
01.03	MONTAJE ELECTROMECHANICO				6,241.000
01.03.01	IZADO DE POSTES DE C.A.C DE BT				2,251.000
01.03.01.01	EXCAVACION DE HOYO PARA POSTE DE 8m	und	9.00	73.000	657.000
01.03.01.02	IZADO DE POSTES DE C.A.C DE BT	und	9.00	80.000	720.000
01.03.01.03	CIMENTACION DE POSTES DE C.A.C DE BT	m3	4.37	200.000	874.000
01.03.02	MONTAJE DE ARMADOS				272.000
01.03.02.01	MONTAJE DE ARMADO TIPO E1/S	und	3.00	23.000	69.000
01.03.02.02	MONTAJE DE ARMADO TIPO E3/S	und	2.00	23.000	46.000
01.03.02.03	MONTAJE DE ARMADO TIPO 2E3/S	und	2.00	46.000	92.000
01.03.02.04	MONTAJE DE ARMADO TIPO E4/S	und	1.00	29.000	29.000
01.03.02.05	MONTAJE DE ARMADO TIPO E5/S	und	1.00	36.000	36.000
01.03.03	INSTALACION DE RETENIDAS				600.000
01.03.03.01	INSTALACION DE RETENIDAS	und	6.00	100.000	600.000
01.03.04	TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE CONDUCTOR				1,195.000
01.03.04.01	TENDIDO Y FLECHADO DE CABLE AUTOPORTANTE CAAI 2X16/25 mm ²	m	597.50	2.000	1,195.000
01.03.05	INSTALACION DE PUESTAS A TIERRA				813.000
01.03.05.01	EXCAVACION DE HOYO EN TERRENO PARA PUESTA A TIERRA	und	3.00	85.000	255.000
01.03.05.02	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1	und	3.00	36.000	108.000
01.03.05.03	RELLENO Y COMPACTACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1	und	3.00	150.000	450.000

PRESUPUESTO

**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y
PROVINCIA JAEN- CAJAMARCA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

UBICACIÓN CAJAMARCA - JAEN - JAEN
TESISTAS DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS JENRY DELGADO TANTALEÁN

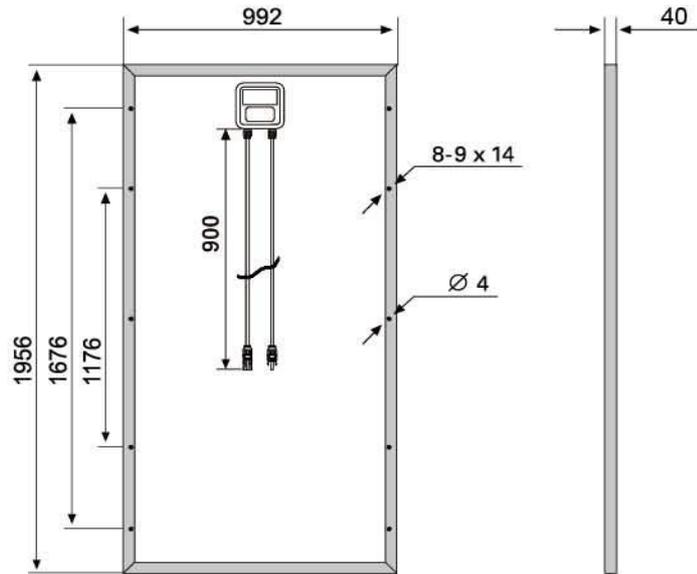
ITEM	DESCIPCION	UND	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
01.03.06	INSTALACIÓN DE LUMINARIAS				270.000
01.03.06.01	INSTALACION DE LUMINARIA, LAMPARA DE 50W Y PASTORAL	und	5.00	54.000	270.000
01.03.07	INSTALACION DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS				840.000
01.03.07.01	INSTALACION DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CORTA	und	4.00	70.000	280.000
01.03.07.02	INSTALACION DE ACOMETIDA DOMICILIARIA LARGA	und	7.00	80.000	560.000
02	PRUEBAS Y PUESTAS EN SERVICIO				800.000
02.01	PRUEBAS Y PUESTAS EN SERVICIO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	glb	1.00	800.000	800.000
	COSTO DIRECTO				120,066.000
	GASTOS GENERALES (10%)				12,006.660

	SUBTOTAL				132,073.260
	IGV				23,773.187
					=====
	TOTAL PRESUPUESTO				155,846.447

ANEXO 2. Especificaciones técnicas de los equipos del sistema fotovoltaico aislado

ESPMC

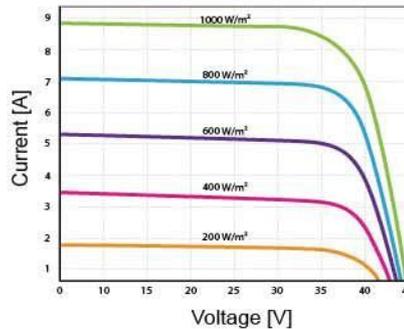
Polycrystalline Solar Module



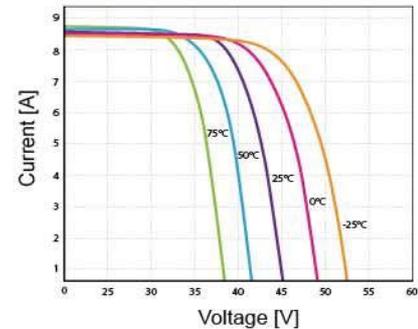
SPECIFICATIONS

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 mm ² 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%

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).

CHARACTERISTICS

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

CERTIFICATES

IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
PID Resistant

INSURANCE

Chubb

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



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© March 2015 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SERIE TFS & RS

AGM CICLO PROFUNDO

Características

- Tecnología AGM.
- Diseño de vida extremadamente alto en uso cíclico.
- Clasificación EUROBAT: 12 + Larga Vida.
- Baterías VRLA, sin mantenimiento, 99% eficiencia en la recombinación interna de gases.
- Fácil instalación y comprobación.
- Carcasa de ABS V0, retardante de llama.
- Batería 100% reciclable.

Aplicaciones

Energía fotovoltaica, auto caravanas, caravanas, barcos, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, vehículos eléctricos, barredoras, fregadoras, elevadores, apiladores, luminarias de carretera.

DEEP CYCLE AGM

Main Features

- AGM technology.
- Extremely high cyclic life.
- EUROBAT classification; 12+ years design life, Long Life.
- VRLA batteries, maintenance free, internal gas recombination efficiency 99%.
- Easy installation and commissioning.
- ABS V0 (flame retardant) container and lid.
- Battery 100% recyclable.

Main uses

Solar energy systems, mobile homes, street solar lighting, vessels, fork lifts, lifting platforms, electrical vehicles, sweepers, scrubbing machines, electric stackers, etc.

Model	Nominal Voltage (V)	Rated Capacity (AH) 10HR	Dimension								Weight kg	I.R.	Terminal type
			Length		Width		Height		Total Height				
			mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.			
UP-TFS250-12	12	250	555	21.8	125	4.9	320	12.6	320	12.6	57.3	4.03	1+1 FA
UP-RS250-6	6	255	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	35.0	1.4	1+1 TA
UP-RS388-4	4	388	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	36.0	0.81	1+1 TA
UP-RS500-2	2	500	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	28.5	0.39	2+2 FA
UP-RS625-2	2	625	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	32.0	0.35	2+2 FA
UP-RS775-2	2	775	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	36.0	0.31	2+2 TA

* Las medidas y especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo

* Technical specifications may be change without any notice,



Must Solar 3000VA-5000VA MPPT



PV1800 HM Series

Inversor de Alta Frecuencia

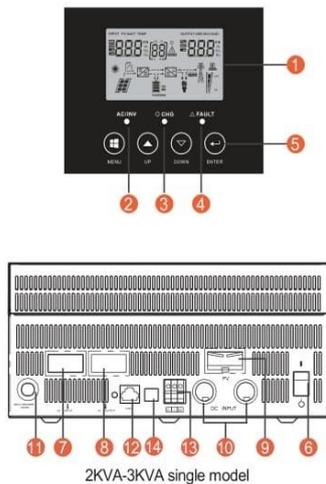
Características

- Potencia Nominal de 3kVA y 5kVA
- Onda Senoidal Pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador MPPT de 60A u 80A según versiones
- MPPT con eficiencia máxima del 98%
- Modo de trabajo combinando la carga solar y desde generador o de red eléctrica simultánea manteniendo la potencia de salida
- Protección contra sobretensión, sobrecarga y descarga profunda
- Función de arranque en frío
- Con programa para PC (CD Incluido) para programación del Inversor
- Sistema de monitorización WiFi (opcional)
- Compatible con generadores de gasolina o diésel

Introducción:

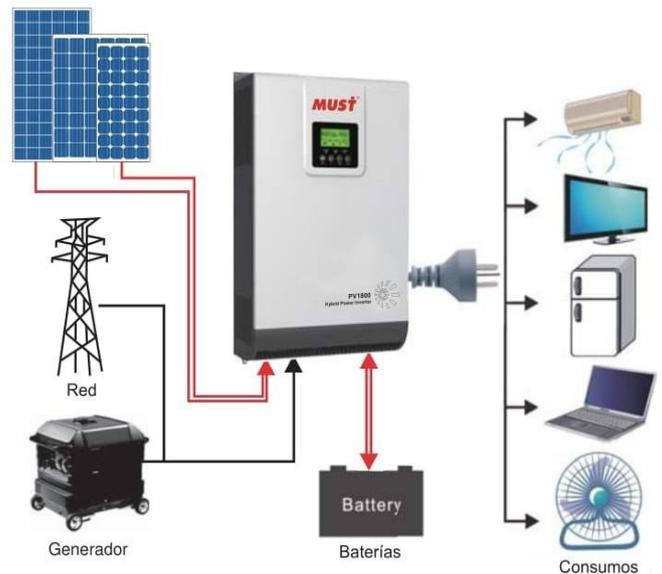
Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo MPPT. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes métodos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

Información del Display LCD



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Display LCD | 10. Entrada batería |
| 2. Indicador de estado | 11. Protección entrada AC |
| 3. Indicador de Carga / Descarga | 12. Puerto de comunicación RS485 |
| 4. Indicador de fallo | 13. Contacto de libre potencia |
| 5. Botones de Navegación | 14. USB |
| 6. Botón de encendido / apagado | |
| 7. Entrada AC desde generador o Red | |
| 8. Salida AC a consumos | |
| 9. Entrada de paneles | |

Conexión del Sistema Solar



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

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, 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
MPPT 150/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



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



Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> 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/Sobretensión				
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 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)		35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)		
Bornes de la batería	35mm ² / 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 $V_{bat} + 5V$ para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de $V_{bat} + 1V$.

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

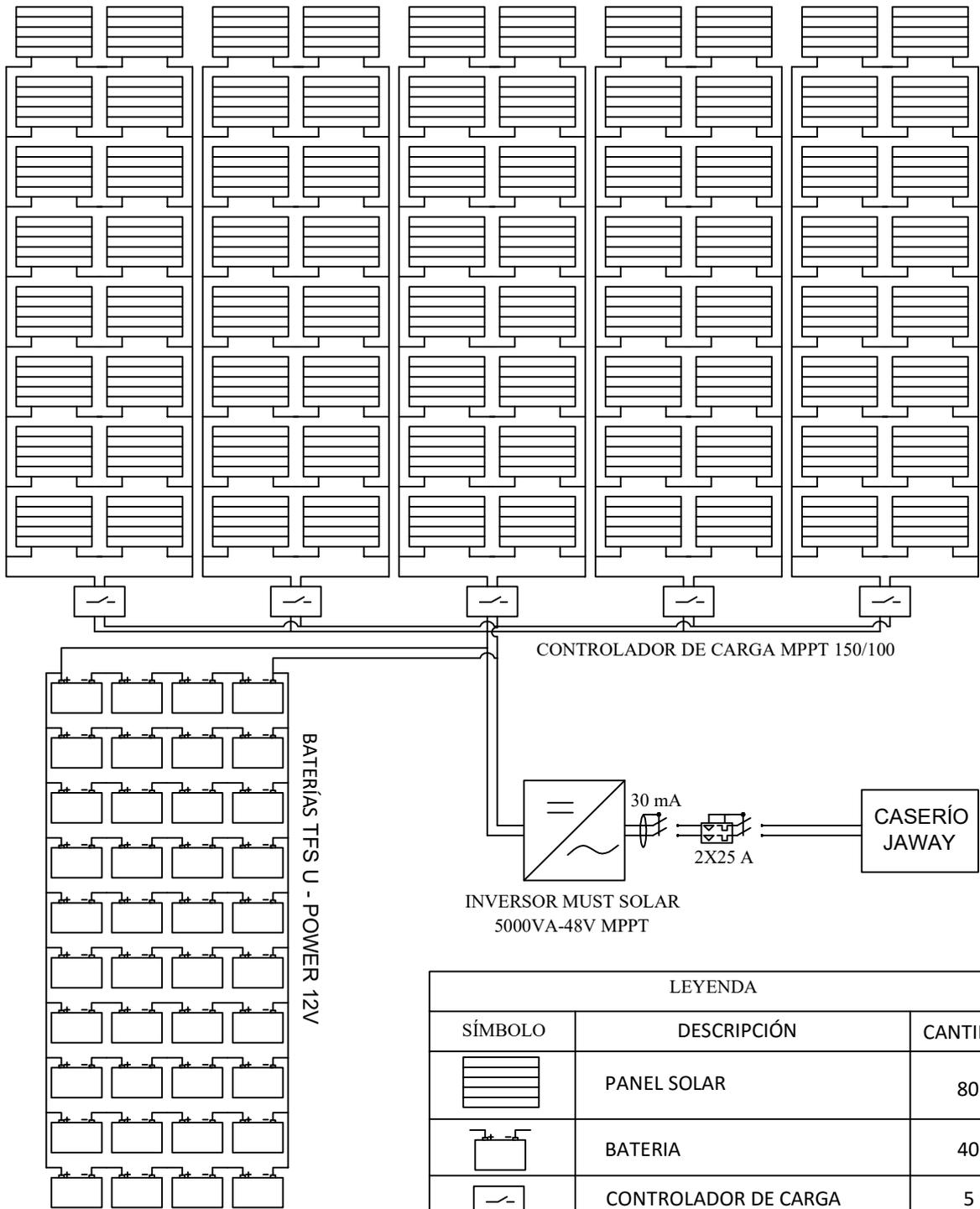
Especificaciones

MODELO		PV18-3024 HM	PV18-5048 HM
Voltaje de Baterías del Sistema		24VDC	48VDC
SALIDA INVERSOR	Potencia del Inversor	3000VA	5000VA
		2400W	4000W
	Pico potencia	6000VA	10000VA
	Tipo de Onda	Onda Senoidal Pura	
	Regulación de Voltaje AC (Modo baterías)	220VAC-240VAC	
	Eficiencia del Inversor	93%	
	Tiempo de Tránsito	10ms(FST- APL); 20ms(SLO)	
AC ENTRADA	Voltaje Salida AC	230VAC	
	Rango V. Salida (Seleccionable)	170~280VAC(FST) ; 90~280VAC(SLO);184-253VAC(APL)	
	Rango de Frecuencia	50Hz/60Hz (Auto programado)	
BATERÍA	Voltaje nominal	24VDC	48VDC
	Voltaje carga flotación	27VDC	54VDC
	Protección sobrevoltaje	31VDC	60VDC
CARGADOR SOLAR & CARGADOR AC	Voltaje máximo FV Circuito abierto	145VDC	
	Rango voltaje MPPT	30~130VDC	64~130VDC
	Consumo en stand-by	2W	
	Potencia entrada FV	1500W	4000W
	Corriente carga máxima FV	60A	80A
	Eficiencia máxima	98%	
	Corriente carga máxima AC	30A	60A
	Carga máx. combinada	80A	140A
ESPECIF. MECÁNICAS	Dimensiones (mm)	272*355*100	295*528*121
	Dimensiones caja (mm)	540*395*241	628*425*251
	Peso neto(kg)	11	14
	Peso paquete(kg)	12	15
VARIOS	Humedad	5% a 95% Humedad relativa (sin condensación)	
	Temperatura funcionam.	0°C-55°C	
	Temperatura almac.	-15°C -60°C	

Conexiones



PANELES SOLARES ERA SOLAR 320 Wp - 24V



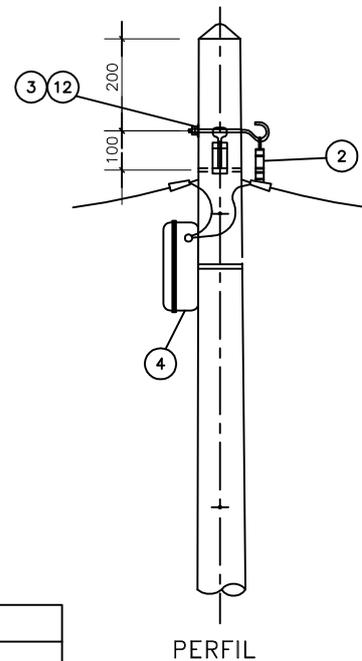
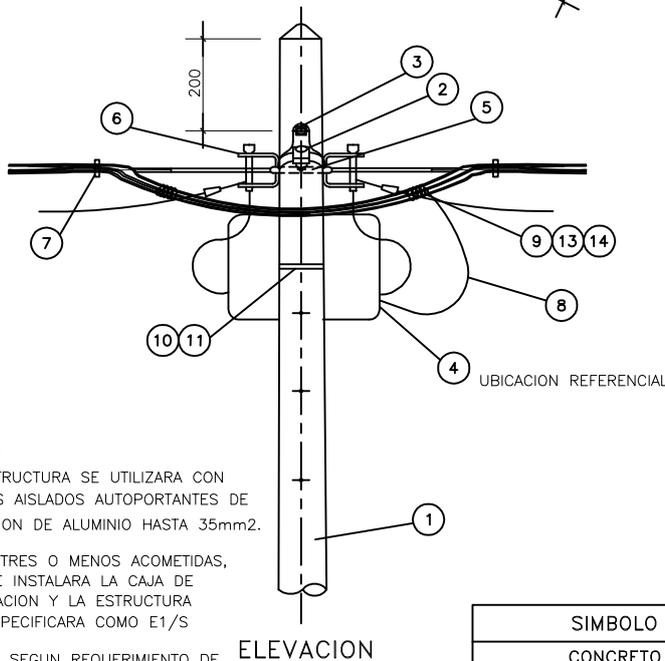
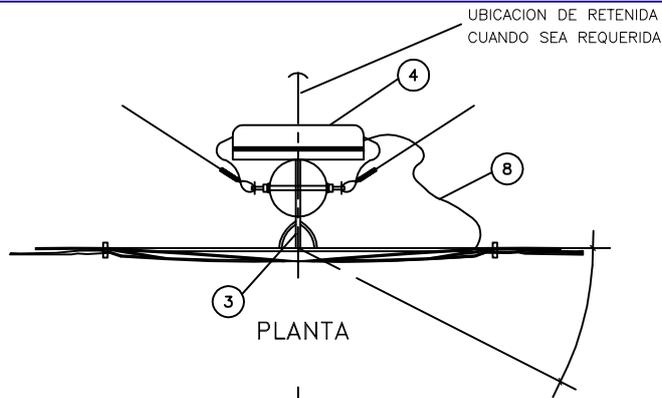
LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	PANEL SOLAR	80
	BATERIA	40
	CONTROLADOR DE CARGA	5
	INVERSOR	1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN	<p align="center">PROYECTO DE TESIS</p> <p align="center">TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA</p>	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAEN		ESC.: S/N
PROVINCIA: JAEN	<p align="center">PLANTA DE GENERACIÓN</p>	N° LAMINA 01
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		



*** NOTA :**

- LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO HASTA 35mm².
- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E1/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

SIMBOLO
CONCRETO

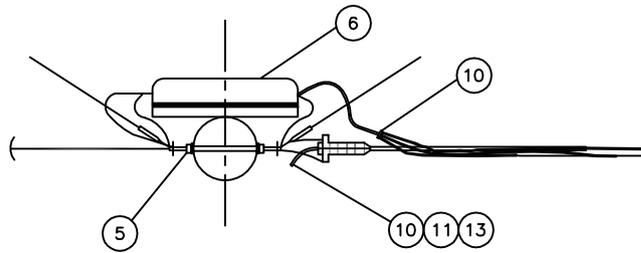
ITEM	DESCRIPCION	E1/S
14	CINTA VULCANIZANTE	0
13	CINTA AISLANTE VINILICA	0
12	ARANDELA CUADRADA CURVA A'G' 57x57x5mm	2
11	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 19mm	0
10	CINTA BANDIT 19mm DE ANCHO	0
9	CONECTOR BIMETALICO PARA Al/Cu CUÑA TIPO II	0
8	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO N2XY 0,6/1 kV, 3x10 mm ²	0
7	CORREA PLASTICA AMARRE COLOR NEGRO	4
6	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G', PROVISTO DE PIN DE 10mmØ	s.req.
5	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0
	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0
4	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 440-220V	0
3	PERNO GANCHO A'G' 16mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	PERNO GANCHO A'G' 16mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0
2	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR DE ALEACION DE ALUMINIO	1
1	POSTE DE CAC 8/200/150/270 CON PERILLA	1



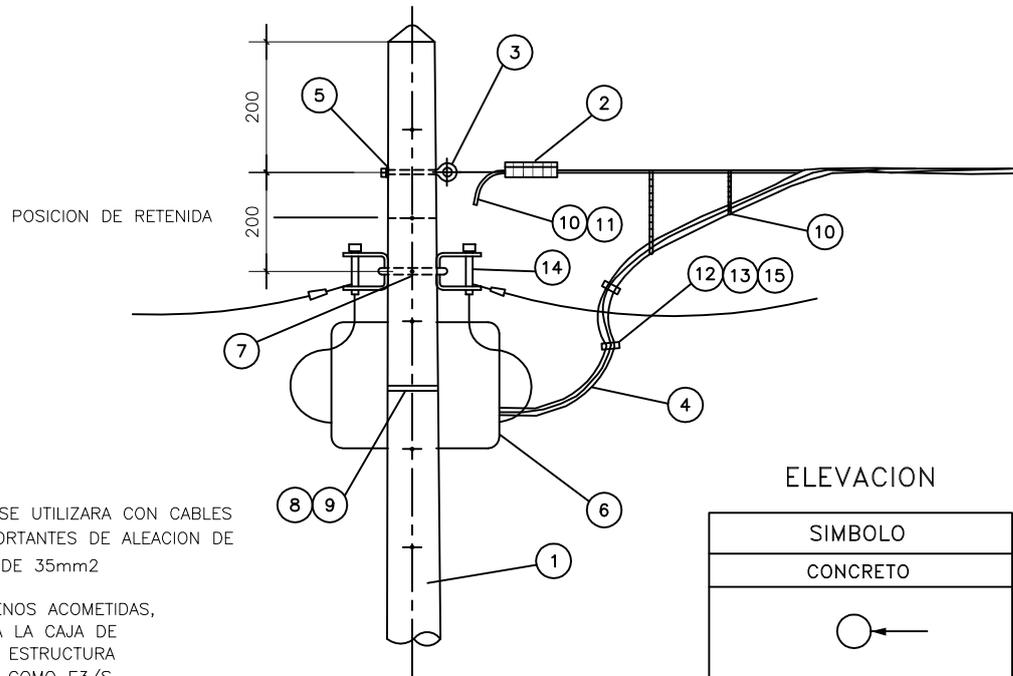
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO Y ANGULO PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E1	N° LAMINA 02
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		



PLANTA



* NOTA :

- LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO HASTA DE 35mm²
- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E3/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

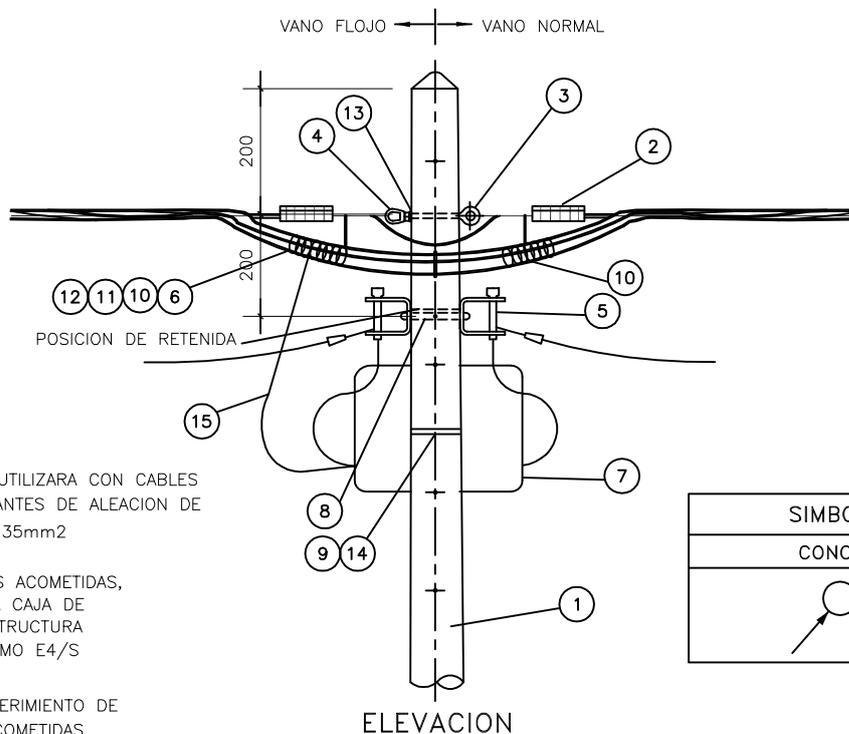
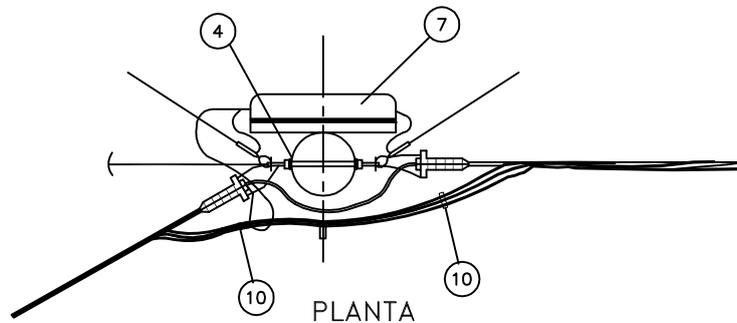
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	E3/S
15	CONECTOR BIMETALICO PARA Al/Cu CUÑA TIPO II	0	0
14	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G', PROVISTO DE PIN DE 10mmØ	0	0
13	CINTA VULCANIZANTE	0.2	0.2
12	CINTA AISLANTE VINILICA	0.2	0.2
11	CAPUCHONES TERMOCONTRAIBLES	4	4
10	CORREA PLASTICA AMARRE COLOR NEGRO	4	4
9	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 19mm	0	0
8	CINTA BANDIT 19mm DE ANCHO	0	0
7	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0	s.req.
	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0	0
6	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 440-220V	0	0
5	ARANDELA CUADRADA CURVA A'G' 57x57x5mm	2	2
4	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO N2XY 0,6/1 kV, 3x10 mm ²	0	0
3	PERNO OJO A'G' 16mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
	PERNO OJO A'G' 16mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0	0
2	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO	1	1
1	POSTE CAC 8/300/150/270 CON PERILLA	1	1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEAN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ESTRUCTURA DE EXTREMO DE LINEA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E3	03



*** NOTA :**

- LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO HASTA DE 35mm²
- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E4/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.
15	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO N2XY 0,6/1 kV, 3x10 mm ²	0
14	CINTA BANDIT 19mm DE ANCHO	0
13	ARANDELA CUADRADA CURVA A°G° 57x57x5mm	2
12	CINTA VULCANIZANTE	0
11	CINTA AISLANTE VINILICA	0
10	CORREA PLASTICA AMARRE COLOR NEGRO	7
9	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 19mm	0
8	PERNO MAQUINADO DE A°G° DE 13mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	s.req.
	PERNO MAQUINADO DE A°G° DE 13mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0
7	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 440-220V	0
6	CONECTOR BIMETALICO PARA Al/Cu CUÑA TIPO II	0
5	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10mmØ	2
4	TUERCA OJO DE A°G° DE 16mmØ	1
3	PERNO OJO A°G° 16mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	PERNO OJO A°G° 16mmØ x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	0
2	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO	2
1	POSTE CAC 8/300/150/270 CON PERILLA	1

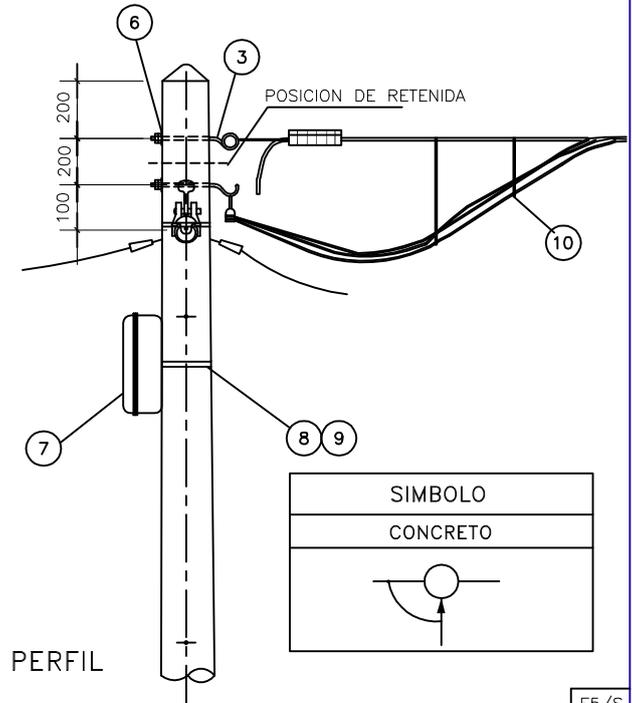
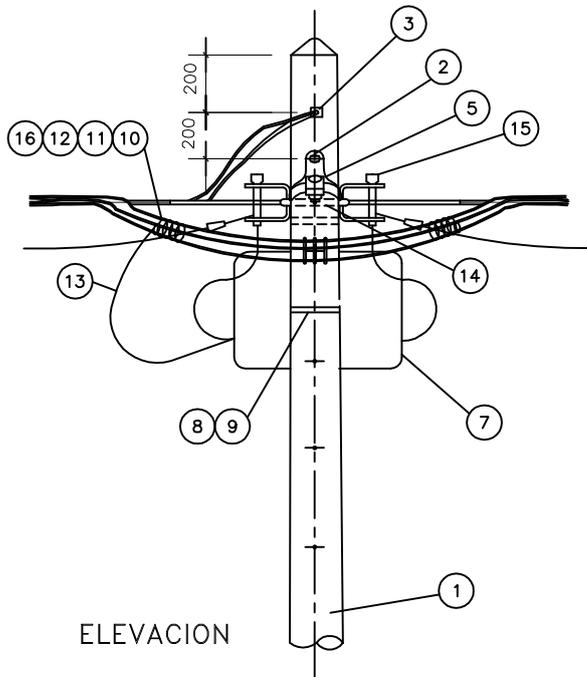
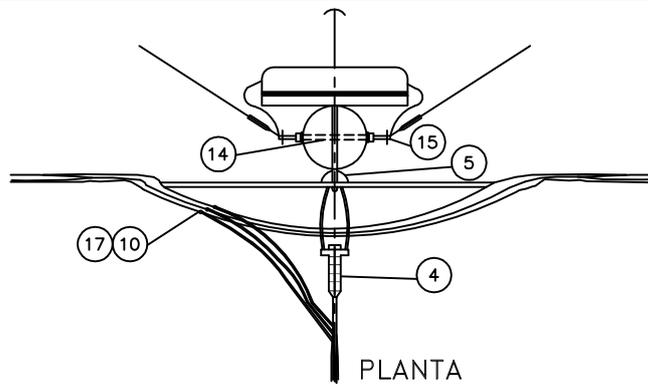


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN	PROYECTO DE TESIS TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	REDES SECUNDARIAS ESTRUCTURA EXTREMO DE LINEA CON DERIVACION PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E4	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN		N° LAMINA 04
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		



- * **NOTA :**
- LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO HASTA DE 35mm²
 - PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E5/S
 - s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	E5/S
17	CONECTOR BIMETALICO PARA Al/Al CUÑA TIPO I		0
16	CONECTOR BIMETALICO PARA Al/Cu CUÑA TIPO II		0
15	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G', PROVISTO DE PIN DE 10mm \emptyset		s.req.
14	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mm \emptyset x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		1
	PERNO MAQUINADO DE A'G' DE 13mm \emptyset x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		0
13	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO N2XY 0,6/1 kV, 3x10 mm ²		0
12	CINTA VULCANIZANTE		0.4
11	CINTA AISLANTE VINILICA		0.4
10	CORREA PLASTICA AMARRE COLOR NEGRO		8
9	HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE DE 19mm		0
8	CINTA BANDIT 19mm DE ANCHO		0
7	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 440-220V		0
6	ARANDELA CUADRADA CURVA A'G' 57x57x5mm		4
5	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR DE ALEACION DE ALUMINIO		1
4	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO		1
3	PERNO OJO A'G' 16mm \emptyset x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		1
	PERNO OJO A'G' 16mm \emptyset x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		0
2	PERNO GANCHO A'G' 16mm \emptyset x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		1
	PERNO GANCHO A'G' 16mm \emptyset x 305mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA		0
1	POSTE CAC 8/300/150/270 CON PERILLA		1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	

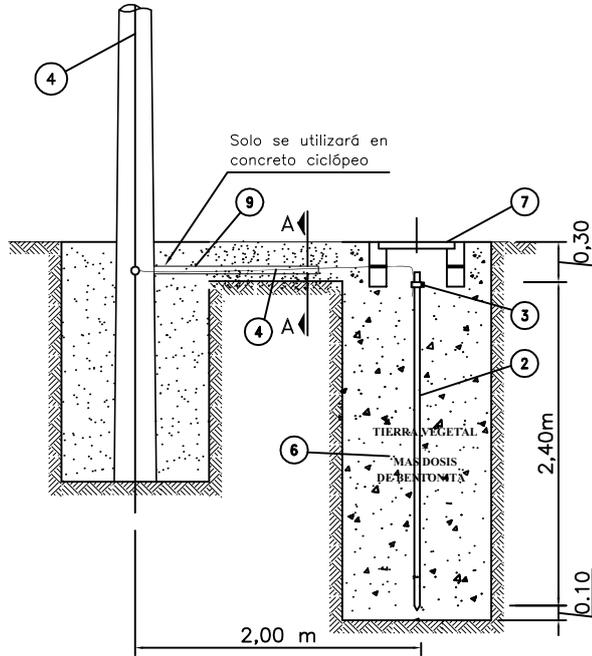
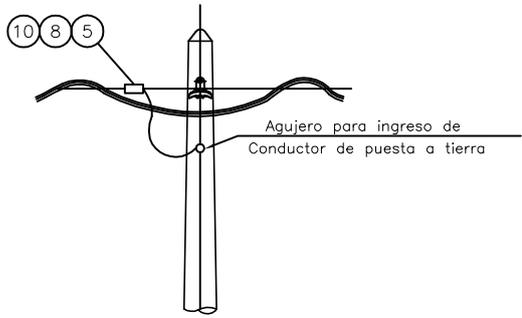


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

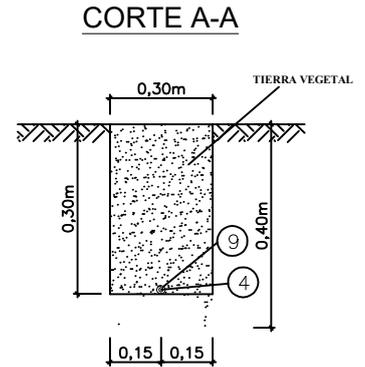
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



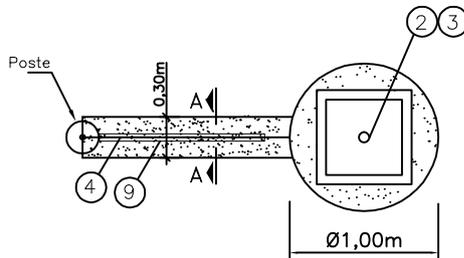
DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEAN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO CON DERIVACION PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E5	05



PAT-1
VISTA DE PLANTA



TIPO	VOLUMEN (m3)	
	EXCAVACION	RELLENO
PAT-1	1.41	1.41



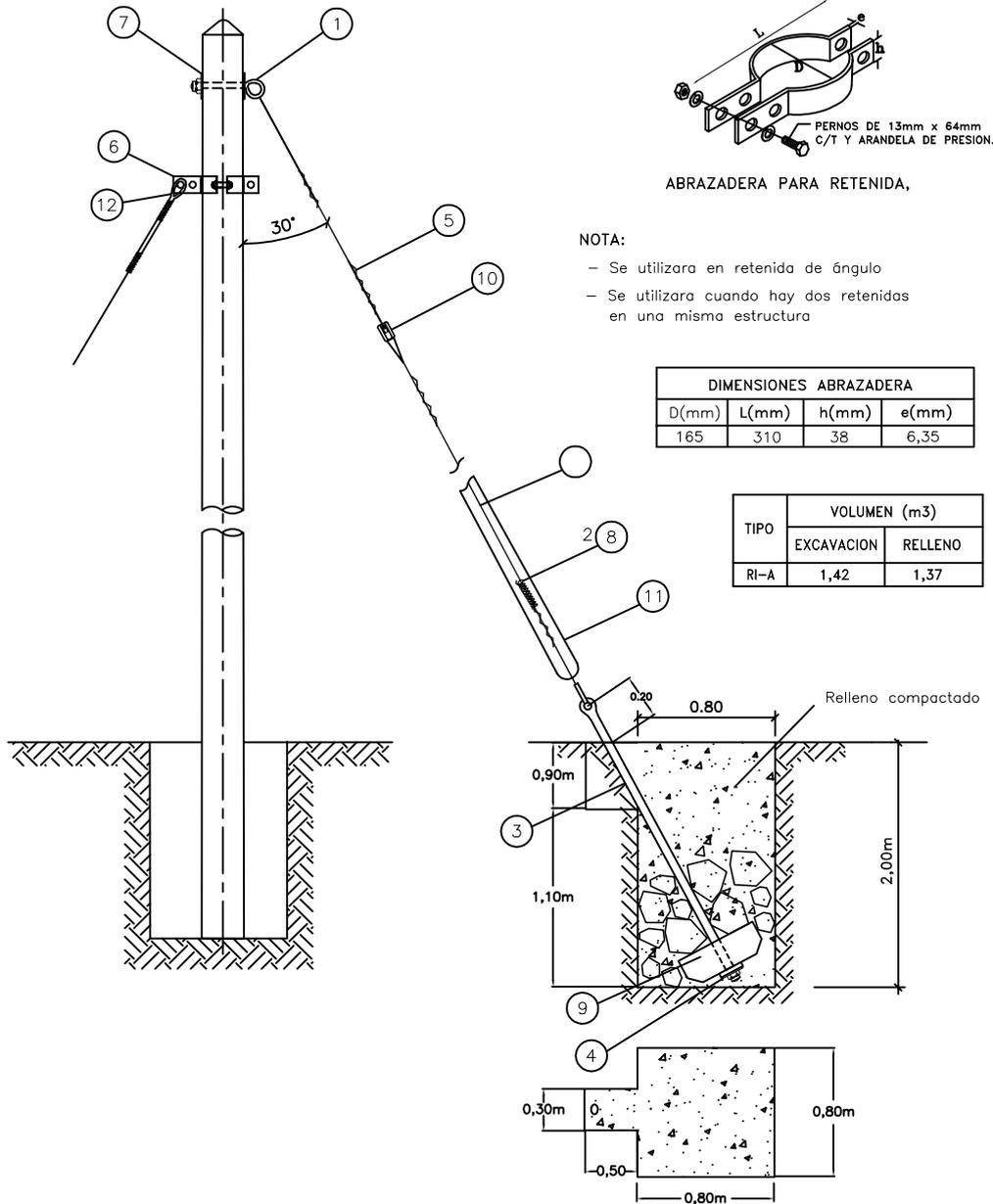
10	CINTA VULCANIZANTE	0.20 rll
9	TUBO DE PVC 19 mm DIAMETRO x 3.00 m Longitud.	1
8	CINTA AISLANTE VINILICA	0.20 rll
7	CAJA REGISTRO DE CONCRETO PARA PUESTA A TIERRA DE 396mmØ X 300 mm; CON ASA Y TAPA	1
6	BENTONITA SODICA DE 30Kg	2 bol
5	CONECTOR BIMETALICO PARA Al-25mm ² /Cu-35mm ² CUÑA TIPO I	1
4	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 35 mm ²	11m
3	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE DE 35 mm ²	1
2	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	1
1	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10 mm Ø Y COBRE DE 35 mm ²	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	06



13	CONECTOR BIMETÁLICO PARA AL 25 mm ² Y COBRE DE 35 mm ² , TIPO CUÑA	1
12	GUARDACABO DE A'G', PARA CABLE DE ACERO GALVANIZADO DE 10mmØ; DE DIMENSIONES Ø 26mm; 46mm X 68 mm	1
11	MORDAZA DE A'G' DE 2mm x 2.40m CON PERNOS, SEGURO Y TUERCA	1
10	AISLADOR TIPO TRACCIÓN DE PORCELANA, CLASE ANSI 54-1	1
9	BLOQUE DE CONCRETO DE 0.40 x 0.40 x 0.15m	1
8	ALAMBRE DE ACERO N° 16; PARA ENTORCHADO	0.16Kg
7	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G' 57 x 57 x 5mm, AGUJERO DE 18mmØ	2
6	ABRAZADERA PARA RETENIDA 165 mm Ø	1
5	MORDAZA PREFORMADA DE A'G' PARA CABLE DE 10mmØ	4
4	ARANDELA DE ANCLAJE DE ACERO DE 102 x 102 x 5 mm, AGUJ. 18 mm Ø	1
3	VARILLA DE ANCLAJE DE A' G' DE 16 mm Ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA. Y CTCA. EN EL OTRO	1
2	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10mmØ, 7 hilos	9m
1	PERNO ANGULAR CON OJAL GUARDACABO DE A'G', 16mmØ x 254mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTARTUERCA	1jgo
ITEM	DESCRIPCION	CANT.

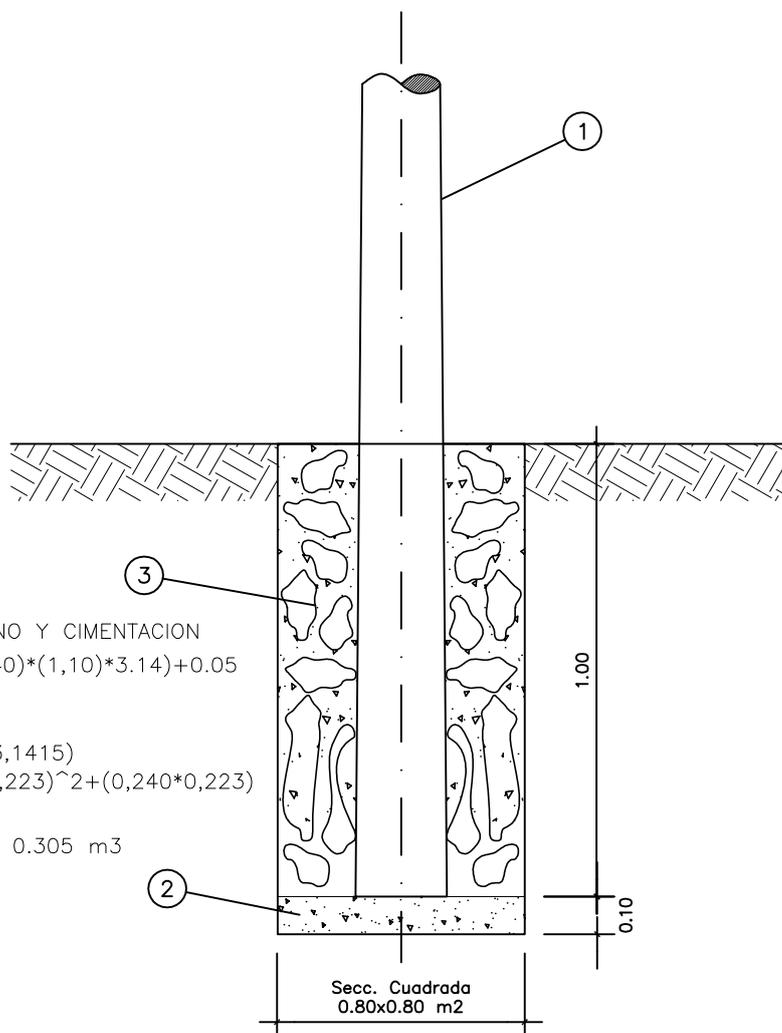


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEAN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA RETENIDA INCLINADA	N° LAMINA 07
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		

DETALLE DE CIMENTACION DE POSTES C.A.C 8m



VOLUMEN DE RELLENO Y CIMENTACION

$$V1 = \frac{1}{3}(0,40)(0,40)(1,10) \cdot 3,14 + 0,05$$

$$V1 = 0,603 \text{ m}^3$$

$$V2 = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot 1,1 \cdot 3,1415$$

$$\cdot \left((0,240)^2 + (0,223)^2 + (0,240 \cdot 0,223) \right)$$

$$V2 = 0,297 \text{ m}^3$$

$$Vr = V1 - V2 = 0,305 \text{ m}^3$$

CIMENTACIÓN PARA POSTE DE CONCRETO DE BT

CLASIFICACION GEOTÉCNICA	
SUELO TIPO	CARACTERÍSTICAS
I	Terrenos conformados por arcillas superficiales de baja compactación, fácil ante la erosión de las lluvias además de poseer alta/media plasticidad.
II	Terrenos conformados por arcillas superficiales, encontrándose a una mayor profundidad material granular de media/alta compactación, rocas descompuestas de consistencia media, gravas sueltas, arenas arcillosas o limosas, poseen plasticidad baja (casi nula).

Características del Suelo		
TIPO	SUELO	CAPACIDAD PORTANTE (Kg/cm ²)
TIPO I	Arcilloso Blando	1.00 - 2.00
TIPO II	Roca Fragmentada	> 2.00

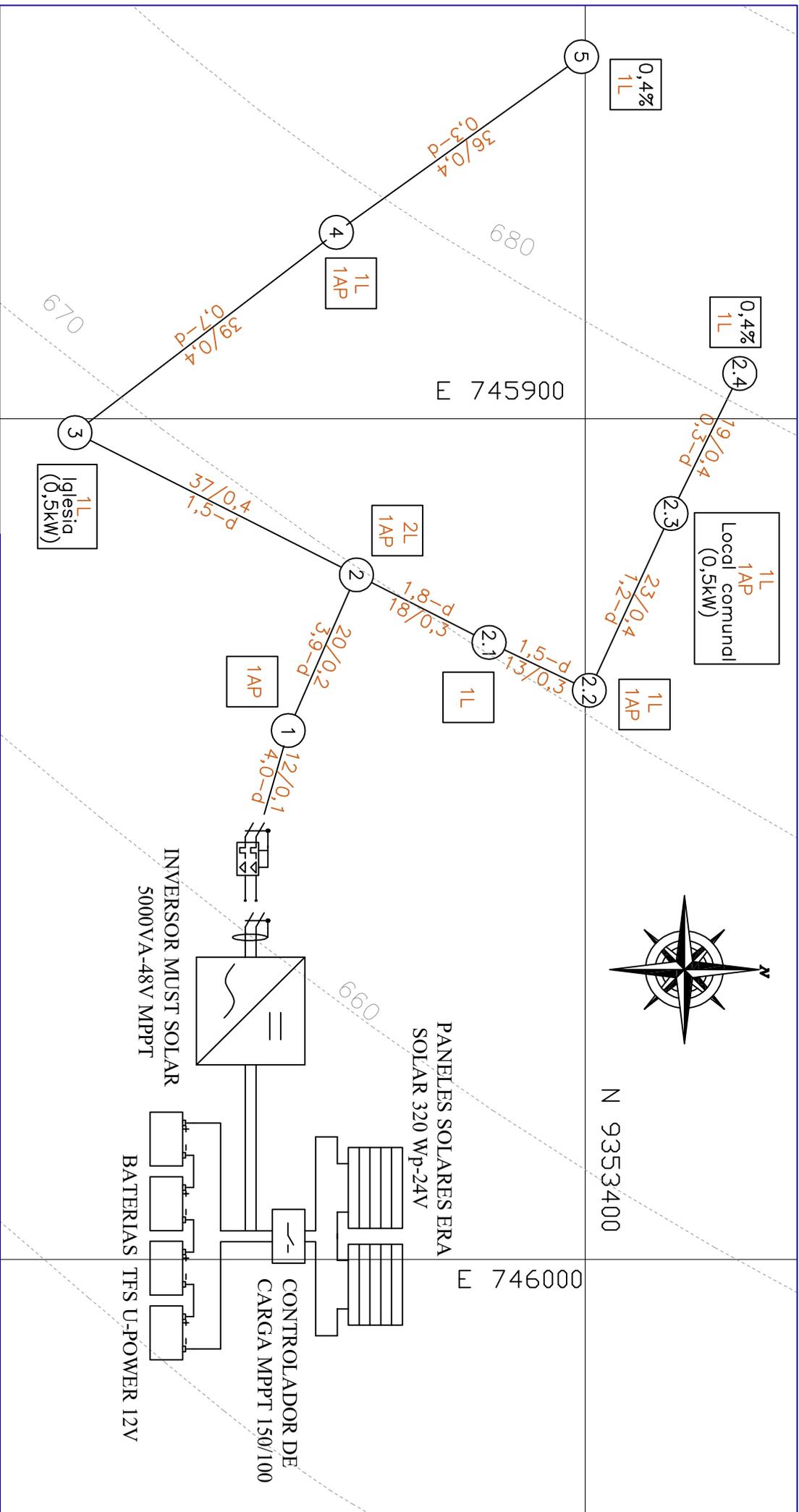
3	MACIZO DE CONCRETO 1:8 (CEMENTO HORMIGON) + 25% PIEDRA MEDIANA	Glob
2	SOLADO DE CONCRETO POBRE, F'c=100 kg/cm ²	1
1	POSTE DE C.A.C. 8m	-
ITEM	DESCRIPCION	CANT.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
DISTRITO: JAÉN	TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA	ESC.: S/E
PROVINCIA: JAÉN	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	DETALLE DE CIMENTACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO DE B.T.	08



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
 Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO:
 Bach. DIMAR PEREZ CAMPOS
 Bach. JENRY DELGADO TANTALEAN

DISTRITO:
 JAEN

PROVINCIA:
 JAEN

DEPARTAMENTO:
 CAJAMARCA

PROYECTO DE TESIS

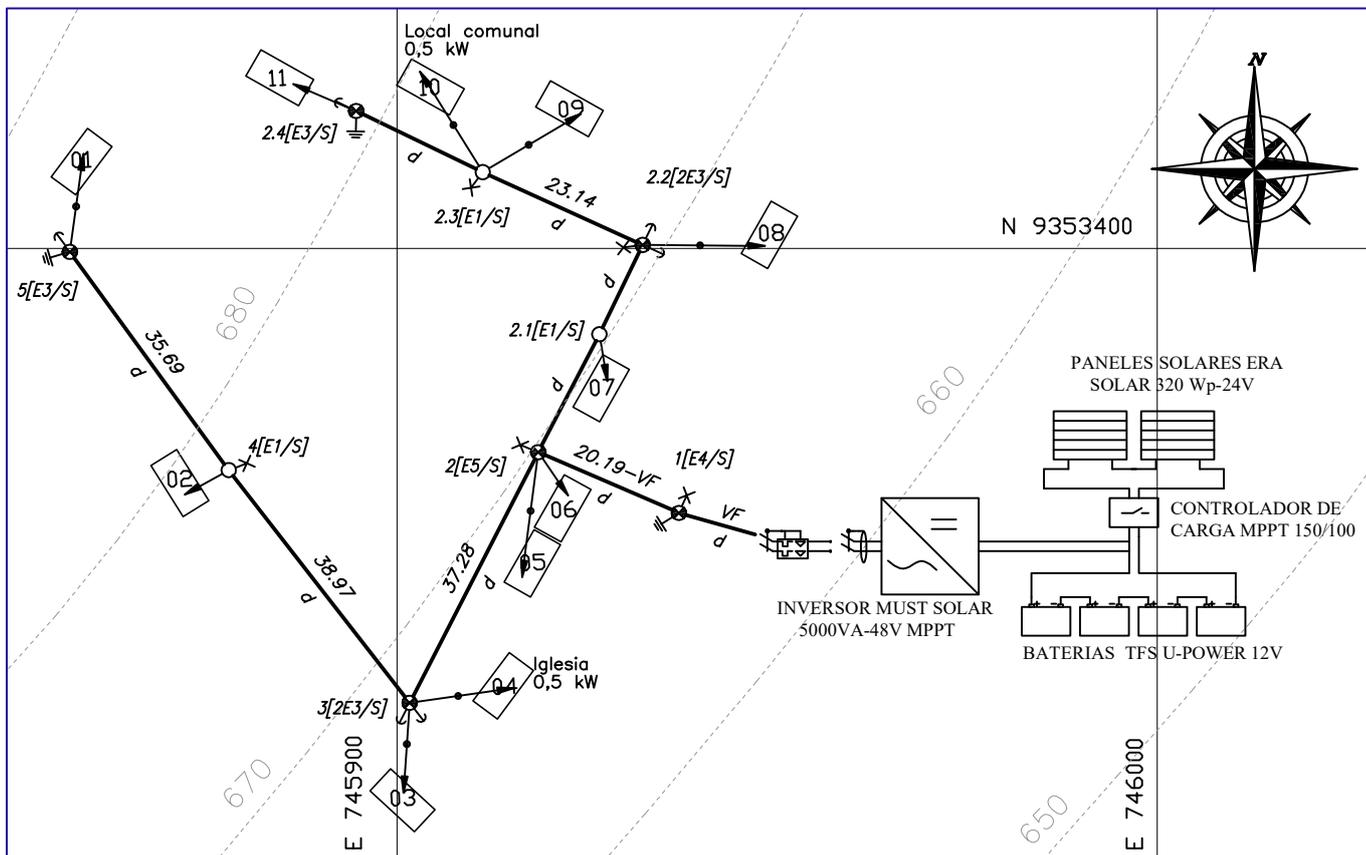
TEISIS:
 DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO
 ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA

DIAGRAMA DE CARGA

FECHA:
 MAYO-2019

ESC.: S/E

N° LAMINA
 09



Leyenda de Postes	
\bigcirc n[Arm]	
n	Numeración de Poste
Arm	Armado de RS

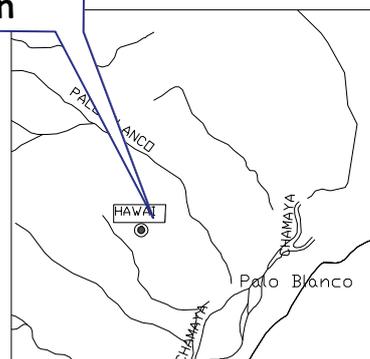
Leyenda de Tramo	
\otimes — \otimes	
D	Distancia (m)
\odot	Tipo de Conductor

Leyenda de Conductores	
d	2x16/25

Nº LOTE	NOMBRES Y APELLIDOS	D.N.I
01	ANDRES TIQUI LLAHUANCA	27745971
02	NILSO GREGORIO CRISANTO FLORES	27434284
03	EDINSON AGURTO TORRES	43957460
04	IGLESIA	
05	ANITA TIQUILLAHUANCA CALVAY	76182310
06	MAXIMANDRO TIQUILLAHUANCA	27737976
07	CLEMENTINA CRISANTO	48400347
08	RUBI TIQUILLAHUANCA CALVAY	47245688
09	REYNALDO TIQUILLAHUANCA	27732475
10	LOCAL COMUNAL	
11	ICSE MARTIN CRISANTO CALVAY	27703713

LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANT.
\bigcirc	Poste de CAC 8m/200 daN	3
\odot	Poste de CAC 8m/300 daN	6
	Planta de generación	1
	Acometida domiciliaria; configuración corta enpotrada en fachada	4
	Acometida domiciliaria; configuración larga enpotrada en fachada	7
\rightarrow	Retenida inclinada en poste de red secundaria	6
\dashv	Retenida vertical en poste de red secundaria	0
\perp	Puesta a tierra tipo PAT-1	3
\times	Pastoral ATG de 0,5m de avance; lámpara de vapor de sodio de 50 W	5
E1/S	Armado de alineamiento	3
E3/S	Armado de fin de circuito	6
E4/S	Armado de fin de circuito con vano flojo	1
E5/S	Armado de alineamiento con derivación	1
	Cable autoportante de sección indicada en el cuadro de calibres	-
Nº	Vivienda	11

Área del estudio de investigación



PLANO DE UBICACION
ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. DIMAR YOEL PÉREZ CAMPOS	PROYECTO DE TESIS	FECHA: MAYO-2019
Bach. JENRY DELGADO TANTALEÁN		TESIS: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERÍO JAWAY, DISTRITO Y PROVINCIA JAÉN- CAJAMARCA
DISTRITO: JAÉN	REDES SECUNDARIAS	Nº LAMINA 10
PROVINCIA: JAÉN		
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		

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

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

THW-90

Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible. Aislamiento de PVC.

Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V <Sección> <Año de Fabricación>

Calibres

2.5 mm² - 500 mm²

Embalaje

De 2.5 a 10 mm²: En rollos estándar de 100 metros.
De 16 a 500 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 10 mm²: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.
Mayores de 16 mm²: Solo en color negro.



Normas de Fabricación

NTP 370.252

Tensión de servicio

450/750 V

Temperatura de operación

90°C