



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID,  
RED SECUNDARIA Y CONEXIONES  
DOMICILIARIAS PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO  
AL CASERIO TALLAPAMPA, DISTRITO SALAS,  
PROVINCIA LAMBAYEQUE**

**PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**Autores:**

**Bach. Espinoza Cucalon Jorge Antonio**

<https://orcid.org/0000-0002-1844-0552>

**Bach. Zanoni Gonzalez Felipe**

<https://orcid.org/0000-0002-4399-2252>

**Asesor:**

**Mg. Rojas Coronel Angel Marcelo**

<https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente.**

**Pimentel – Perú**

**2021**

**DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID, RED  
SECUNDARIA Y CONEXIONES DOMICILIARIAS PARA  
SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERIO TALLAPAMPA,  
DISTRITO SALAS, PROVINCIA LAMBAYEQUE**

**Aprobación del Jurado**

---

**Mg. Rojas Coronel Angel Marcelo**

**Asesor**

---

**Mg. Vives Garnique Juan Carlos**

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Gastiaburu Morales Silvia Yvone**

**Secretaria del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Rojas Coronel Angel Marcelo**

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

*Al Gran Arquitecto Del Universo,*

hacedor absoluto.

A Margarita y Jorge, en la eternidad,

por darme el Ser y los Principios.

A Fabian, Valeria, Johanna y Jorge, mis hijos,

por quienes cada reto se convierte en solución.

*-J.A.E.C.*

Dedico este trabajo a Dios por darme la vida para la realización del mismo,

a mis padres por su apoyo incondicional y sus mejores consejos,

a mi esposa y mis hijos que me brindan confianza

para emprender nuevos retos en mi vida.

*-F.Z.G.*

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento mayor a Fabian, el menor de mis hijos,

por su paciencia y estímulo:

*“papá, lo vamos a lograr!”.*

Agradezco a mis instructores de la Universidad Señor de Sipán,

por su orientación en esta nueva meta profesional,

herramienta de servicio.

*-J.A.E.C.*

# DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID, RED SECUNDARIA Y CONEXIONES DOMICILIARIAS PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO AL CASERIO TALLAPAMPA, DISTRITO SALAS, PROVINCIA LAMBAYEQUE

## DESIGN OF OFF-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM, SECONDARY NETWORK AND HOME CONNECTIONS FOR ELECTRICAL SUPPLY TO CASERIO TALLAPAMPA, SALAS DISTRICT, LAMBAYEQUE PROVINCE

Espinoza Cucalón Jorge Antonio<sup>1</sup>

Zanoni González Felipe<sup>2</sup>

### Resumen

*El presente trabajo tiene por finalidad diseñar un sistema fotovoltaico no conectado a red externa (tipo off-grid), incluida red de distribución secundaria y conexiones individuales, para suministro de energía eléctrica al caserío Tallapampa del departamento Lambayeque. Para dicho fin, se ha recurrido a metodologías de investigación científica, análisis de resultados y aplicación técnica. Se obtuvo información directamente del caserío Tallapampa, mediante inspección de campo y consulta a sus pobladores. La demanda y disponibilidad energética ha sido obtenida mediante teorías y cálculos de ingeniería. El diseño resultante permitirá atender la demanda eléctrica de 127,94kWh/día, mediante uso de paneles fotovoltaicos (168und-320Wp-24Vcc), banco de baterías (72und-929Ah-6Vcc), reguladores de carga (14und-70A-48Vcc), inversores de potencia (6und-4500W-220Vca-60Hz-1Ø), red de distribución secundaria 220V monofásico con cuatro circuitos principales y dos derivados, cable auto soportado CAAI y 42 conexiones individuales. La inversión económica al año cero es S/.1180177,45 con reinversión al año diez de S/.277040,40 para reposición de baterías. Los indicadores de rentabilidad resultan favorables únicamente por inversión y reinversión no retornable. El sistema de generación fotovoltaica es concordante con criterios y políticas de desarrollo nacional y conservación global del medio ambiente, que además favorece su autogestión económica para sostenibilidad en el tiempo.*

**Palabras clave:** *energía renovable, energía solar, fotovoltaico, suministro eléctrico.*

---

<sup>1</sup> Adscrito a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [ecucalonj@crece.uss.edu.pe](mailto:ecucalonj@crece.uss.edu.pe) código ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1844-0552>

<sup>2</sup> Adscrito a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [zgonzalesfelipe@crece.uss.edu.pe](mailto:zgonzalesfelipe@crece.uss.edu.pe) código ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4399-2252>

**Abstract**

*The purpose of this work is to design a photovoltaic system not connected to an external network (off-grid type), including the secondary distribution network and individual connections, to supply electricity to the Tallapampa farmhouse in the Lambayeque department. For this purpose, scientific research methodologies, results analysis and technical application have been used. Information was obtained directly from the Tallapampa village, through field inspection and consultation with its residents. Energy demand and availability have been obtained through engineering theories and calculations. The design managed to meet the electrical demand of 127.94kWh / day, through the use of photovoltaic panels (168und-320Wp-24Vdc), battery bank (72und-929Ah-6Vdc), charge regulators (14und-70A-48Vdc), inverters power (6und-4500W-220Vca-60Hz-1Ø), 220V single-phase secondary distribution network with four main circuits and two derivatives, self-supporting CAAI cable and 42 individual connections. The economic investment at year zero is S / .1180177.45 with reinvestment at year ten of S / .277040.40 for replacement of batteries. Profitability indicators are favorable only for investment and non-returnable reinvestment. The photovoltaic generation system is in accordance with criteria and policies of national development and global conservation of the environment, which also favors its economic self-management for sustainability over time.*

**Key Words:** *renewable energy, solar energy, photovoltaic, electricity supply*

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes de estudio .....	13
1.3. Abordaje teórico (Marco Teórico) .....	21
1.3.1. Teorías relacionadas al tema.....	21
1.3.1.1 Aspectos generales.....	21
1.3.1.2 Radiación solar. ....	28
1.3.1.3 Características técnicas de Sistemas Fotovoltaicos. ....	32
a. Generador fotovoltaico. ....	33
b. Batería o acumulador eléctrico.....	41
c. Controlador (Regulador) de carga de batería. ....	50
d. Inversor de potencia.....	62
e. Dispositivos para alumbrado público.....	64
1.3.1.4 Características de Redes de distribución secundaria y Conexiones. ....	65
1.3.1.5 Fórmulas de diseño.....	66
a. Demanda eléctrica.....	67
b. Potencia solar.....	72
c. Módulos fotovoltaicos.....	73
d. Baterías.....	77
e. Regulador de carga. ....	79
f. Inversor de potencia.....	82
g. Conductores eléctricos. ....	83
h. Protección eléctrica.....	83
i. Redes de distribución secundaria y conexiones. ....	84
1.3.1.6 Evaluación económica. ....	85
1.3.2. Marco Conceptual. ....	88
1.4. Formulación del Problema.....	92
1.5. Justificación e importancia del estudio.....	93

1.6.	Objetivos.....	94
1.6.1.	Objetivo General.....	94
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	94
1.7.	Limitaciones.....	94
1.8.	Hipótesis.....	95
II.	MATERIAL Y MÉTODO.....	96
2.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	96
2.2.	Población y muestra.....	96
2.3.	Variables, Operacionalización.....	96
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	97
2.4.1	Técnica de recolección de datos.....	97
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	98
2.4.3	Validez y confiabilidad.....	99
2.5.	Procedimientos de análisis de datos.....	99
2.6.	Criterios éticos.....	99
2.7.	Criterios de Rigor científico.....	100
III.	RESULTADOS.....	101
3.1.	Propuesta técnica del Proyecto de investigación.....	101
3.1.1.	Demanda eléctrica en caserío Tallapampa.....	101
3.1.2.	Potencia solar en caserío Tallapampa.....	123
3.1.3.	Sistema Fotovoltaico tipo “off-grid” – Tallapampa.....	129
3.1.4.	Red de distribución secundaria y conexiones – Tallapampa.....	153
3.1.5.	Evaluación económica del Proyecto.....	170
3.2.	Discusión de resultados.....	179
3.3.	Aporte práctico.....	182
3.3.1.	Fundamentación del aporte práctico.....	183
3.3.2.	Construcción del aporte práctico.....	184
3.4.	Valoración y corroboración de los Resultados.....	184
3.4.1	Valoración de los resultados (criterio de especialistas en el tema, etc.).....	185
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	186
	REFERENCIAS.....	188
	ANEXOS.....	a



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Top 10 inversiones de RER por país, 2015 .....	4
Tabla 2: Indicadores de energía renovable a nivel mundial.....	5
Tabla 3: Espectro electromagnético.....	22
Tabla 4: Vida útil de dispositivos de un SF.....	28
Tabla 5: Comparación entre diferentes tecnologías de baterías .....	47
Tabla 6: Comparación entre Reguladores de carga tipo PWM y MPPT .....	61
Tabla 7: Comparativa PWM con 100W de potencia .....	61
Tabla 8: Comparativa PWM con 2400W de potencia .....	62
Tabla 9: Cargas para AP en Áreas Rurales .....	68
Tabla 10: Componente de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica .....	71
Tabla 11: Cuadro de Operacionalización de variables .....	97
Tabla 12: Población según censos INEI.....	103
Tabla 13: Indicadores de crecimiento poblacional según censos INEI .....	103
Tabla 14: Área media de inmuebles en caserío Tallapampa .....	104
Tabla 15: Parámetros poblacionales - caserío Tallapampa .....	105
Tabla 16: Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico – Vivienda.....	106
Tabla 17: Demanda diaria "vivienda" - año cero.....	107
Tabla 18: Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Salón comunal .....	108
Tabla 19: Demanda diaria "salón comunal" - año cero .....	109
Tabla 20: Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Templo de culto .....	110
Tabla 21: Demanda diaria "Templo de culto" - año cero.....	111
Tabla 22: Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Centro educativo .....	112
Tabla 23: Demanda diaria "Centro educativo" - año cero .....	113
Tabla 24: Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico – Posta médica .....	114
Tabla 25: Demanda diaria "Posta medica" - año cero .....	115
Tabla 26: Demanda diaria total - años cero y 20.....	117
Tabla 27: Demanda eléctrica total en el año cero.....	121
Tabla 28: Demanda eléctrica total en el año 20.....	122
Tabla 29: Demanda eléctrica total ajustada.....	123
Tabla 30: Irradiación media mensual sector Tallapampa, según fuente .....	129
Tabla 31: Parámetros para diseño SF Tallapampa .....	130
Tabla 32: Cuadro comparativo - Paneles solares por marca .....	134

Tabla 33: Alternativas de selección - Paneles fotovoltaicos .....	135
Tabla 34: Características técnicas para selección de baterías .....	140
Tabla 35: Características técnicas para selección de Reguladores de carga .....	142
Tabla 36: Características técnicas para selección de Inversores de potencia.....	145
Tabla 37: Configuración de circuitos de distribución eléctrica.....	146
Tabla 38: Características técnicas para selección de conductores eléctricos .....	147
Tabla 39: Selección de conductores eléctricos para interconexión de dispositivos .....	148
Tabla 40: Caída de tensión en conductores eléctricos entre dispositivos .....	149
Tabla 41: Selección de elementos fusible entre dispositivos .....	150
Tabla 42: Factores de caída de tensión y otros para cables auto soportados - A .....	154
Tabla 43: Factores de caída de tensión y otros para cables auto soportados - B.....	154
Tabla 44: Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "A" .....	157
Tabla 45: Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "B" .....	159
Tabla 46: Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "C" .....	161
Tabla 47: Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "D" .....	161
Tabla 48: Características de cables auto soportados.....	164
Tabla 49: Vano básico circuito "A" 35mm <sup>2</sup> .....	165
Tabla 50: Vano básico circuito "B" 35mm <sup>2</sup> .....	165
Tabla 51: Vano básico circuito "C" 25 mm <sup>2</sup> .....	166
Tabla 52: Vano básico circuito "D" 25mm <sup>2</sup> .....	166
Tabla 53: Esfuerzos mecánicos en conductores de red secundaria .....	168
Tabla 54: Características de postes de concreto armado.....	170
Tabla 55: Valor referencial - Sistema de generación fotovoltaica .....	171
Tabla 56: Valor referencial - Red secundaria y conexiones individuales.....	171
Tabla 57: Valor referencial - Generación fotovoltaica, Distribución y Conexiones .....	171
Tabla 58: Monto de reinversión en año 10 – Reposición de equipos .....	172
Tabla 59: Resumen de ingresos por venta de energía.....	173
Tabla 60: Estructura de costos por operación y mantenimiento.....	174
Tabla 61: Evaluación económica del proyecto.....	176
Tabla 62: Evaluación económica con ajuste de inversión y reinversión .....	178

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inversión RER en países desarrollados y en desarrollo, 2005-2015.....	3
Figura 2. Inversión de RER según tipo de tecnología, 2005-2015.....	3
Figura 3. Capacidad instalada, generación RER (GW), 2015.....	5
Figura 4. Latinoamérica: Población rural (%) acceso a electricidad (2017).....	6
Figura 5. Variación (%) acceso a electricidad, zonas rurales (años 2013 a 2017).....	7
Figura 6. Energía solar incidente diaria, Promedio Anual (1975-1990).....	8
Figura 7. Ubicación georreferenciada del caserío Tallapampa.....	11
Figura 8. Árbol de Causas y Efectos.....	12
Figura 9. Conversión energética en célula fotovoltaica.....	23
Figura 10. Formación de la energía solar fotovoltaica.....	23
Figura 11. Tipos de conexión entre paneles fotovoltaicos.....	24
Figura 12. Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	25
Figura 13. Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA).....	26
Figura 14. Espectro electromagnético de la radiación solar.....	29
Figura 15. Tipos de radiación global.....	30
Figura 16. Movimiento del sol.....	31
Figura 17. Esquema del efecto fotoeléctrico.....	32
Figura 18. Estructura del panel solar fotovoltaico.....	33
Figura 19. Elementos del panel fotovoltaico.....	35
Figura 20. Curva I-V de un módulo solar fotovoltaico.....	35
Figura 21. Curvas I-V de modulo fotovoltaico en función de la irradiancia.....	36
Figura 22. Efecto de la temperatura en panel fotovoltaico.....	37
Figura 23. Célula solar de película delgada.....	38
Figura 24. Evolución de eficiencia según tecnología en células fotovoltaicas.....	39
Figura 25. Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.....	40
Figura 26. Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.....	40
Figura 27. Conexión en serie/paralelo de módulos fotovoltaicos.....	41
Figura 28. Esquema de una batería líquida.....	44
Figura 29. Batería AGM con sección interior.....	45
Figura 30. Batería de gel con sección interior.....	45
Figura 31. Batería OPzS.....	46
Figura 32. Ciclos de vida útil de una batería frente a su profundidad de descarga.....	48

Figura 33. Años de vida útil de una batería según la temperatura ambiental.....	49
Figura 34. Variación de la capacidad de una batería según la temperatura .....	49
Figura 35. Esquema del funcionamiento general de un controlador de carga .....	51
Figura 36. Ejemplo de Regulador de carga tipo PWM.....	52
Figura 37. Ancho de pulso corto cuando esta cerca del 100% de carga.....	53
Figura 38. Controlador de carga Victron Bluesolar MPPT-75-15 .....	55
Figura 39. Esquema interno de Regulador de carga tipo MPPT .....	56
Figura 40. Curva típica I-V-P de un Panel fotovoltaico .....	57
Figura 41. Curva de potencia de un Panel fotovoltaico .....	58
Figura 42. Regulador de carga tipo PWM.....	58
Figura 43. Curva de potencia de un Panel solar utilizando Regulador de carga PWM.....	59
Figura 44. Regulador de carga tipo MPPT.....	59
Figura 45. Efecto de la radiación solar incidente en Panel solar .....	60
Figura 46. Esquema de instalación de un Inversor de potencia .....	63
Figura 47. Farolas para iluminación pública con SFA propio .....	65
Figura 48. Diagrama de carga diaria (año 0 y 20) .....	70
Figura 49. Diagrama de carga diaria por tipo (año 0).....	119
Figura 50. Diagrama de carga diaria tota (años 0 y 20).....	120
Figura 51. Energía solar incidente diaria, departamento Lambayeque (1975-1990).....	124
Figura 52. Reporte solar de sector caserío Tallapampa – NASA.....	126
Figura 53. Variación mensual de la irradiación diaria media - sector Tallapampa.....	127
Figura 54. Irradiación diaria media mensual.....	127
Figura 55. Irradiación solar sector caserío Tallapampa .....	128
Figura 56. Irradiación horaria media mensual - sector Tallapampa .....	128
Figura 57. Diagrama de generación diaria (años 0 y 20).....	132
Figura 58. Características de elementos fusible .....	151
Figura 59. Trazo del circuito eléctrico de distribución "A" - 220V monof. ....	156
Figura 60. Trazo del circuito eléctrico de distribución "B" - 220V monof.....	158
Figura 61. Trazo de circuitos eléctricos de distribución "C" y "D" - 220V monof.....	160

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

En el contexto internacional, se tiene que:

En el siglo XXI la humanidad entera está afrontando uno de sus mayores retos de la historia: el cambio climático y las consecuencias que de ello se derivan. Wikipedia-GEI (2020) indica que dicho fenómeno natural se presenta como consecuencia de las variaciones climatológicas originadas por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)<sup>3</sup>, provenientes de la actividad industrial del ser humano, la tala sin control en bosques que producen deforestación acelerada, erosión de suelos y la reducción de la biodiversidad. El riesgo de ello es que se puedan generar condiciones climatológicas que atenten contra la vida de poblaciones a nivel mundial. El reto en este sentido, es lograr acuerdos comunes multilaterales a nivel gubernamental mundial, a fin de prevenir dicho cambio climático o en extremo mitigar sus efectos. En este sentido, Wikipedia-RER (2020) señala que la propuesta de mayor relevancia es la utilización de Recursos energéticos renovables (RER)<sup>4</sup>, así como la aplicación de tecnologías más eficientes en el uso de la energía.

El 11 de diciembre de 1997, en ciudad de Kyoto – Japón, se suscribió el Protocolo de Kyoto (1997), en el marco de la convención de las Naciones Unidas por el efecto de cambio del climático. La finalidad de tal documento es orientar a reducir las emisiones GEI, en niveles no menores al 5% de las cifras existentes en año 1990, que debiera lograrse hasta el 2012. Dicho acuerdo, que comprometió a los principales países industrializados (37 países y la Unión Europea-UE), propone dentro de sus planes de acción la aplicación del denominado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), gracias al cual los países en vías de desarrollo (no incluidos en el protocolo) pueden participar en la reducción de sus emisiones, y obtener por ello Certificados de Emisiones Reducidas (CER) o también llamados Bonos de Carbono, los cuales

---

<sup>3</sup> GEI: Gases químicos que se concentran en la capa atmosférica terráquea, capaces de absorber la radiación del Sol en el rango infrarrojo, reteniendo y acumulando el calor subyacente en la misma. El efecto causado se denomina invernadero lo que origina el aumento perjudicial térmico en la superficie del globo terráqueo. Los GEI que destacan son dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub> y óxido nitroso N<sub>2</sub>O.

<sup>4</sup> RER: Recursos energéticos renovables: son aquellos medios que permiten la obtención de energía pudiendo ser repuestos de manera natural. Tienen como base energética la irradiación emitida por el sol, causante de la dinámica atmosférica: viento, hídrica (ciclo hidrológico de evaporación, precipitación, flujo de ríos y mares). Otros de relación indirecta son biomasa (descomposición de productos orgánicos), geotérmica. La radiación solar en si misma permite su aplicación directa mediante el efecto fotoeléctrico.

pueden ser comercializados con empresas de países industrializados. Con relación a ello, el grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC), a través de sus informes, promueve la utilización de energías alternativas en aras de lograr el desarrollo global sostenible.

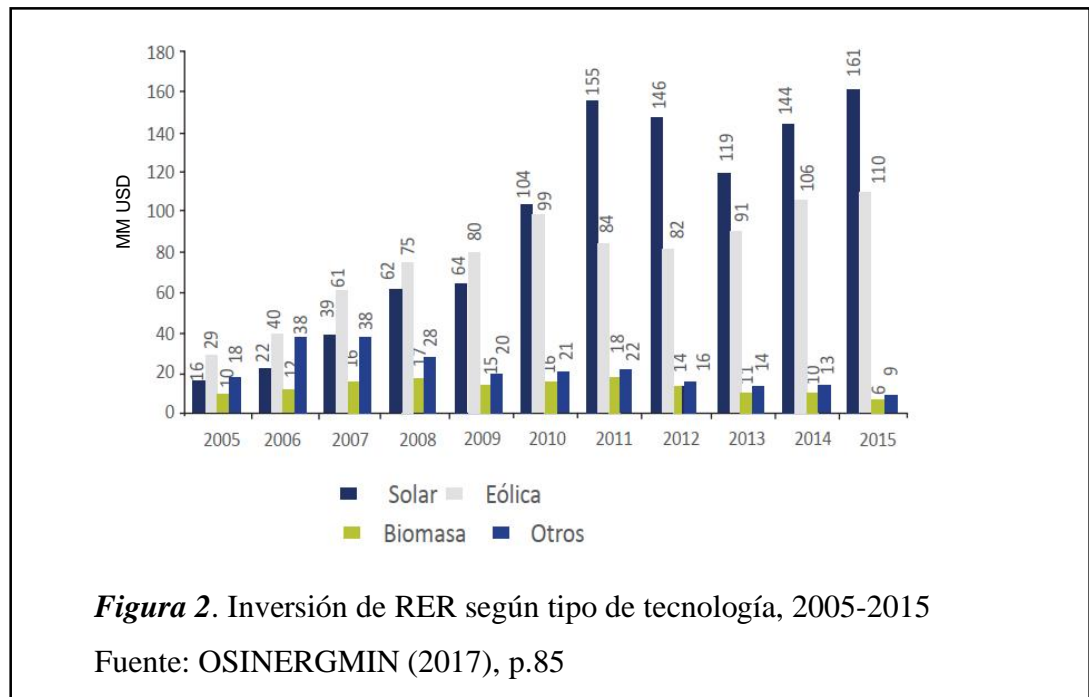
Sobre este mismo objetivo, el 12 de diciembre de 2015, en ciudad de París – Francia, 195 países establecieron acuerdos dirigidos a mitigar los GEI, además de mantener el aumento térmico del planeta en rango menor de 2°C. En este Acuerdo de París (2015), 147 países nombraron a las energías renovables como mecanismo para reducir sus emisiones. De igual forma, concretaron el apoyo financiero del orden de USD100 000 millones de dólares americanos anuales, como mínimo a partir del año 2020, en forma de apoyo económico a los países en vías de desarrollo que pugnen contra el cambio climático. El compromiso incluye que todos los países adscritos al acuerdo reporten cada quinquenio sus aportes a la reducción de emisiones de GEI.

Por otro lado, la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio – NASA-Climate (2017) de los Estados Unidos de Norteamérica, ha reportado que las temperaturas en la superficie terrestre en el año 2016 fueron las más cálidas desde 1880 en que se iniciaron los actuales registros, por lo que la tendencia de calentamiento global a largo plazo es clara; fenómenos naturales como El Niño o La Niña, indican, que calientan o enfrían las aguas del pacífico tropical superior, causan variaciones en los patrones globales de viento y clima, lo que contribuye a su vez a variaciones de corto plazo en la temperatura promedio global. Podemos decir entonces que existe correlación entre el efecto causado por la emisión de GEI y los citados fenómenos naturales.

Respecto del uso de los RER, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería del Perú – OSINERGMIN (2017) sostiene que, en el año 2015, a nivel mundial, se batió récord en inversiones dirigidas a tecnologías RER, en magnitud del 5% adicional respecto al año 2014 (Inversión mundial en RER, año 2015: 286 MMUSD; año 2014: 273 MMUSD). Ello se muestra en *Figura 1*.



La clasificación por tipo de tecnología RER (solar, eólica, biomasa, otros) en periodo anualizado 2005 al 2015, muestra que los mayores montos a nivel mundial fueron aplicados a la instalación de centrales solares y eólicas, tal como se presenta en *Figura 2*.



Dentro de los 10 países que efectuaron las mayores inversiones en RER en el año 2015, destaca: China (102.9 MMUSD), Estados Unidos (44.1MMUSD), Japón (36.2 MMUSD) y Reino Unido (22.2 MMUSD). Ello se muestra en *Tabla 1*.

**Tabla 1**

*Top 10 inversiones de RER por país, 2015*

País	Inversión (miles de millones de US\$)	Crecimiento anual (%)
China	102,9	17,0%
Estados Unidos	44,1	19,0%
Japón	36,2	0,1%
Reino Unido	22,2	25,0%
India	10,2	22,0%
Alemania	8,5	-46,0%
Brasil	7,1	-10,0%
Sudáfrica	4,5	329,0%
México	4,0	105,0%
Chile	3,4	151,0%

Fuente: OSINERGMIN (2017), p.86

En *Tabla 2* se muestra el crecimiento de la capacidad instalada de generación RER a nivel mundial para el periodo anual 2014 – 2015, destacándose los sistemas solares cuyo incremento fue 28,3%.



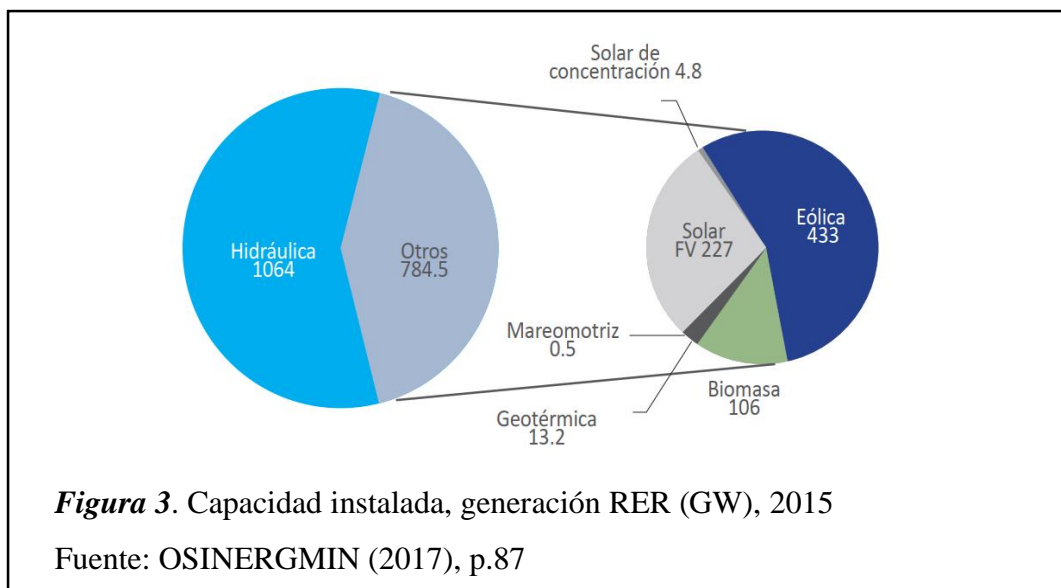
**Tabla 2**

*Indicadores de energía renovable a nivel mundial*

Capacidad instalada	Medida	2014	2015
Energía renovable (no incluye centrales hidráulicas)	GW	665,0	785,0
Energía renovable (incluye centrales hidráulicas)	GW	1 701,0	1 849,0
Hidraulica	GW	1 036,0	1 064,0
Geotérmica	GW	12,9	13,2
Solar	GW	177,0	227,0
Eólica	GW	370,0	433,0

Fuente: OSINERGMIN (2017), p.86

En *Figura 3* se grafica la capacidad instalada de generación con RER a nivel mundial, en el año 2015, en la cual los sistemas solares fotovoltaicos (FV) tienen incidencia del 4,8%.

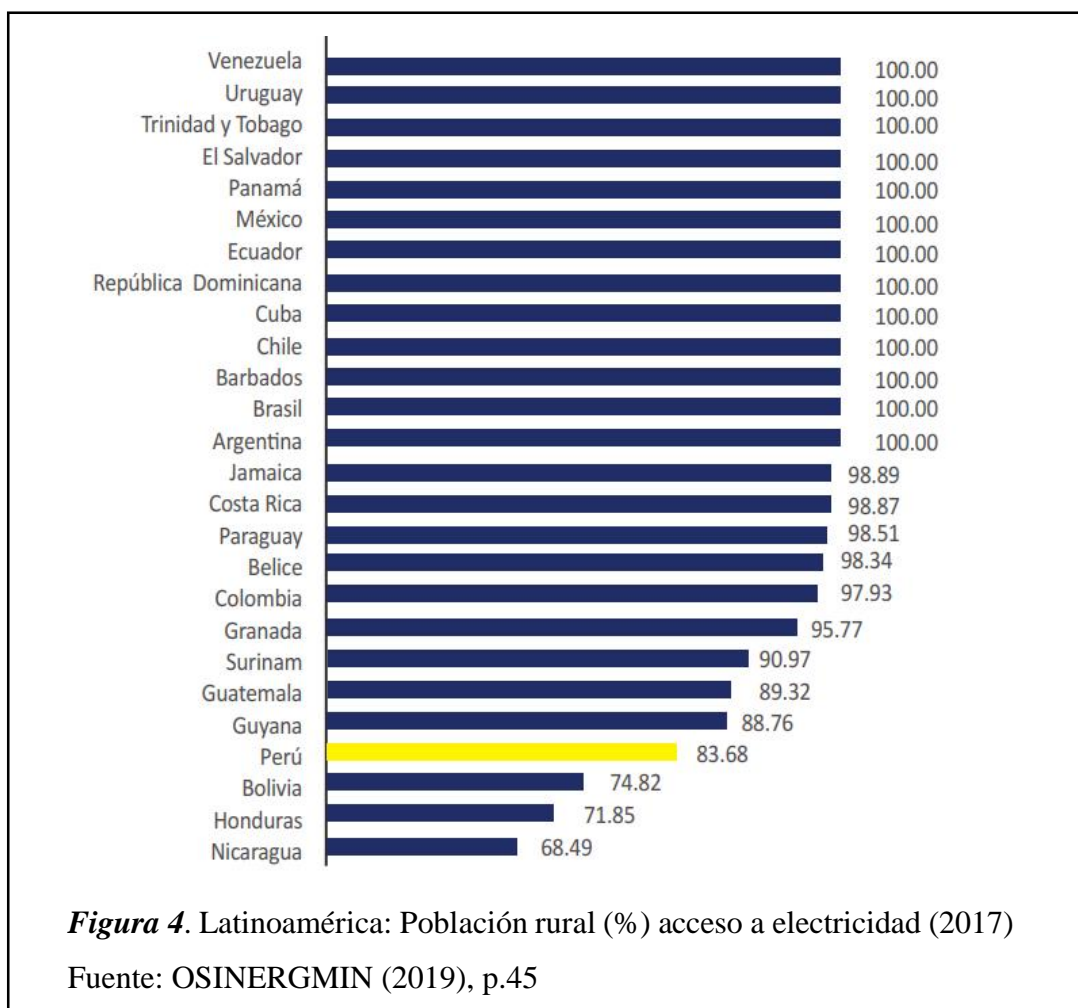


**Figura 3.** Capacidad instalada, generación RER (GW), 2015

Fuente: OSINERGMIN (2017), p.87

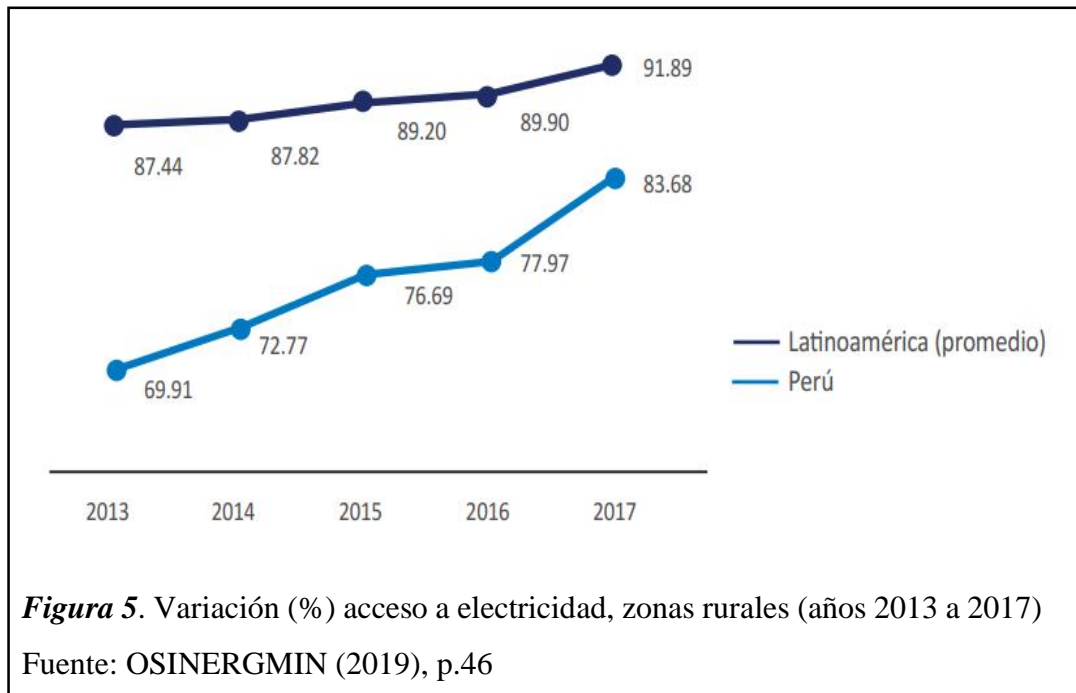
En la misma línea, el OSINERGMIN (2019) establece que, basado en las estadísticas del Banco Mundial, el acceso a la energía eléctrica en zonas rurales de países de América Latina presenta indicadores bastante favorables, gran parte de las cuales se encuentran cubiertas al 100% y unas cuantas cercano a ello. Sin embargo, según resultados de 2017, Perú ocupa el 23avo lugar, por encima solo de Honduras,

Nicaragua, Bolivia y Haití, siendo este último el que presenta escasamente 2.75% de presencia en zonas rurales. Ello se muestra en *Figura 4*.



En el contexto nacional, se tiene que:

El OSINERGMIN (2019), indica que el Perú ha reducido la brecha de acceso a la electricidad en zonas rurales en forma importante, pasando de 69.9% en año 2013 a 83.7% en año 2017. Dicha celeridad del crecimiento del nivel de acceso en nuestro país superó el régimen de crecimiento promedio en América Latina, cuyos indicadores equivalentes pasaron en el mismo periodo de 87.44% a 91.89%. Lo indicado se aprecia en *Figura 5*.



Por su parte, el Ministerio de Energía y Minas del Perú - MINEM (2016) señala en su publicación que el Atlas de Energía Solar del Perú, desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2003) en el año 2003, efectuó estimaciones de la capacidad energética solar en el país. El análisis anualizado, muestra que en la franja costera de la zona sur está disponible el potencial solar en el rango de 6,0 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup> en tanto que en la zona costera norte es del orden de 5,5 a 6,0 kWh/ m<sup>2</sup>. De igual forma, se indica que las zonas de sierra con altitudes mayores a 2500 m.s.n.m. presentan elevado nivel potencial energético solar. Contrariamente, la zona selva se estimó potencial reducido, en el rango de 4,5 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup>.

En *Figura 6* se muestra la radiación (energía) incidente diario, promedio anual en Perú (1975-1990).



En cuanto al marco normativo nacional, mediante Decreto Ley N° 25844 se promulgó la “Ley de Concesiones Eléctricas” (en adelante LCE); posterior a ello, mediante Decreto Supremo N° 009-93-EM se promulgó el “Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas” (en adelante RLCE). Ambos dispositivos legales regulan

las actividades concernientes al sub sector electricidad a nivel nacional, hoy en vigencia con determinadas modificaciones.

Con relación a estos dos dispositivos legales, se indica que en el Artículo 34° literal a) de la LCE (1992), así como en el Artículo 201° literal a) del RLCE (1993), se establece la obligatoriedad de las empresas de distribución del servicio público de electricidad (en adelante Concesionarias) para la prestación del servicio en las denominadas Áreas de concesión; y en extremo opuesto, quedan sujetas a multa en caso de efectuar la prestación del mismo fuera de dichas áreas concesionadas.

Bajo la misma óptica normativa, mediante Ley N° 27849 se promulgó la “Ley General de Electrificación Rural” (en adelante LGER), luego de lo cual mediante Decreto Supremo N° 025-2007-EM se promulgó el “Reglamento de la Ley General de Electrificación Rural” (en adelante RLGER). Ambos dispositivos legales, en el Artículo 1° de la LGER (2006) y en el Artículo 2° del RLGER (2007), establecen su fin ulterior de promover el desarrollo sostenible y eficiente de la electrificación de localidades aisladas, zona rural y frontera nacional.

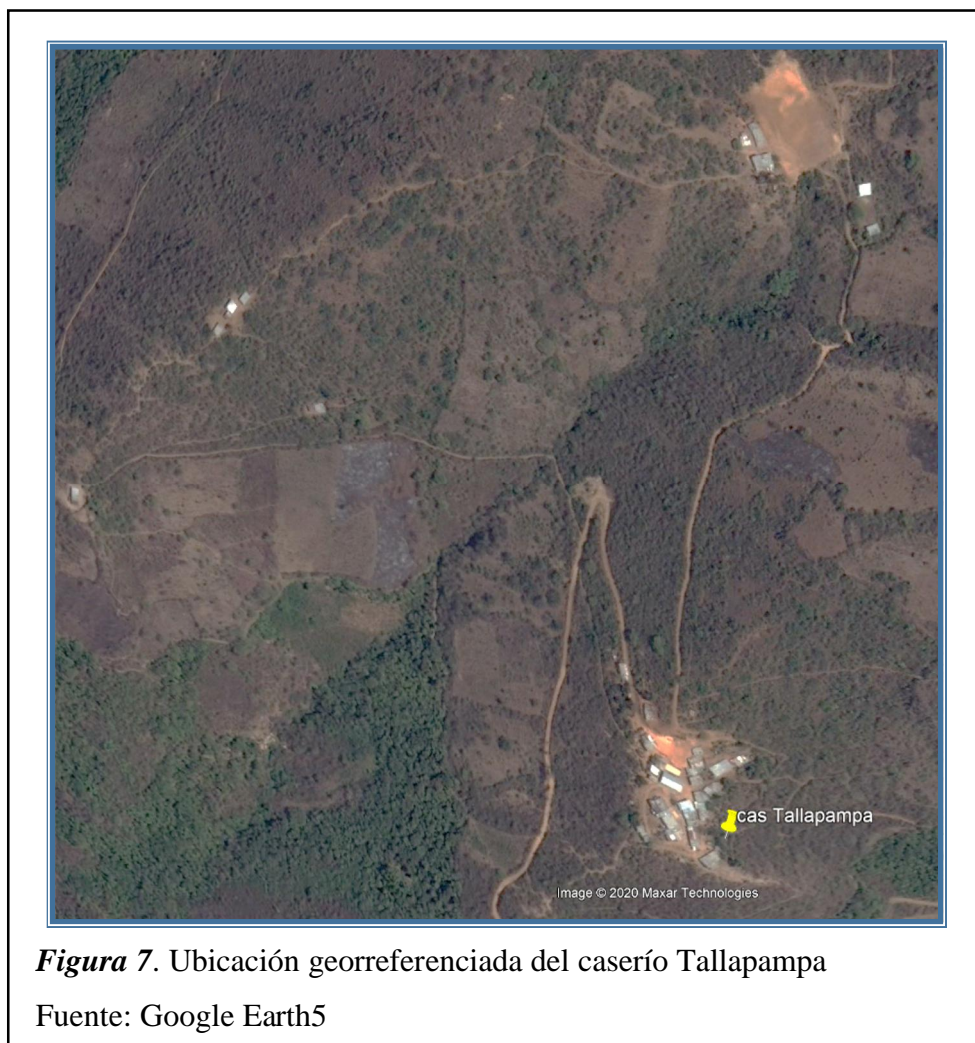
En el mismo sentido, estos dos medios legales establecen, en el Artículo 5° de la LGER (2006) y Artículo 5° del RLGER (2007), que el MINEM a través de su Dirección General de Electrificación Rural (DGER), dentro de sus competencias de electrificación en zonas rurales, efectúa la planificación de proyectos en forma coordinada con Gobiernos Regionales (en adelante GOREs) y Gobiernos Locales.

En el análisis efectuado por Gamio (2017), indica que las zonas rurales del territorio nacional se encuentran en gran proporción alejadas de las redes de energía eléctrica concesionadas, por ello es determinante la participación del Estado en cuanto a la emisión de la normatividad legal que impulse el uso de recursos energéticos renovables (RER), cuyos costos unitarios de conexión son considerablemente menores comparado con la ejecución de redes convencionales. En zonas rurales aisladas, la implementación de sistemas individuales para domicilios o las microrredes para centros poblados menores es altamente factible por

las características naturales propias del país. Ello por su parte, implica la reducción en los niveles de contaminación.

En el contexto local, se tiene que:

El caserío Tallapampa está conformado por treinta y una viviendas familiares, un centro educativo nivel primaria, un templo de culto religioso, una posta médica y un salón comunal de usos múltiples. Se ubica geográficamente entre las coordenadas UTM 663 736mE – 664 388mE y 9 320 755mS – 9 321 331mS cota 1 375 m.s.n.m., área que se encuentra fuera de los polígonos de concesión eléctrica de la concesionaria Electronorte S.A. En tal circunstancia, la concesionaria no dispone de redes eléctricas para prestar su servicio al caserío Tallapampa, y tal como se deduce de la Ley LCE y Reglamento RLCE antes indicado, tampoco está obligada a disponer de ellas, lo que imposibilita que sus habitantes puedan acceder al servicio público de electricidad, hecho que ocurre históricamente desde su creación, en el año 1966. En *Figura 7* se muestra la fotografía satelital del entorno del caserío Tallapampa, según fuente Google Earth.



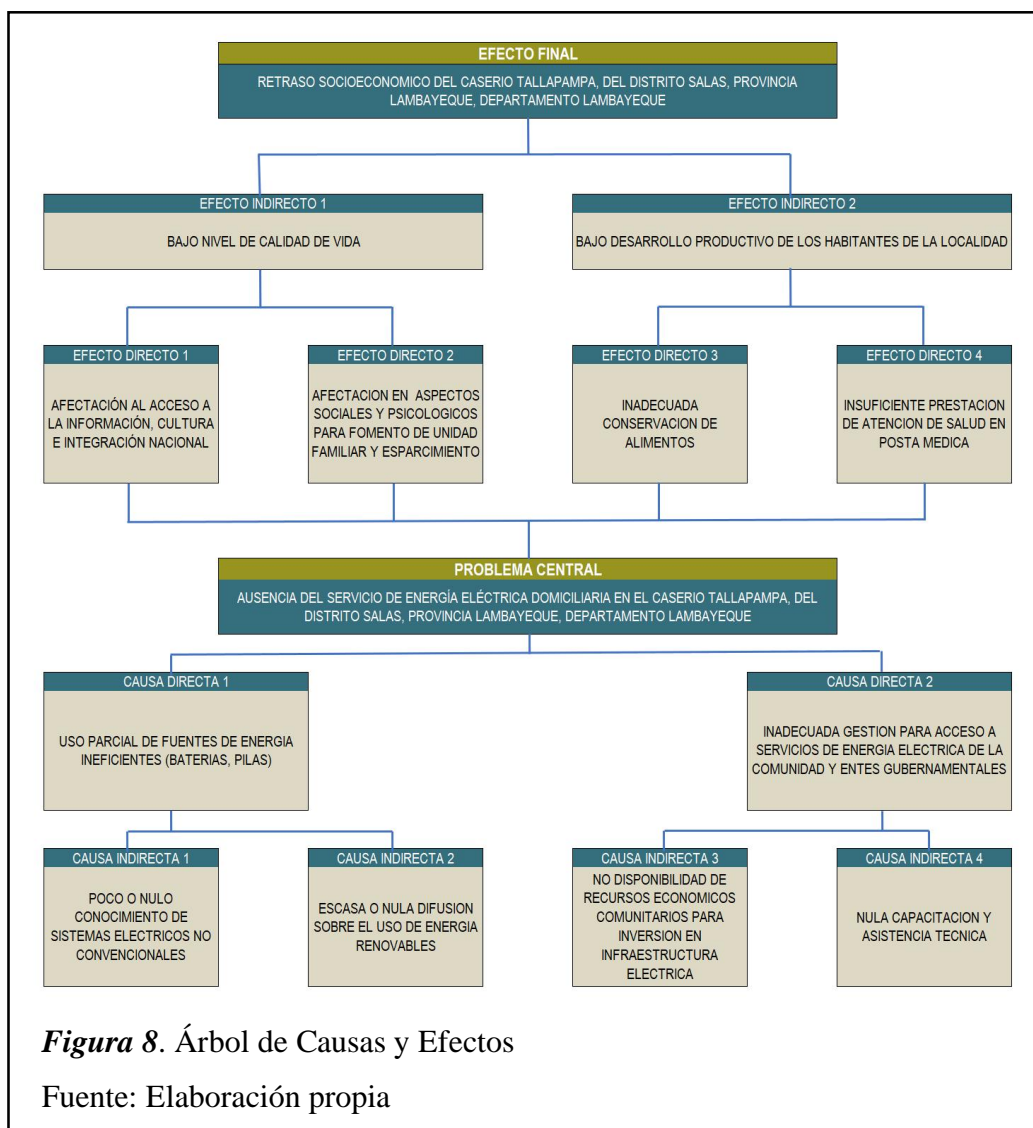
Con relación a la electrificación rural propiamente dicha, es menester del GORE Lambayeque y/o Municipalidad distrital de Salas (en adelante MD Salas), jurisdicción a la cual pertenece el caserío Tallapampa, desarrollar las acciones pertinentes y coordinaciones con el MINEM, conducentes a la obtención del suministro eléctrico en dicha localidad, lo que hasta la fecha no se ha consolidado.

El resultado de lo expuesto, define la problemática social identificada que consiste en: ausencia del servicio de energía eléctrica domiciliaria en el caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque; por circunstancias de estar ubicado fuera del área de concesión eléctrica, aunado además por el elevado costo de inversión de la infraestructura eléctrica privada. Esto perjudica en forma importante las condiciones de vida de sus habitantes, por

---

<sup>5</sup> Google Earth, altura ojo 2.63km, fecha de captura 26/07/2020; cono de ubicación del caserío Tallapampa 664 235 m E  
9 320 852 m S

afectación al acceso a la información, cultura e integración nacional, entre otros; sin dejar de lado, por supuesto, aspectos como unidad familiar, esparcimiento, conservación de alimentos en favor de la lucha contra la desnutrición o alimentación inadecuada. En el mismo sentido, si bien el caserío Tallapampa cuenta con una posta médica, sin embargo, la prestación de la atención de salud es sumamente limitada por no disponer de equipos básicos que operan mediante energía eléctrica (conservador térmico para medicamentos que requieran refrigeración, iluminación para atenciones nocturnas de emergencia, equipos médicos varios relacionados con el fluido eléctrico). En *Figura 8* se presenta la estructura de origen y consecuencias correspondiente a la problemática social antes enunciada.



Respecto de la eventual infraestructura eléctrica privada, el costo de mayor significancia lo representaría la red primaria en Media Tensión (10kV-60Hz, fase



unipolar retorno tierra), cuyo valor de mercado, dado lo agreste del terreno, es del orden de quince mil dólares americanos por kilómetro de longitud (USD 15 000,00/km), debiendo tenerse en cuenta para este caso en particular que la estructura MT de mayor proximidad propiedad de Electronorte S.A. se ubica a distancia mayor a quince (15) kilómetros. Otros conceptos de inversión económica de esta eventual infraestructura vendrían a ser: Sub estación eléctrica (37kVA, 10/0.22kV, 60Hz, 1Ø) y Sistema de medición en Media Tensión (Trafomix 10/0.22kV), cuyo costo de mercado es del orden de veinticinco mil dólares americanos (USD 25 000,00) en conjunto. Esta inversión económica, como se puede entender, es inalcanzable para los habitantes del caserío Tallapampa, cuya economía se sustenta en el desarrollo de cultivos agrícolas en volúmenes de mínima rentabilidad.

## **1.2. Antecedentes de estudio**

En el contexto internacional, se tiene que:

Como afirma Acevedo (2016) en su trabajo de investigación de tesis de titulación, aplicado a centro poblado en zona rural en la república de Colombia, en dicho país existen más de 432 mil viviendas ubicadas en zonas alejadas las cuales no disponen de redes de energía eléctrica ni generadores convencionales, por lo que los pobladores no cuentan con dicho servicio de energía. Explica así mismo, que la energía solar fotovoltaica es recurso inagotable, limpio y amigable con el medio ambiente, por lo que representa solución factible para atender necesidades energéticas en zonas rurales. La solución que propone consiste en el diseño de un sistema integral que incluye el equipamiento para transformación de la energía solar en eléctrica, para carga de 3kW-120Vca, correspondiente a un predio domiciliario rural, que puede replicarse a otras viviendas por igual. La carga está compuesta por dispositivos de iluminación y electrodomésticos típicos. El método utilizado para desarrollar la investigación es el científico, cuyas fases se basan en la observación, planteamiento del problema y de la hipótesis, solución del problema y conclusiones finales. Los estudios son tipo descriptivo y explicativo, y los métodos de investigación de análisis y síntesis. La mayor parte de la información es secundaria, normas y textos de consulta. Concluye su trabajo indicando que su diseño operará la totalidad del año, dotado de 16 paneles solares de 145W, 6 baterías 220Ah@12Vcc,

un regulador controlador MPPT 3kW y un inversor CC/CA 4kW. Indica que, la inversión económica se justifica teniendo en cuenta la mejora de las condiciones de vida de los habitantes campesinos. Recomienda efectuar estudio de mercado antes de proceder con la adquisición de equipos dada la gran oferta existente.

Pérez y Rodríguez (2019) plantean en su trabajo de investigación aplicado a Centro de Salud en la república de Angola – África, que todo desarrollo sustentable en el tiempo se fundamenta en el logro de tres objetivos simultáneos: progreso social, uso racional de recursos, crecimiento económico. Factor determinante en este sentido es la aplicación de energías renovables, recurso plenamente disponible en este caso en la localidad de estudio (provincia Namibe, republica de Angola-África), tal como afirman. Así mismo, los autores indican que, los centros de atención de la salud representan cargas eléctricas críticas en cuanto a la calidad y continuidad del suministro de energía, que en determinado momento pudiera poner en riesgo la vida humana, lo que no está suficientemente garantizado con el servicio eléctrico público de dicha localidad. Esta situación, indican, puede ser claramente atendida con un sistema autónomo de generación de energía eléctrica tipo solar fotovoltaico. La solución propuesta por los autores es un módulo fotovoltaico conformado por 1 518 paneles solares de 250W, 600 baterías 930Ah@24Vcc, 104 regulador controlador SOLARIX 140/12-24V y 5 inversor CC/CA 12,8kW. La información utilizada es: datos climatológicos provenientes de ocho estaciones meteorológicas (*World Radiation Data Center - WRDC*) además de cuatro estaciones del Ministerio de Energía y Agua (MINEA) provincia Namibe; carga eléctrica a conectar según inventario técnico de equipos e instrumental médico. Los autores concluyen su trabajo indicando haber presentado los principales indicadores que intervienen en una instalación fotovoltaica aislada, además de haber recurrido a información bibliográfica e inventario de equipos del centro de salud.

Iza (2020) indica en su trabajo de investigación de tesis de titulación, aplicado al Campus J. Rubén Orellana de la Escuela Politécnica Nacional, ubicado en la provincia Quito, república del Ecuador, que el uso de la energía eléctrica solar en el centro de estudios superiores, como alternativa parcial al servicio público de electricidad, favorecerá la eficiencia económica de la entidad educativa; así mismo, considera que la energía fotovoltaica es beneficiosa para el medio ambiente. La

solución planteada consiste en el diseño de un parqueadero solar (central de generación fotovoltaica en área de estacionamiento vehicular) de capacidad 115kW que podría replicarse a otros tres de 65kW, 55kW y 80kW, en el mismo lugar, lo cual representaría gran aporte para el uso de energías renovables en el país Ecuador. Concluye su trabajo de investigación afirmando que mediante un sistema fotovoltaico conformado por 441 paneles solares de 315Wp-60celdas-monocristalino y equipo complementario, en configuración serie/paralelo según detalles de diseño, es posible asegurar el suministro de energía y potencia de 197,6MWh/año - 115kW nominal. El monto de inversión total es de USD121,930.97; el análisis económico en horizonte de 20 años con tasa de descuento 4.55% origina valor VAN USD 36 322,59 y TIR 7.88%, de donde deduce la rentabilidad favorable del proyecto. En términos ecológicos, concluye que en el periodo de operación del proyecto se podría desplazar 2 094,7Tn de CO<sub>2</sub> lo cual asegura su viabilidad ambiental.

Rodríguez, M., Vázquez, A., Vélez, A. y Saltos, W. (2018) desarrollan su trabajo de investigación aplicado a la comunidad Playa Prieta, de la parroquia rural Riochico, cantón Portoviejo, provincia Manabí, república del Ecuador, basado en el criterio de optimizar la calidad del suministro eléctrico, reducir pérdidas de energía, ahorro de recursos naturales y disminuir la emisión de gases contaminantes CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La población objetivo, indican, consiste en veinte viviendas ubicadas en la comunidad Playa Prieta a las cuales se pretende dotar de un sistema para generar energía eléctrica fotovoltaica que reemplace parcialmente al servicio público de electricidad, abaratando costos por facturación, además de mejorar la calidad de servicio y reducción de pérdidas de energía, principalmente. Indican que en Ecuador existen localidades cuya ubicación es distante de centrales de generación eléctrica hidráulica, por lo cual son dependientes en forma importante de la generación térmica basada en combustible fósil, tal es el caso de la provincia Manabí, a pesar de existir en ella gran potencial de recursos energéticos renovables tales como solar y eólica, utilizables en la modalidad de generación distribuida (generación conectada directamente a la carga). El despliegue de redes eléctricas convencionales, en estos casos, no tiene justificación técnica ni económica, argumentan los autores. Afirman así mismo que la metodología aplicada en este estudio fue: investigación descriptiva, al obtenerse información sobre la calidad del servicio eléctrico en zona de estudio y

descripción de sus necesidades, y demandas de energía, evaluación en la aplicación de fuentes renovables de energía, impacto técnico, ambiental y económico. La adquisición de información y sensibilización social de los habitantes se efectuó mediante encuestas. Complementariamente se efectuó trabajo de gabinete con recursos informáticos para el diseño del sistema fotovoltaico propuesto. Los resultados del análisis técnico permiten determinar que mediante generación fotovoltaica se puede atender el 40% del consumo de los pobladores a la red pública en horas diurnas, específicamente 150,3kWh para la población analizada (20 viviendas). La solución propuesta en este sentido es: un módulo de generación fotovoltaica autónomo para cada vivienda conformado por 10 paneles solares 180Wp-policristalino y equipo complementario cada uno, en configuración serie/paralelo según detalles de diseño, es posible asegurar el suministro de energía de 51,8MWh/año en horario diurno, que representa el 40% de energía total al año de la comunidad. El trabajo presenta las siguientes conclusiones: La disponibilidad del potencial solar en la comunidad Playa Rica permite implementar sistemas para generación eléctrica fotovoltaica, cuyo rendimiento favorece la calidad del servicio eléctrico, pérdidas de energía, disminución en la emisión de gases contaminantes, y especialmente baja de costos de facturación por suministro eléctrico a los pobladores. La instalación de los 20 módulos generadores puede aportar mayor conciencia en la población respecto de la utilización de los medios eléctricos en concordancia con el medio ambiente.

En el contexto nacional, se tiene que:

Bardales (2016) sostiene en su trabajo de investigación de tesis de titulación enfocado al centro poblado Shungun, del departamento Amazonas, que existen desigualdades entre zonas rurales y urbanas, por lo que su estudio permitirá dotar de energía eléctrica a los pobladores y consecuentemente su mejora en aspectos de salud y educación, entre otros. Presenta justificación ambiental en cuanto a la reducción de gases contaminantes por eventuales generadores térmicos operados con combustibles fósiles. Complementariamente, se justifica por la disponibilidad energética solar permanente con la que cuenta la zona, así como la existencia de estudios y proyectos ejecutados con anterioridad. La solución propuesta por el tesista consiste en el diseño de un sistema generador conformado por 54 paneles fotovoltaicos 300Wp, un

inversor trifásico 20kW, tres inversores reguladores 6kW, 16 baterías 620Ah y accesorios en general. Este sistema permitirá suministrar a la población actual de 160 habitantes distribuidos en 41 viviendas, con proyección de crecimiento a 20 años, a la tasa de crecimiento poblacional del 2% (población año 20: 244 habitantes, 61 viviendas, máxima demanda futura 15.68kW, 63.69kWh/día). El diseño es no experimental, con recolección de datos para su posterior análisis, por lo que el trabajo planteado es transversal y descriptivo. El monto de inversión económica total resulta en S/300 512,69. En conclusión del autor, el resultado del análisis económico arroja indicadores TIR y VAN desfavorables, lo que determina su no factibilidad; sin embargo, se debe tener en cuenta, indica el analista, aspectos de beneficio social, por lo que la intervención gubernamental es determinante; ello aunado al beneficio ambiental no cuantificado en este trabajo. Se plantean diversas recomendaciones, siendo fundamental el criterio de priorizar el beneficio social que los pobladores tendrían dotándoles de energía eléctrica al momento de decidir sobre la ejecución del proyecto.

Valdera (2016) plantea en su trabajo de investigación de tesis de titulación aplicado a centro poblado de la provincia Chiclayo, departamento Lambayeque, la necesidad de suministrar energía eléctrica a dicha localidad aislada, cuya motivación son los programas de inclusión social; así mismo, la gran disponibilidad del recurso solar, indica, permitirá evitar el uso de combustibles fósiles en beneficio de la protección ambiental. En términos científicos, la justificación es el fomento al uso de energías no convencionales, lo que en el aspecto ambiental es favorable por la no emisión de gases contaminantes. En términos económicos, este tipo de proyectos genera rentabilidad basado en el consumo controlado de energía. La solución que propone consiste en un sistema solar conformado por 35 paneles fotovoltaicos 300 Wp-12V; 5 reguladores de carga 70/80A; 73 baterías 260Ah-12V; 2 inversores 4,0kW. La investigación del proyecto será aplicada, no experimental; la población objetivo es 37 viviendas domiciliarias rurales, el procedimiento para recolectar datos es mediante encuestas. Para el análisis de datos se aplica el método deductivo. En conclusión del tesista, se atenderá la demanda total actual (energía anual 7 719,37kWh/año; 4,41kW) y futura (11 613,97kWh/año; 6,63kW). En el aspecto económico, el monto de inversión total asciende a S/. 144 656,69 cuya evaluación en

horizonte de 20 años y tasa de descuento 12% se obtienen valores TIR y VNA desfavorables (VNA - S/. 123 272,86 y TIR -6,33 %), sin embargo, en eventual escenario considerando rol subsidiario del Estado (Estado invierte monto total al año cero, sin recuperación monetaria de la inversión; beneficiarios invierten en año 10 por reposición de baterías) el resultado resulta económicamente viable (VNA S/. 2 532,99; TIR 13,31%). El autor plantea recomendaciones varias, siendo la de mayor relevancia que se realice el análisis detallado de las cargas eléctricas y sus tiempos de utilización, a fin de lograr el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Díaz (2018) propone en su trabajo de investigación de tesis de titulación el uso de energía solar por la no emisión de gases contaminantes, situación favorable para el medio ambiente; además, indica, que se lograrán mejores condiciones de vida para la población en el aspecto social, a la vez que coadyuvará con la economía individual de aquellos. En los aspectos técnico-científicos, esta investigación promueve el uso de energías no convencionales, indica el autor. El diseño se basa en una minicentral solar fotovoltaica compuesta por 66 paneles fotovoltaicos 190Wp cada uno, 24 baterías acumuladores eléctricos 503Ah - 12V, 3 reguladores de carga 85<sup>a</sup> - 48V y 3 inversores eléctricos 3,3kW - 48Vcc/220Vca, cuya potencia instalada total es 12,54kWp; además de ello, indica redes de distribución secundaria 220V. La población objetivo son 50 viviendas (214 habitantes), además de un centro educativo nivel inicial-primaria, un centro educativo nivel secundaria, un local comunal, una iglesia y alumbrado público general. La demanda de energía proyectada a 20 años es 33,49kWh/día, considerando tasa de crecimiento poblacional promedio de 1,46% (año 20: 67 viviendas, 286 habitantes). El monto de inversión total (sistema fotovoltaico y redes de distribución secundaria) asciende a S/. 468 736,87; no indica parámetros de evaluación económica tales como TIR, VAN. En cuanto a la metodología aplicada, el tesista indica: tipo de investigación es Aplicada, diseño no experimental, población y muestra igual al número de habitantes del centro poblado analizado. Otros aspectos: método deductivo a partir de teorías y normas legales emitidas por el Ministerio de Energía y Minas; las técnicas aplicadas fueron: observación directa, entrevista y fichaje. Se utilizaron recursos informáticos para procesamiento de la información, indica el autor. No menciona recomendaciones finales respecto de su trabajo de investigación.

Huancas (2019) indica que su trabajo de investigación de tesis de titulación enfocado a centro poblado de la provincia Ferreñafe, departamento Lambayeque, promueve el uso eficiente de energía no convencional; además, favorece la economía de los pobladores beneficiarios al evitar costos alternativos por concepto de iluminación entre otros; menciona que dicho trabajo es favorable al ambiente, porque contribuye con el desarrollo sostenible del planeta al evitar emisión de gases contaminantes y social porque permitirá mejorar las condiciones de vida de los pobladores. El autor indica que su diseño consiste en el uso de doble fuente de energía: eólica y solar, basado en parámetros promedio de 4,86m/s para velocidad de viento y 3,48kWh/m<sup>2</sup> radiación solar. Los componentes centrales del sistema híbrido son: 01 aerogenerador ENAIR70PRO 5kW, 36 paneles fotovoltaicos SIMAX 190Wp, 12 baterías Rolls 503Ah, 01 inversor VICTRON ENERGY 5kW. La población objetivo actual es 21 suministros domésticos (106 habitantes), 1 suministro comercial, 4 suministros generales y alumbrado público general con demanda proyectada a 20 años (incrementa suministros domésticos a 23 – 116 habitantes) según tasa de crecimiento poblacional anual de 1,0%, de 19,32kWh/día – 4,0kW. El monto de inversión del proyecto asciende S/. 255 877,42. El costo unitario de la energía es de S/. 0,068519/kWh; los indicadores de evaluación económica, según cálculos del autor, resultan en: VAN S/. 77 097,75 y TIR 16%, por lo que le otorga factibilidad. Respecto de la metodología que indica haber aplicado el tesista, indica: diseño no experimental (observación directa de variables en su estado natural), prospectivo (predicción de escenarios futuros), transversal (toma de datos en momento único del tiempo); la muestra poblacional corresponde con las 21 viviendas del centro poblado analizado; variable independiente (microred híbrida eólico solar), variable dependiente (suministro de energía eléctrica); método inductivo de investigación (conclusiones a partir de premisas); técnicas de investigación por encuestas y análisis de documentos. Concluye su trabajo indicando que su diseño es factible en términos económicos y que puede atender técnicamente la demanda de energía del centro poblado *Señor de la Humildad*. Al respecto, recomienda la participación del Gobierno Regional Lambayeque para uso de recursos energéticos renovables, así como replicar su estudio a otras localidades en similares condiciones de carencia de energía eléctrica.

En el contexto local, se tiene que:

Mediante Ley N°27867 se promulgó la “Ley orgánica de Gobiernos Regionales” (en adelante LOGR). Según texto de la LOGR (2002), en el Artículo 4°, se establece la finalidad respecto de la inversión pública y privada de dicha entidad de gobierno, el cual debe velar por los derechos y condiciones igualitarias de sus habitantes, en concordancia con los lineamientos de política de desarrollo nacional, regional y local. Así mismo, mediante Ley N° 27972 se promulgó la “Ley orgánica de Municipalidades” (en adelante LOM). Según texto de la LOM (2003), en el Artículo 4° se establece la finalidad de dicho nivel de gobierno local en el ámbito de su circunscripción.

Complementariamente a ello, tal como se indicó líneas atrás, el Reglamento RLGER (1993) establece en su Artículo 5° las líneas de comunicación y coordinación de los GOREs y Gobiernos Locales (Municipalidades) para efectos de consecución de proyectos de desarrollo con energías renovables en zonas definidas como sectores rurales, entre otros.

En este sentido, se ha efectuado la consulta virtual al Sistema de Inversión Pública - Invierte.pe/SNIP (2020), la misma que se detalla en anexos, habiéndose identificado la existencia de un (01) único Proyecto de Inversión Pública (PIP) relacionado con energías renovables para el caserío Tallapampa, consignado con el código SNIP 154530 de fecha 26/05/2010, cuyo monto de inversión asciende a S/. 152 072,00, que fue formulado a nivel de perfil a nombre de la Dirección de Proyectos de la Dirección General de Electrificación Rural (DP/DGER). Dicho estudio fue viabilizado por la Oficina de Programación de Inversiones (OPI) del MINAM para ser ejecutado por la DGER.

Dicho estudio a nivel de perfil de PIP, plantea alternativa única, con diseño de un sistema híbrido solar/eólico compuesto por un módulo fotovoltaico 1 000Wp y un aerogenerador 400W. Se ha tenido acceso a dicho estudio, por lo que se puede afirmar que el sistema de generación previsto estaba destinado única y exclusivamente para la posta medica de la localidad, lo cual es entendible ya que su potencia a instalar es escasamente de 1,4kW (comparativamente el proyecto materia del presente trabajo de investigación que es del orden de 25kW). Es necesario



precisar, sin embargo, que dicho estudio de pre inversión no pasó a fase de ejecución y que a la fecha se encuentra en el banco de proyectos en condición de “Desactivado permanente”. En esta situación, el caserío Tallapampa se encuentra desatendido por el Estado para el servicio eléctrico.

### **1.3. Abordaje teórico (Marco Teórico)**

#### **1.3.1. Teorías relacionadas al tema.**

##### ***1.3.1.1 Aspectos generales.***

El OSINERGMIN (2019) sostiene que la energía solar es una de las manifestaciones energéticas calificable como Energía Renovable, en el sentido que se puede regenerar de manera natural tras ser utilizada (otras manifestaciones son, por ejemplo: hidráulica, eólica, geotérmica). Es posible obtenerla mediante la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del sol, a través del denominado efecto fotoeléctrico. Wikipedia-Espectro electromagnético (2020) indica que la radiación solar se manifiesta como un conjunto variado dentro del espectro de frecuencias, según se indica en *Tabla 3*.

**Tabla 3***Espectro electromagnético*

Banda	Longitud onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12}$	$> 30,0 \times 10^{18}$	$> 20 \times 10^{-15}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9}$	$> 30,0 \times 10^{15}$	$> 20 \times 10^{-18}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9}$	$> 1,5 \times 10^{15}$	$> 993 \times 10^{-21}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9}$	$> 7,89 \times 10^{14}$	$> 523 \times 10^{-21}$
Espectro Visible	$< 780 \times 10^{-9}$	$> 384 \times 10^{12}$	$> 255 \times 10^{-21}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6}$	$> 120 \times 10^{12}$	$> 79 \times 10^{-21}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6}$	$> 6,00 \times 10^{12}$	$> 4 \times 10^{-21}$
Infrarrojo	$< 1 \times 10^{-3}$	$> 300 \times 10^9$	$> 200 \times 10^{-24}$
Microondas	$< 10^{-2}$	$> 3 \times 10^8$	$> 2 \times 10^{-24}$
Ultra Alta Frecuencia-Radio	$< 1$	$> 300 \times 10^6$	$> 19,8 \times 10^{-26}$
Muy Alta Frecuencia-Radio	$< 10$	$> 30 \times 10^6$	$> 19,8 \times 10^{-28}$
Onda Corta - Radio	$< 180$	$> 1,7 \times 10^6$	$> 11,22 \times 10^{-28}$
Onda Media - Radio	$< 650$	$> 650 \times 10^3$	$> 42,9 \times 10^{-29}$
Onda Larga - Radio	$< 10 \times 10^3$	$> 30 \times 10^3$	$> 19,8 \times 10^{-30}$
Muy Baja Frecuencia -	$> 10 \times 10^3$	$< 30 \times 10^3$	$< 19,8 \times 10^{-30}$

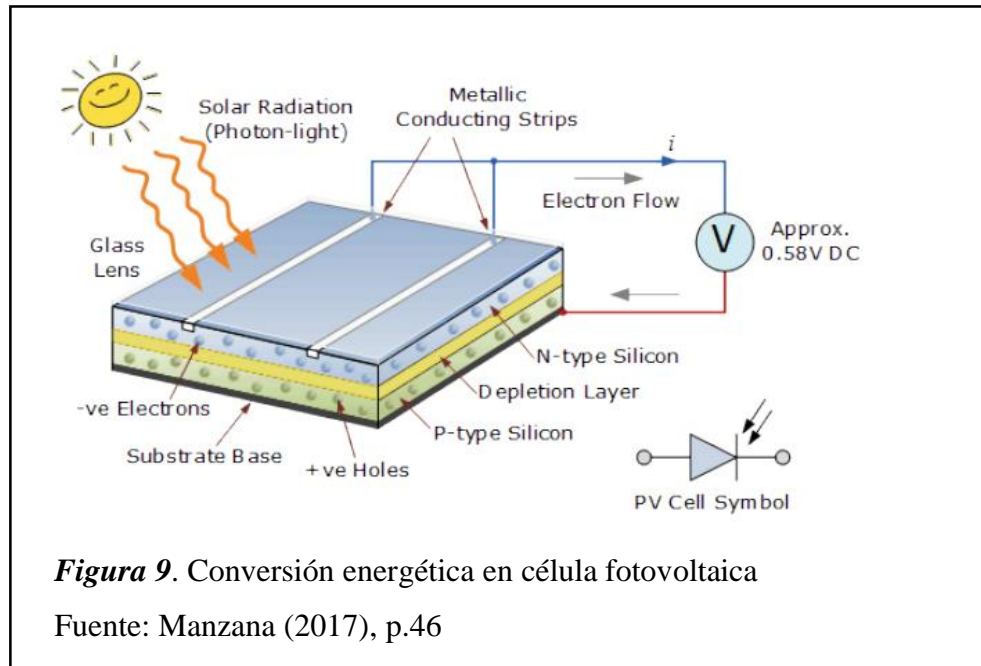
Fuente: Wikipedia-Espectro electromagnético (2020), p.1

Los sistemas para captación de la irradiación solar (energía) tiene la siguiente clasificación: pasivos y activos. En los primeros, no se necesita dispositivo alguno para captación de la energía, lo cual se produce mediante la aplicación de elementos arquitectónicos bioclimáticos diseñados específicamente para dispersar la luz. De otro lado, los sistemas activos requieren componentes específicos para captar la radiación solar, llamados paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos, según su aplicación.

El presente trabajo de investigación está relacionado con la generación de energía eléctrica para centro poblado, por lo que nos enfocaremos específicamente en la tecnología fotovoltaica.

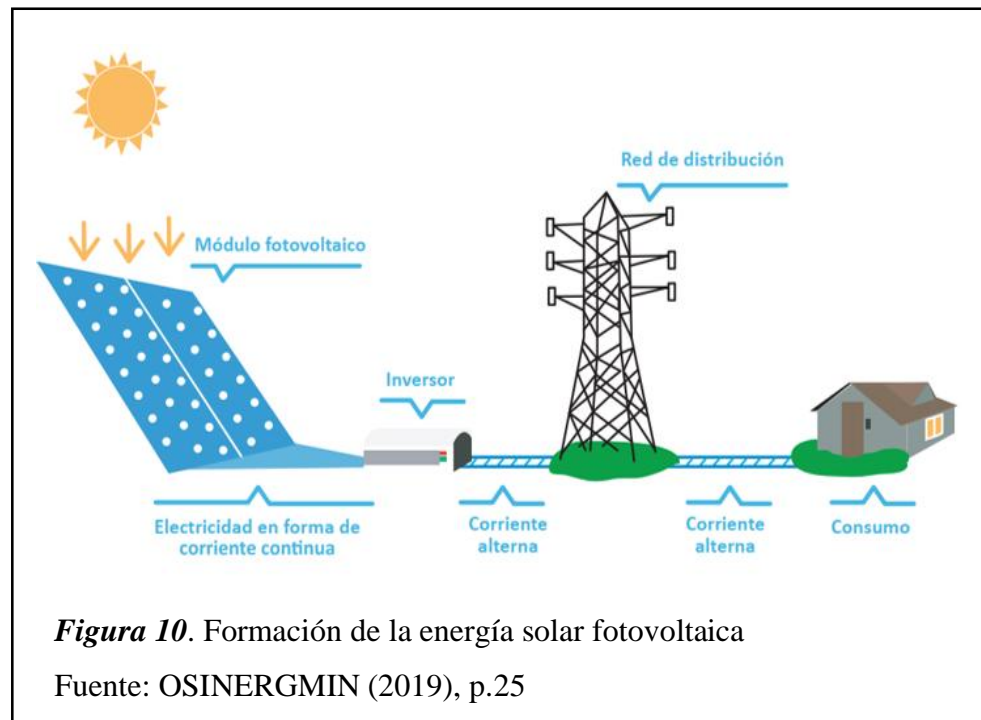
La aplicación fotovoltaica consiste en captar la energía contenida en la radiación solar y convertirla en energía eléctrica, a partir de células fotovoltaicas fabricadas en base a silicio, el cual es uno de los metaloides de mayor abundancia en el planeta. Manzana (2017) precisa que el efecto fotoeléctrico consiste en que las

partículas de la luz solar, llamadas fotones, al impactar sobre una de las caras de la célula fotovoltaica, generan diferencia de voltaje entre los terminales de la misma, el cual, ante una carga aplicada en circuito, genera corriente eléctrica utilizable como fuente energética (ver Figuras 9 y 10).



**Figura 9.** Conversión energética en célula fotovoltaica

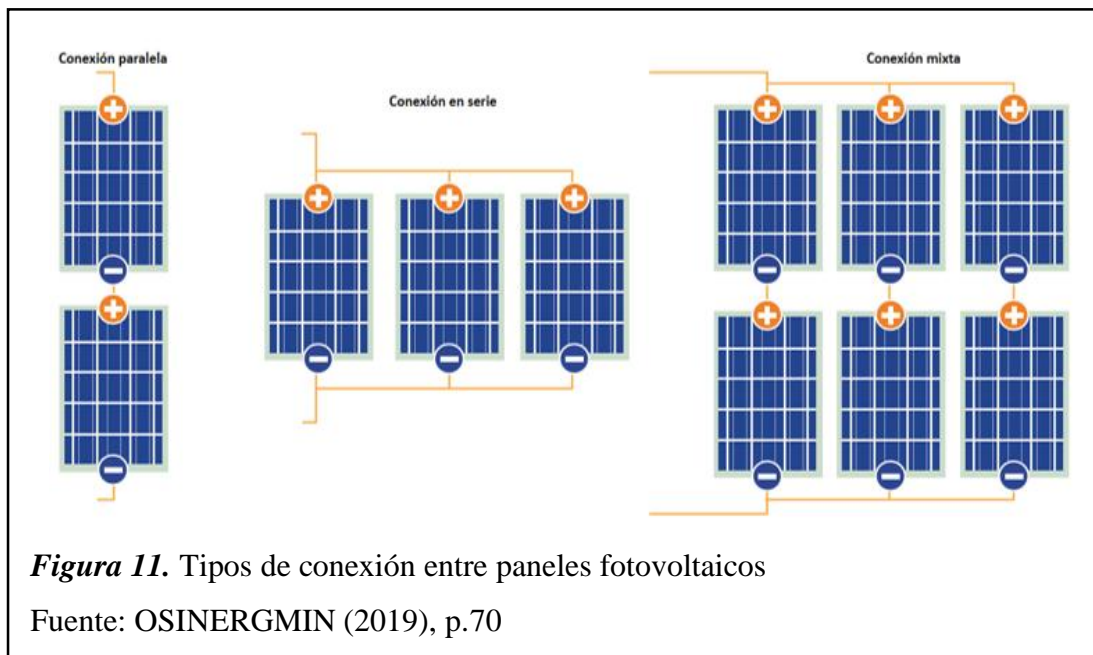
Fuente: Manzana (2017), p.46



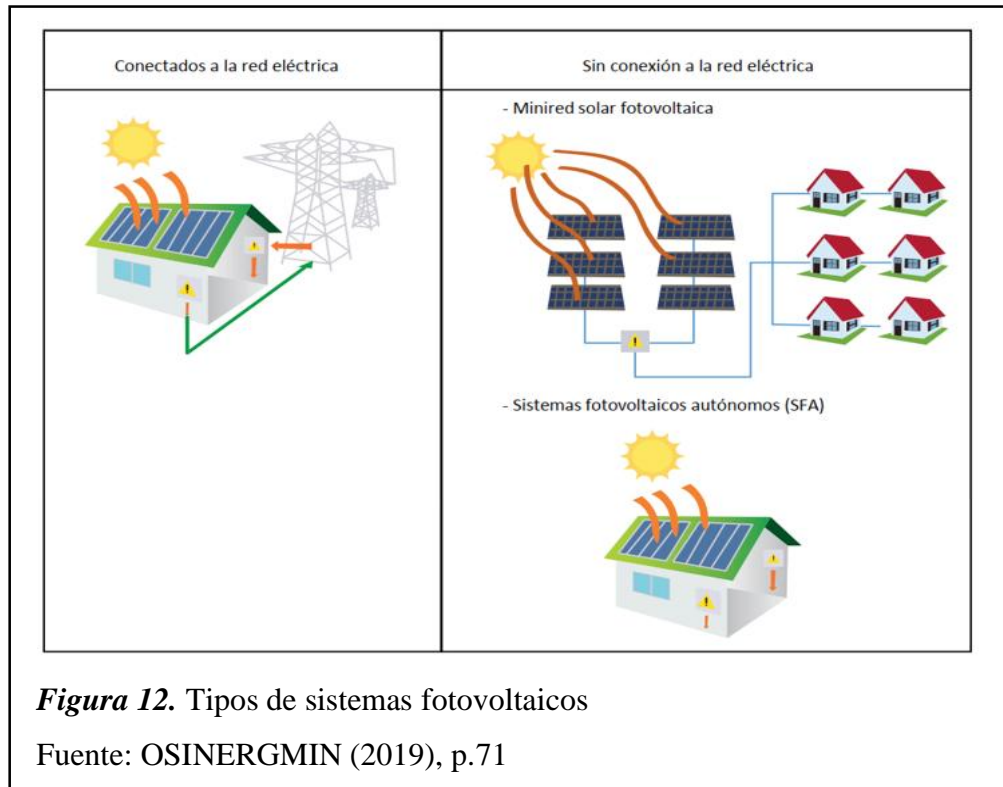
**Figura 10.** Formación de la energía solar fotovoltaica

Fuente: OSINERGMIN (2019), p.25

Passos, Alarcón y Dalaison (2018) refieren que los Sistemas Fotovoltaicos (SF) están conformados por paneles fotovoltaicos y equipos complementarios que permiten generar electricidad desde la energía solar captada. Estos pueden ser conectados entre sí, modificando su potencial eléctrico de salida. Es posible efectuar tres tipos de conexión: serial, paralela o ambas (ver *Figura 11*).



Los SF pueden clasificarse según su aplicación con el entorno, en dos tipos: Conectado (on-grid) y No conectado (off-grid), según su estado de conexión a una red eléctrica externa (ver *Figura 12*).



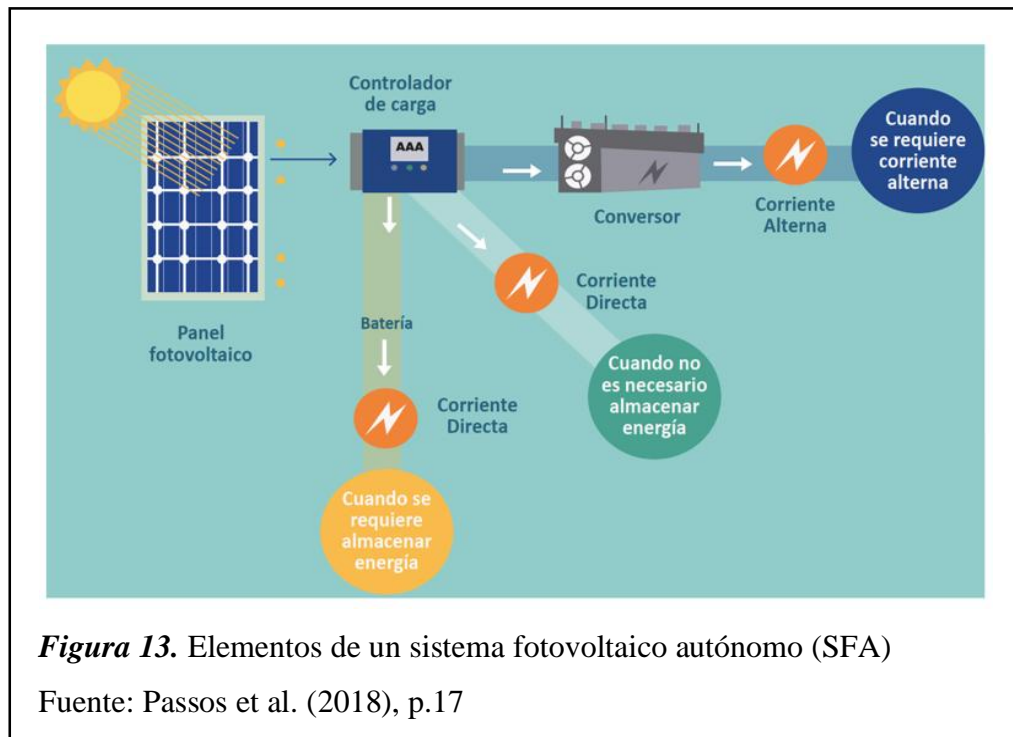
- ✓ SF conectados a red eléctrica, también denominados on-grid (denominación en idioma inglés). Se aplica en forma complementaria a los casos en que usuarios de un servicio eléctrico convencional, esto es, redes del servicio público de electricidad, puedan utilizar paneles fotovoltaicos como fuente alternativa; esto es, tener auto abastecimiento de energía eléctrica que les permita reducir su demanda de energía de la red. Esta modalidad se puede traducir en reducción de su facturación de consumos e inclusive venta de energía por reinyección de excedentes en la red si fuera el caso.
- ✓ SF no conectados a red eléctrica, también denominados off-grid (denominación en idioma inglés). Se aplica cuando el servicio eléctrico se requiere en zonas rurales remotas o geográficamente aisladas, donde no existe red eléctrica pública y cuyos altos costos de instalación limitan su despliegue. Esta forma de suministro representa prácticamente la única posibilidad de proveer el servicio eléctrico en tales lugares, con el condicionante que el potencial solar de la zona sea el adecuado, además de solo proveer energía en determinados horarios o requerir baterías para asegurar continuidad en el suministro de electricidad. En el país, los sistemas no conectados a red (off-grid) son aplicables para aquellos

usuarios cuyos predios se encuentran ubicados en zonas alejadas, no conectadas a las redes convencionales de electrificación.

Los SF no conectados a red eléctrica se pueden clasificar en dos tipos:

- § Sistema fotovoltaico autónomo (SFA). Permiten suministrar energía eléctrica a predio único de forma aislada. Puede ser, por ejemplo, vivienda, centro de salud, escuela, entre otros.
- § Mini red solar fotovoltaica. Es una instalación de generación solar fotovoltaica de baja capacidad, que tiene por finalidad el suministro de energía eléctrica a centros poblados reducidos, cuyas demandas individuales son de baja potencia. Este tipo de instalación corresponde al presente proyecto de investigación que permitiría proveer servicio eléctrico al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque.

Passos et al. (2018) indican que los Sistemas Fotovoltaicos aislados no conectados a red están conformados, en términos generales, por los siguientes componentes (ver *Figura 13*):



**Figura 13.** Elementos de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA)

Fuente: Passos et al. (2018), p.17

- § Generador fotovoltaico: Está conformado por dispositivos, también conocidos como paneles fotovoltaicos o solares, de forma plana en los cuales las células fotovoltaicas se encuentran acopladas mecánicamente y conectadas en circuito eléctrico, lo que permite convertir la luz solar en electricidad. Su tiempo de vida útil es del orden de 25 años y su configuración externa permite su permanencia en la intemperie sin mayor deterioro.
- § Baterías: Las baterías o también llamadas acumuladores eléctricos, son de tipo ciclo profundo, debido a su característica de soportar gran descarga en ciclo de vida considerable, en comparación de las baterías vehiculares, por ejemplo. Se aplican en los sistemas fotovoltaicos para almacenar la energía captada en horario de presencia de luz solar, de tal forma que en periodos de ausencia de la misma, el servicio eléctrico tenga relativa continuidad. Es necesario precisar que los sistemas fotovoltaicos no requieren necesariamente de baterías.
- § Controlador de carga: Es un equipo de seguridad indispensable, el cual regula el proceso de carga de la batería, evitando sobrecarga que pudiera afectar su ciclo de vida, con la afectación económica consiguiente. Se indica que el controlador de carga se requiere únicamente si el sistema fotovoltaico está configurado con baterías, en cuyo defecto el arreglo de paneles puede ser conectado directamente al Inversor.
- § Inversor: Es un dispositivo que efectúa la transformación del fluido eléctrico de tensión continua, tal como es generada por los paneles fotovoltaicos, en tensión alterna, para su utilización con los artefactos típicos. El ciclo de vida de un Conversor es del orden de 10 años.

En *Tabla 4* se muestra el ciclo de vida útil por cada dispositivo del SFA.

**Tabla 4***Vida útil de dispositivos de un SF*

Elementos del SFA	Ciclo de vida (años)
Panel fotovoltaico	25 – 30
Convertidor	5 – 15
Baterías (Plomo-acido)	3 – 5
Baterías (Ion-litio)	8 – 10
Controlador de carga	10 - 15

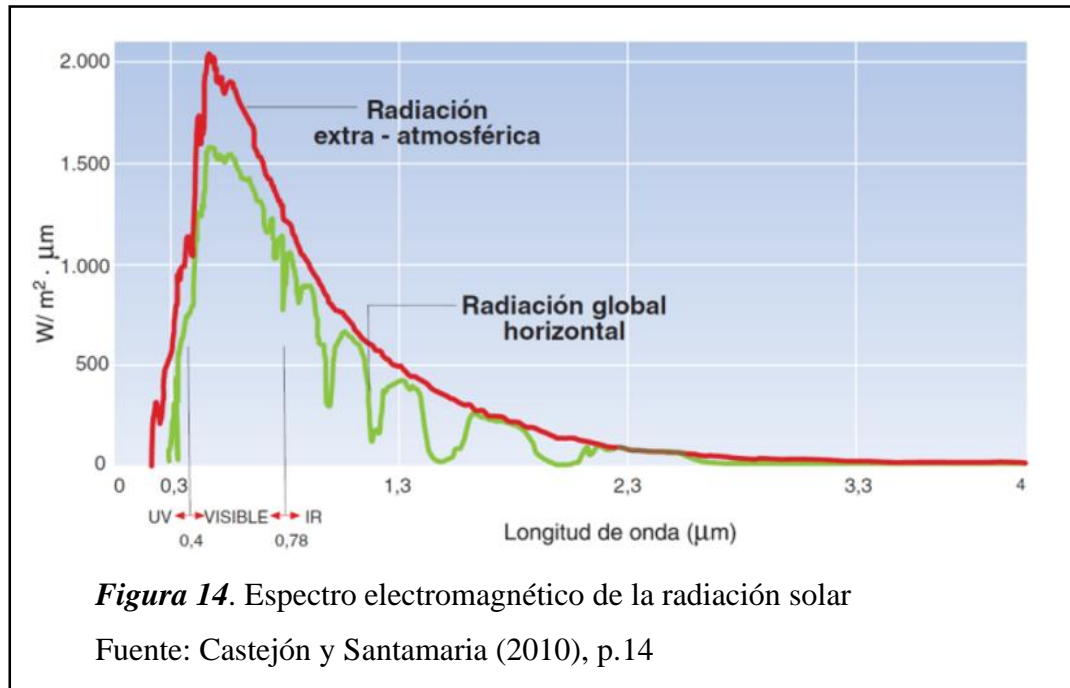
Fuente: OSINERGMIN (2019), p.72

En términos generales, las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, tales como reposición o reparación de roturas, deben ser efectuadas por personal calificado. Así mismo, se recomienda que la disposición de paneles solares inoperativos por deterioro interno sea efectuada adecuadamente por los riesgos de contaminación al ambiente, llegando a ser algunos como residuos peligrosos.

#### ***1.3.1.2 Radiación solar.***

Castejón y Santamaria (2010) sostienen que la radiación solar está constituida por un conjunto de ondas electromagnéticas emitidas como consecuencia de procesos termonucleares ocurridos al interior del sol. Dicha estrella presenta temperatura media del orden de 5500 grados Celsius; en su interior tienen lugar reacciones que generan pérdida de masa transformándose en energía, la cual es irradiada, alcanzando la atmósfera terrestre en el espectro electromagnético cuyas longitudes de onda varían desde  $0,15 \times 10^{-6}$  metros a  $4,0 \times 10^{-6}$  metros aproximado, según se indica en *Figura 14*.





Castejón y Santamaria (2010) indican además, que la franja del espectro en el rango  $0,40 \times 10^{-6}$  metros a  $0,78 \times 10^{-6}$  metros se conoce como luz visible; el resto fuera de alcance del ojo humano lo conforman radiaciones de longitud de onda inferior a  $0,40 \times 10^{-6}$  metros llamada radiación ultravioleta (UV); en tanto que las longitudes de onda superiores a  $0,78 \times 10^{-6}$  metros son conocidas como radiación infrarroja (IR).

De otro lado, Castejón y Santamaria (2010), refieren que, en los cálculos relacionados con la radiación solar, se consideran dos parámetros fundamentales que permiten cuantificar su potencial energético:

- ✓ Irradiancia: Se define como densidad de la Potencia irradiada por el sol y que incide en área superficial de la tierra, expresado en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).
- ✓ Irradiación: Se define como densidad de la Energía irradiada por el sol y que incide en área superficial de la tierra, expresado en vatios por metro cuadrado ( $Wh/m^2$ ).

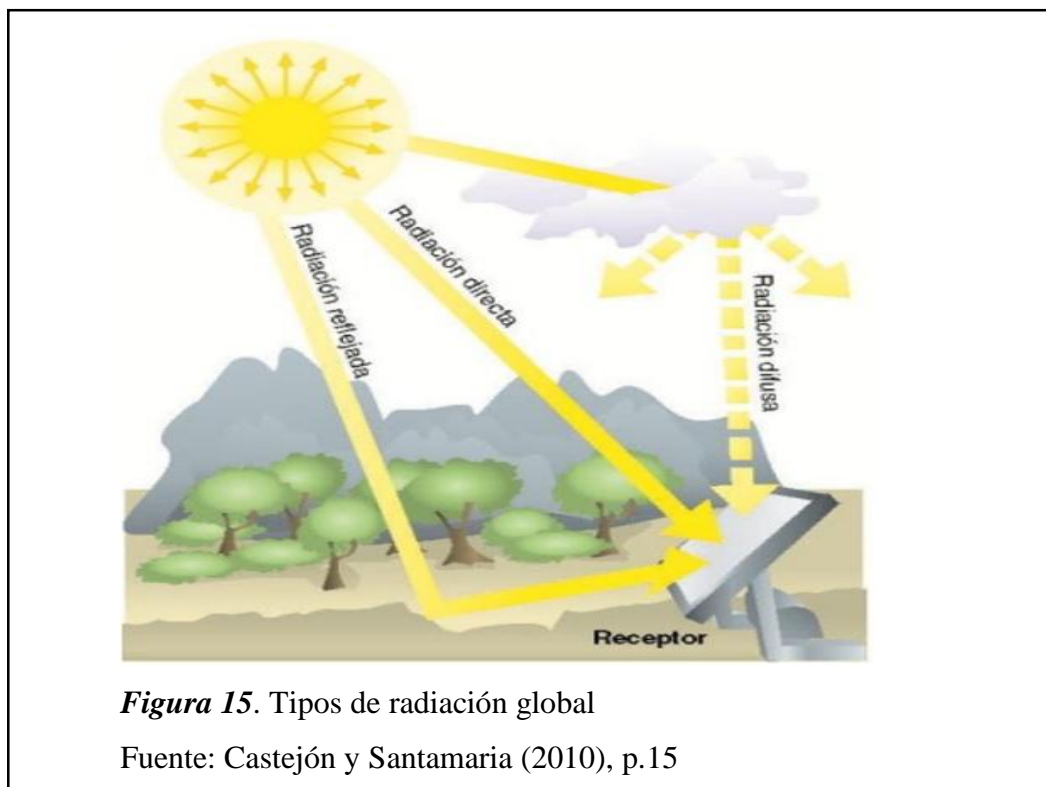
La irradiancia en la superficie solar se calcula en  $63\ 450\ 720\ W/m^2$ , sin embargo, al exterior de la atmósfera terrestre solo llega  $1\ 353\ W/m^2$ , lo cual se define como constante solar. De esta magnitud, la tercera parte incide sobre la superficie terrestre, de la cual aproximadamente el 70% cae sobre la superficie del mar.

En cuanto a los tipos de radiación solar, se tiene que:

De acuerdo a la forma en que inciden los rayos solares sobre el planeta Tierra, se definen tres componentes respecto de radiación solar:

- ✓ Radiación directa: Recibida desde el Sol sin alteración en su rumbo a través de la atmósfera.
- ✓ Radiación difusa: Presenta alteración debido a la reflexión, difusión y difracción en su tránsito por la atmósfera
- ✓ Radiación de albedo: Viene a ser las radiaciones directas y difusas resultado de su reflexión en la superficie terrestre y otras superficies próximas.

La adición de estos tres tipos radiaciones representan la radiación general recibida en los sistemas fotovoltaicos (ver *Figura 15*).

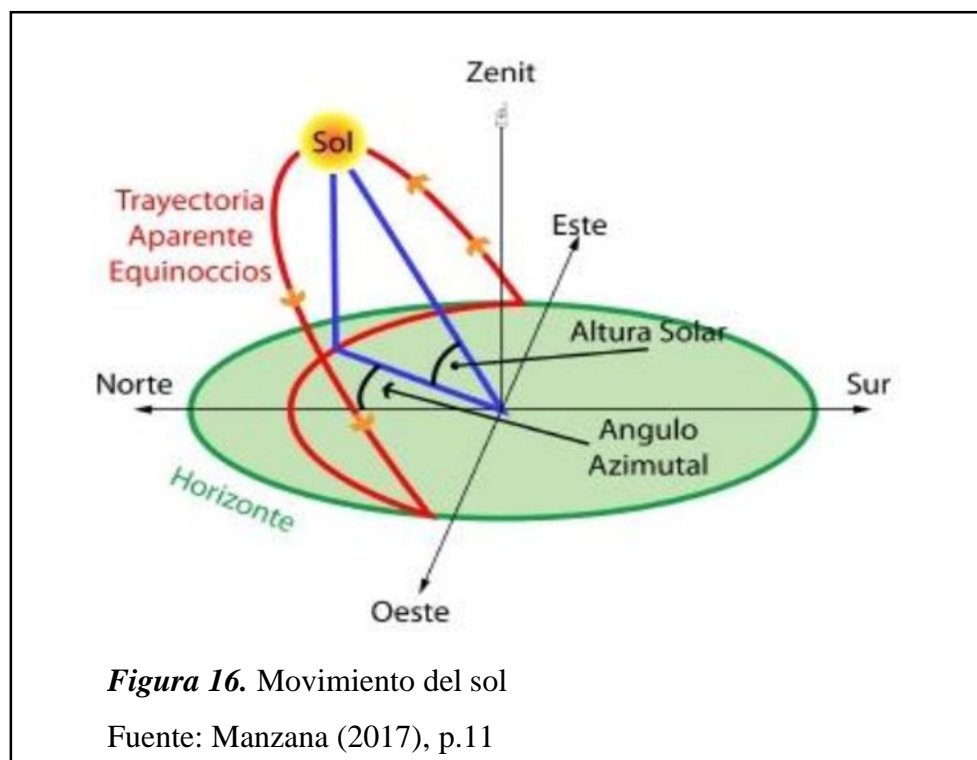


Respecto del movimiento del sol, Wikipedia-Astronomía (2020) señala que el planeta Tierra en su órbita solar origina que el Sol trace aparentes trayectorias en el firmamento según la estación del año, lo que hace que las sombras de objetos en la superficie del globo terráqueo difieran entre unas y otras estaciones. Manzana (2017) indica que para establecer este aparente movimiento del Sol se utiliza sistema

de coordenadas polares, con dos ángulos, lo que permite ubicar en todo momento la posición relativa solar. Dichos ángulos son:

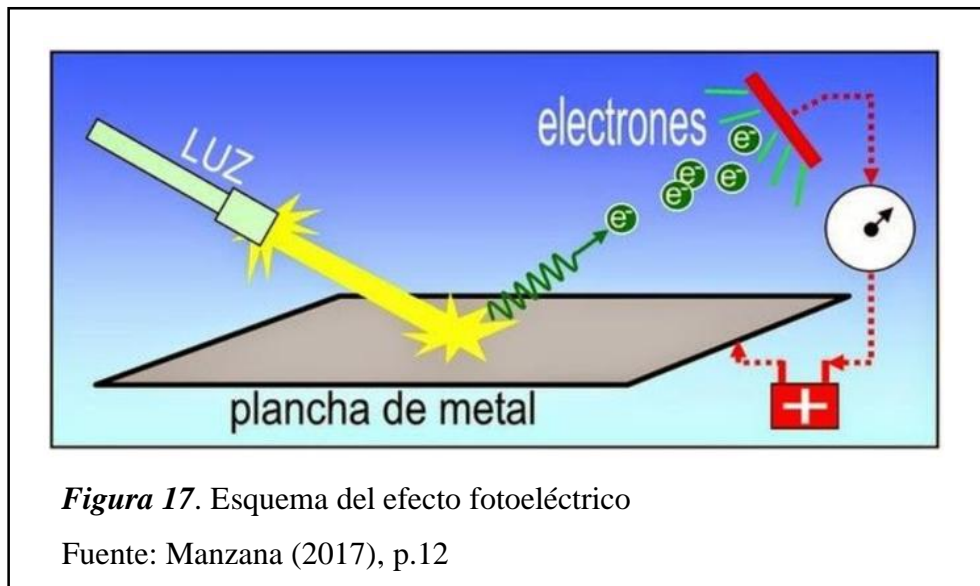
- ✓ Altura solar ( $\alpha$ ): Angulo formado entre los rayos solares y la línea horizontal del lugar de observación. Tiene valor cero al momento de salida y puesta del sol, y máximo valor al mediodía solar.
- ✓ Azimut solar ( $\psi$ ): Angulo formado por la proyección en el plano horizontal de la línea Observador-Sol y la línea Observador- Norte, siempre que el observador este ubicado en el hemisferio sur de la tierra. En caso el observador este ubicado en el hemisferio norte de la tierra entonces este Angulo estará formado igualmente, pero con la línea Observador-Sur.

La *Figura 16* da cuenta de la configuración de ángulos indicada:



El efecto fotoeléctrico fue evidenciado por H. Hertz, físico alemán en 1887, y posteriormente puesto en demostración teórica por A. Einstein en 1905, en base al aporte sobre la teoría cuántica de M. Planck. La base de la aplicación de la energía solar en electricidad se fundamenta en el efecto fotoeléctrico, puesto que al aplicar luz irradiada a un material semiconductor tipo PN se origina diferencia de potencial,

el cual al conectarse en circuito eléctrico genera corriente eléctrica aprovechable. Este concepto define a la célula fotovoltaica (ver *Figura 17*).



**Figura 17.** Esquema del efecto fotoeléctrico

Fuente: Manzana (2017), p.12

### ***1.3.1.3 Características técnicas de Sistemas Fotovoltaicos.***

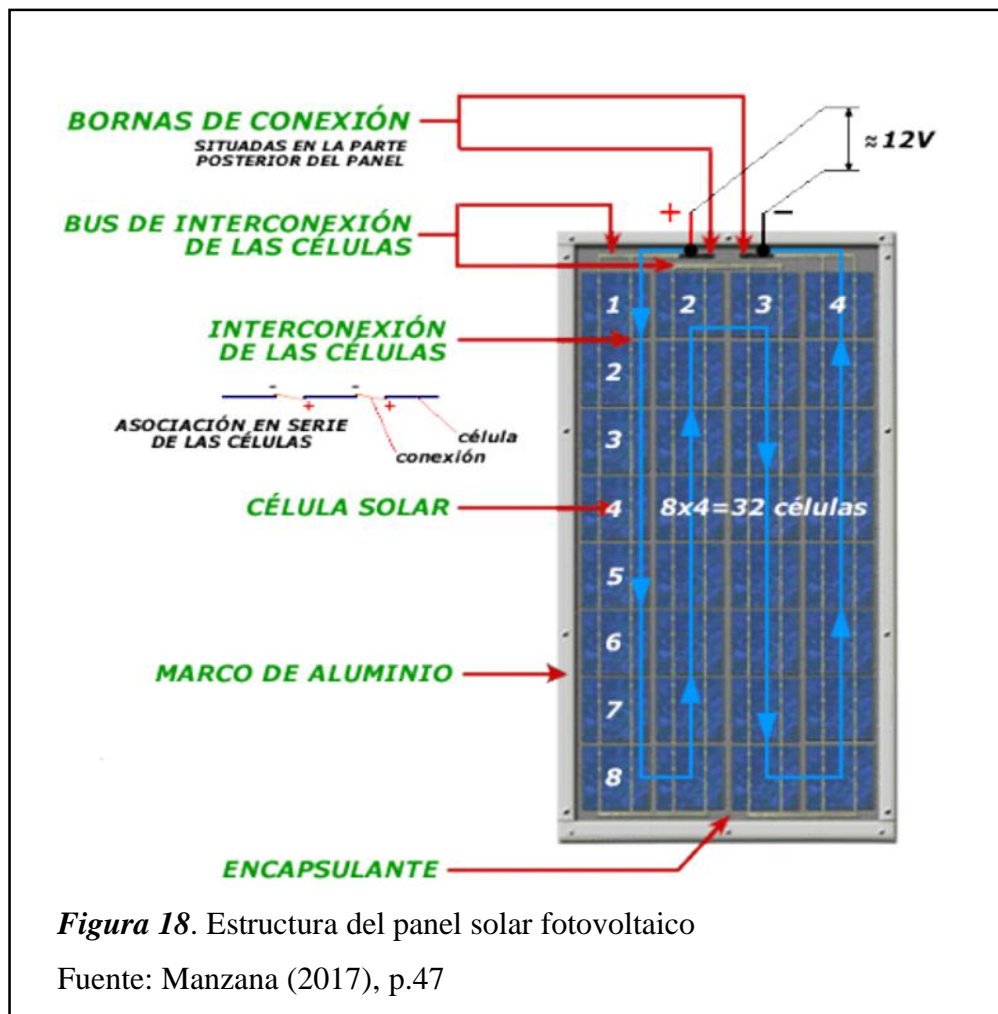
Tal como se indicó líneas arriba, un Sistema Fotovoltaico está conformado por dispositivos y equipo complementario cuyo principio de funcionamiento recoge el efecto fotoeléctrico ya mencionado, lo que permiten generar electricidad desde la energía solar captada. En el presente trabajo de investigación se hará énfasis en la aplicación de modelos tipo Sistema de generación fotovoltaica “off-grid”, por su acrónimo en idioma inglés, esto es, sistema no conectado a una red eléctrica, específicamente a la red del servicio público de electricidad concesionada a la empresa Electronorte S.A., por cuanto ello aplica exactamente con la realidad del caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque.

En este sentido, tal como se ha indicado en acápite anterior, este sistema “off-grid” está estructurado según los componentes centrales antes citados, sobre los cuales versará el siguiente desarrollo, es decir: Modulo fotovoltaico, Batería o acumulador eléctrico, Regulador de carga de batería e Inversor de potencia. Como base de cumplimiento obligatorio, en MINEM DGE 030 (2005), MINEM DGE 003 (2007), MINEM DGE 203 (2015) y MINEM DGE 272 (2016) se establecen, a título de Normas técnicas peruanas, las especificaciones para Sistemas Fotovoltaicos y procedimientos de evaluación técnica en su aplicación de electrificación rural.

a. *Generador fotovoltaico.*

Representa el elemento fundamental del sistema de generación eléctrica fotovoltaica, por cuanto en él se capta la energía solar para su conversión a energía eléctrica. Está conformado por un arreglo de paneles fotovoltaicos, soportados sobre estructuras generalmente metálicas y conectados eléctricamente en circuitos serie o paralelo, según las características de diseño del generador fotovoltaico (Tensión, Potencia).

Manzana (2017) menciona que los paneles fotovoltaicos están estructurados mediante conjuntos de células fotovoltaicas idénticas acopladas en circuitos eléctricos series y paralelos; los primeros para incrementar la tensión hasta el valor de diseño, y los otros para aumentar la capacidad de corriente según la potencia eléctrica de salida deseada (ver *Figura 18*).



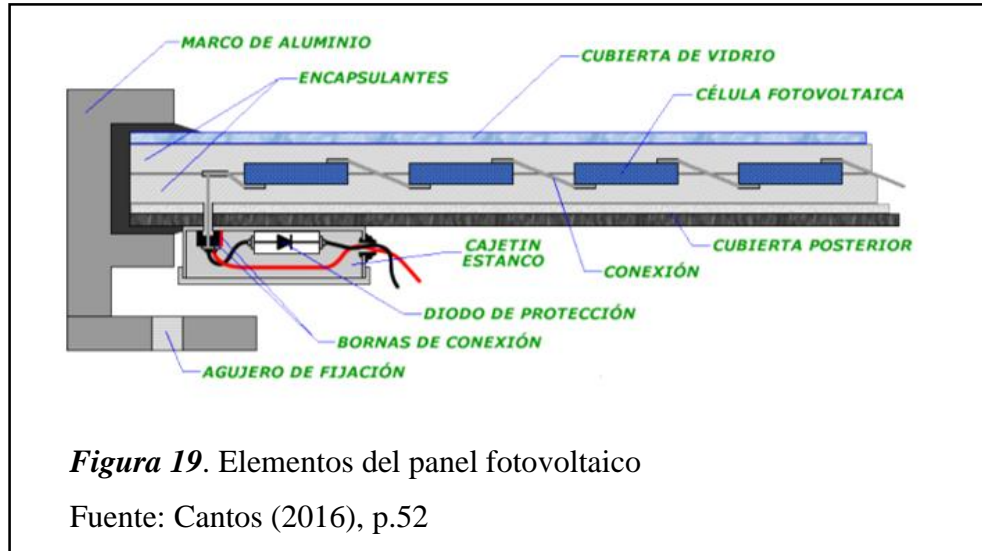
**Figura 18.** Estructura del panel solar fotovoltaico

Fuente: Manzana (2017), p.47

Cantos (2016) indica que todo panel solar requiere de elementos complementarios que permitan su protección frente al medio externo al cual van a estar expuestos, lo que les da rigidez adecuada para su sujeción a estructuras de soporte. Tales elementos son:

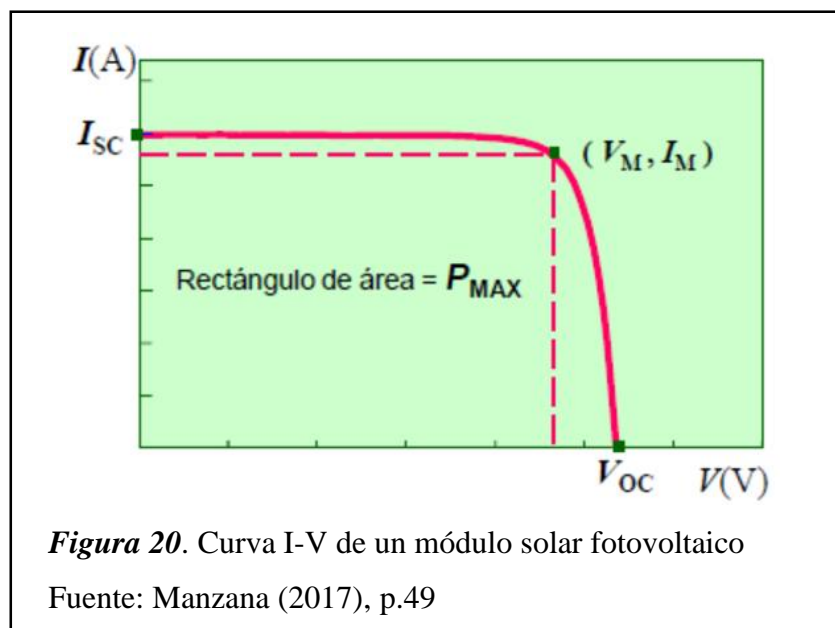
- § Marco metálico: Es la estructura metálica que alberga los componentes internos del panel fotovoltaico, y que le da la rigidez y estanqueidad necesaria como elemento mecánico. Generalmente es de material aluminio, por presentar suficiente rigidez con bajo peso. Las uniones entre el marco indicado y los elementos del módulo se realizan mediante distintos tipos de enganche y acople cuyo material y resistencia está garantizado.
- § Cubierta exterior: Este elemento debe facilitar la transmisión de la luz solar y a la vez protección del ambiente exterior, por lo que se construye en vidrio, de alta resistencia mecánica.
- § Protección posterior: Como su nombre lo indica, sirve para proteger la cara posterior del panel y contribuir con la rigidez del mismo; generalmente está conformado por láminas de material adecuado al medio ambiente en el cual se va a utilizar el panel.
- § Encapsulante: Da protección a las células fotovoltaicas en su alojamiento interior del panel, en previsión de las condiciones climatológicas, severidad de la irradiación solar y posibles impactos. Puede estar conformado por silicona o EVA (etilen vinil acetato) traslucido que evite afectar la radiación incidente.
- § Diodo de protección: Dispositivo electrónico de doble polo mediante el cual es posible el flujo de corriente eléctrica en un solo sentido, evitando el retorno de la misma en sentido inverso y consecuente deterioro durante el funcionamiento del panel solar.
- § Cableado y bornes de conexión: Tienen por finalidad configurar los circuitos eléctricos de cada panel y definir los puntos de empalme entre unos y otros para su configuración serial o paralelo según se requiera. Las características de estos elementos deben ser similares que el resto de componentes, de tal forma que constituyan una unidad compacta y resistente al medio ambiente en el cual van a ser instalados.

Por lo general, los paneles fotovoltaicos son diseñados para operar conjuntamente con baterías cuyas tensiones nominales son múltiplo de 12 voltios, esto es 12, 36 o 48 voltios corriente continua (ver *Figura 19*).

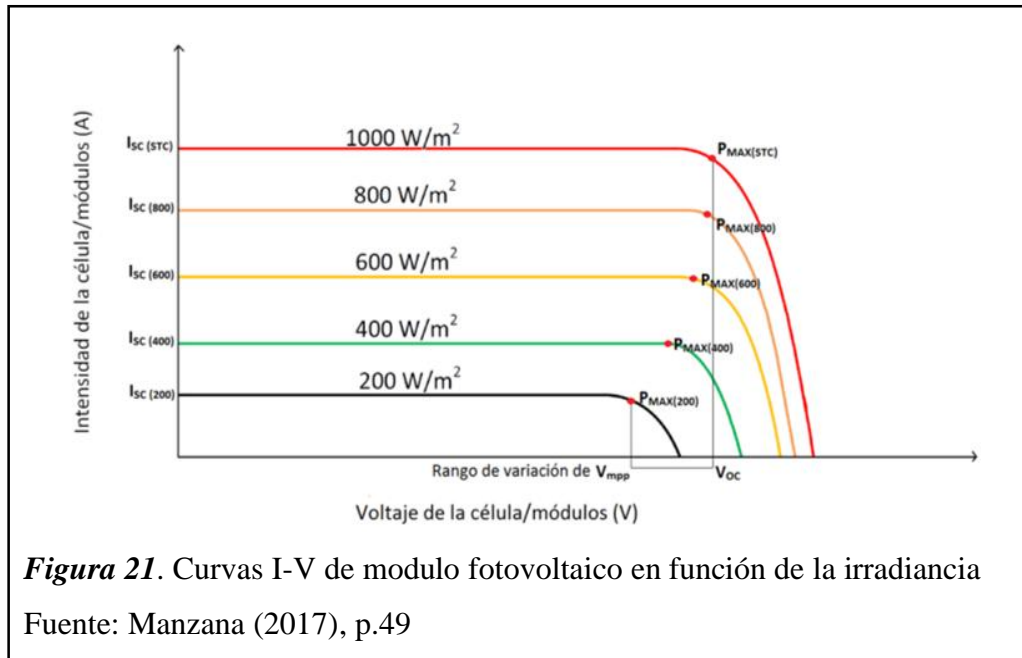


Manzana (2017) refiere que la caracterización de un panel solar está definida por los siguientes parámetros:

- Ø Curva Tensión-Corriente (I-V): Esta curva grafica la capacidad de generación eléctrica del panel solar, esto es, la respuesta de tensión (voltaje) frente a una determinada carga eléctrica (amperaje) aplicada. El punto de máxima potencia del módulo se define como la máxima corriente que el panel es capaz de alimentar sosteniendo un mismo nivel de tensión (ver *Figura 20*).

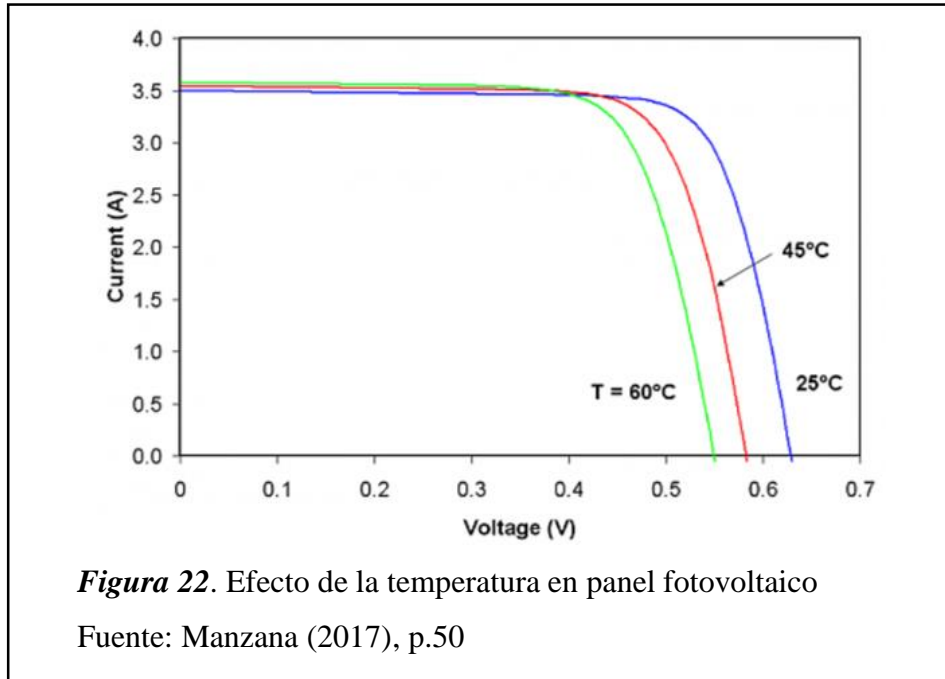


- Ø Efectos de la irradiancia: El nivel de irradiancia solar da lugar a determinada respuesta de las células solares, lo que se traduce en la respuesta del panel en su conjunto. El resultado es curvas de respuesta I-V para determinados rangos de irradiación; esta característica viene definida en las especificaciones del panel según las pruebas desarrolladas por su fabricante (ver *Figura 21*).



- Ø Efectos de la temperatura: La temperatura del lugar de instalación del panel incide negativamente sobre la curva de desempeño I-V del panel solar; elevadas temperaturas del entorno originan principalmente la disminución de la tensión de entrega para una carga determinada, lo que afecta su rendimiento por pérdida de potencia eléctrica (ver *Figura 22*).





**Figura 22.** Efecto de la temperatura en panel fotovoltaico

Fuente: Manzana (2017), p.50

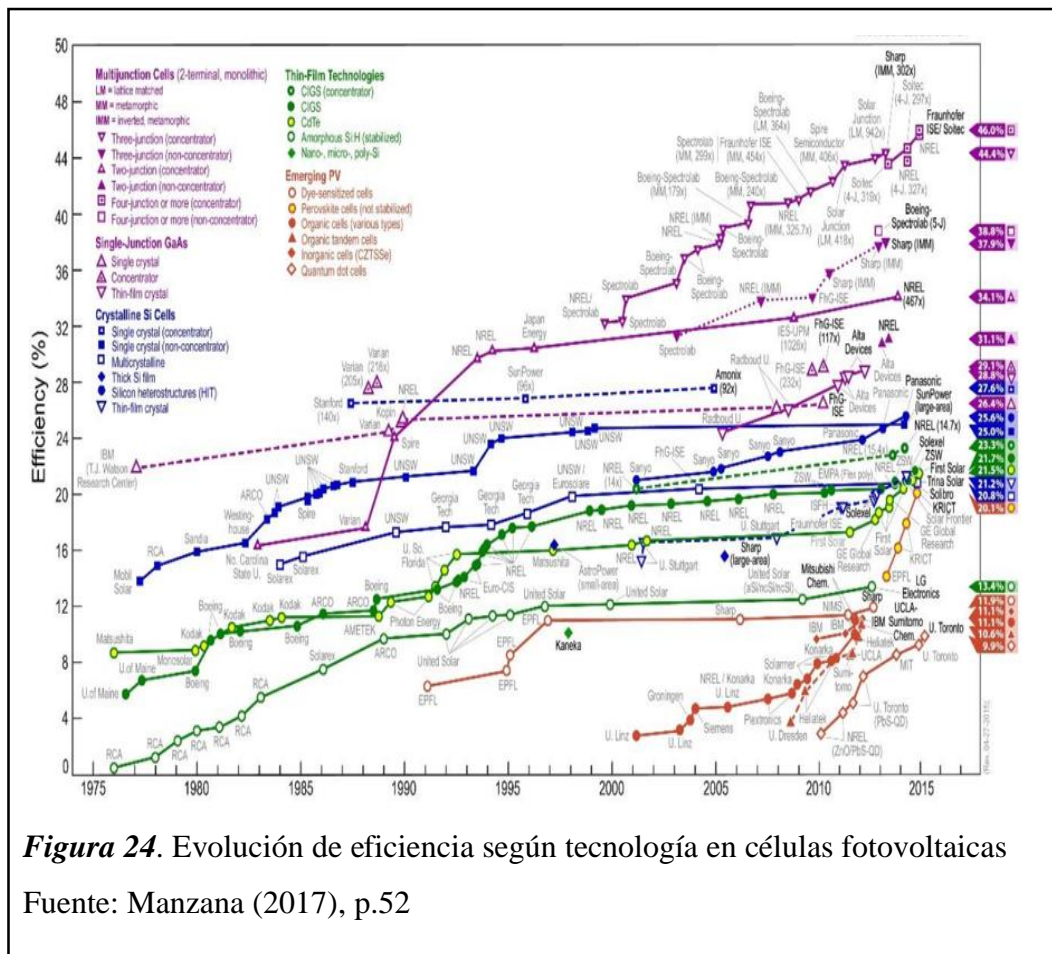
En cuanto a los tipos de paneles fotovoltaicos, el nivel de desarrollo tecnológico a la fecha permite la siguiente clasificación:

- Ø Paneles monocristalinos: Presentan alta eficiencia por las características de fabricación a partir de silicio puro, lo que se traduce en mayor producción de energía. Su costo es más elevado comparado con paneles tipo policristalino.
- Ø Paneles policristalinos: Su proceso de fabricación difiere respecto de los paneles monocristalinos teniendo eficiencia de menor rango. Su costo también es inferior; tienen comportamiento de bajo rendimiento cuando operan a mayores temperaturas.
- Ø Paneles de película delgada: Este tipo de paneles representa un ligero cambio en la tecnología puesto que son fabricados con materiales tales como silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe), cobre o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Esta nueva conformación resulta en reducción considerable de costo, pero a la vez de menor durabilidad y eficiencia (ver *Figura 23*).

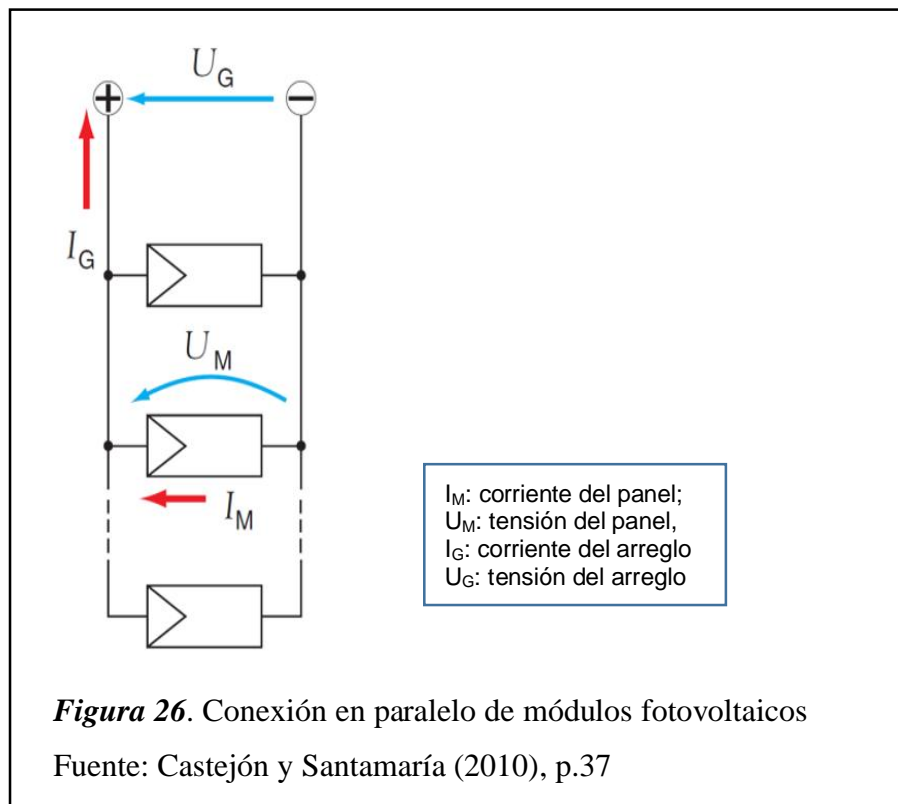
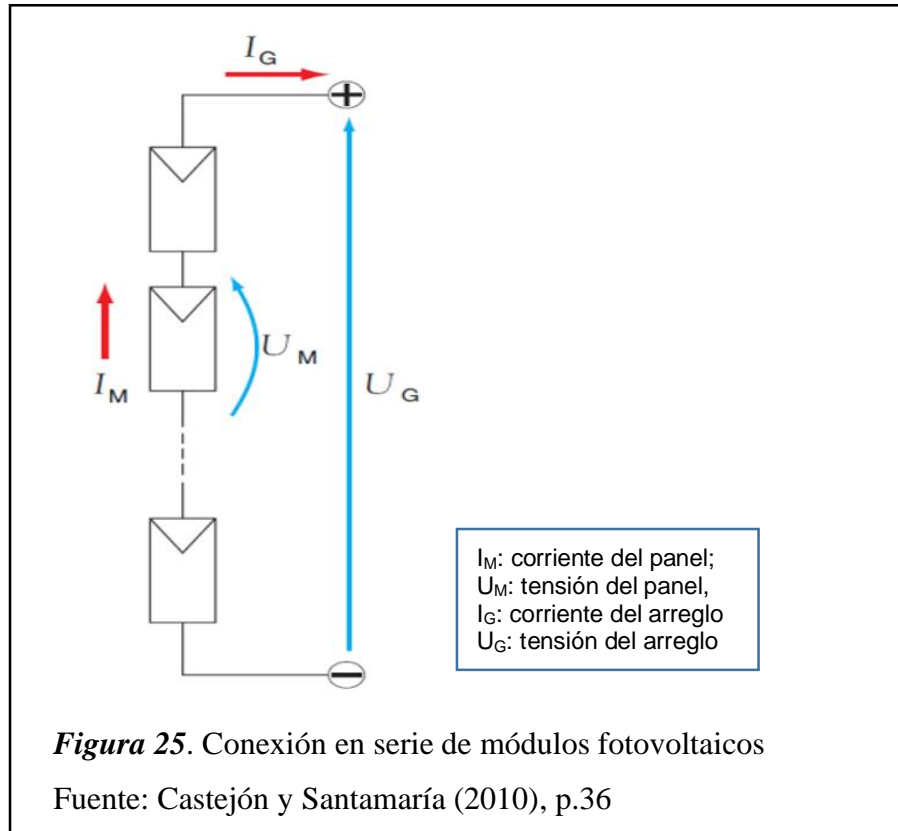


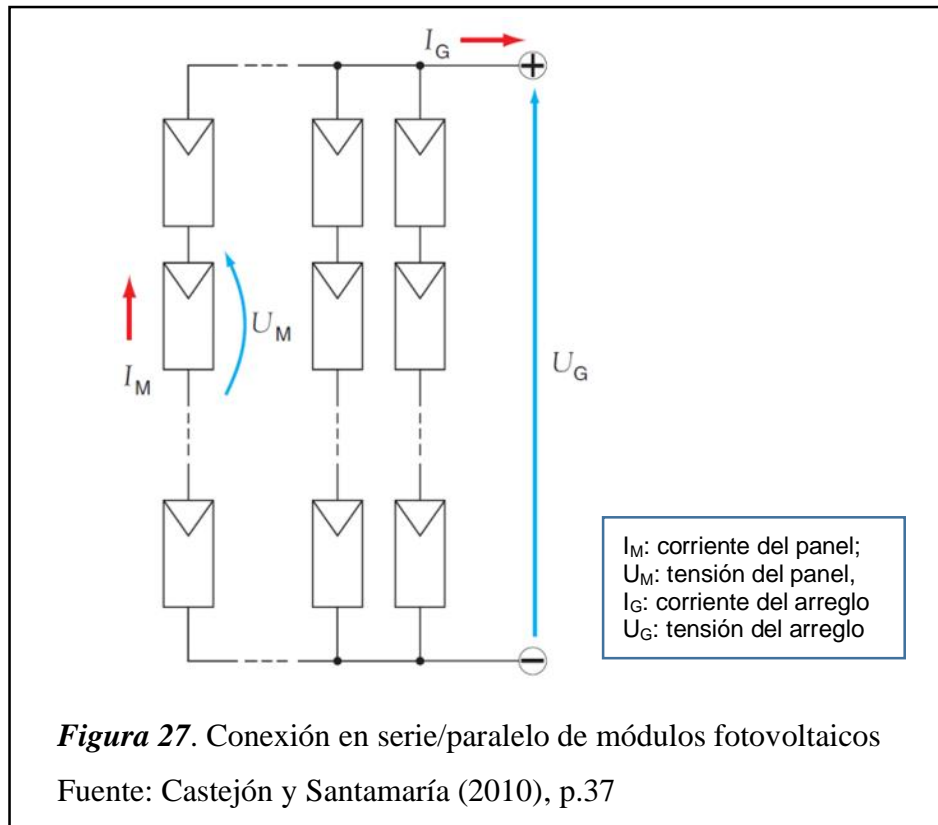
Su aplicación está en alta difusión, tanto en arquitectura, aeronáutica e incluso la moda (en prendas de ropa o mochilas pueden ser una herramienta para la carga de pequeños aparatos electrónicos).

En *Figura 24* se presenta el desarrollo tecnológico a través de los últimos años relacionado a las células fotovoltaicas. Se debe tomar en cuenta que, aunque los paneles fabricados en base a Silicio no resultan de mayor eficiencia, son los de mayor difusión y uso por su precio de mercado principalmente.



Castejón y Santamaria (2010) afirman que en determinados casos es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados de tensión y/o corriente, esto es, al conectarse dos módulos en serie se incrementa la tensión del sistema, en tanto que al conectarse en paralelo se logra aumentar la intensidad del mismo. El conjunto así obtenido, módulos en serie y paralelo, se denomina generador fotovoltaico. Debe tenerse en cuenta que dichas agrupaciones deben cumplir necesariamente la condición de que sean iguales (mismas características y mismo fabricante). (ver Figuras 25, 26 y 27).





*b. Batería o acumulador eléctrico.*

El insumo determinante de un SF es, evidentemente, la existencia del recurso lumínico, ósea radiación solar. En tal sentido, si se requiere el suministro eléctrico en ausencia solar, será necesario incorporar algún dispositivo que permita acumular la energía eléctrica en determinado momento para su posterior utilización.

Manzana (2017) refiere que las baterías, o también los denominados acumuladores eléctricos, son dispositivos cuyo principio de funcionamiento radica en el efecto electroquímico, esto es, una o más celdas electroquímicas conectadas en serie y/o paralelo efectúan la conversión de la energía acumulada en forma química a energía eléctrica. Cada celda electroquímica está conformada por dos electrodos, ánodo positivo y cátodo negativo, inmersos en un electrolito como elemento conductor de iones circulantes entre ambos; de esta manera, se genera el flujo de corriente eléctrica que alimenta al circuito externo en el cual se encuentra conectado la carga, tal como artefactos de iluminación, entre otros.

Dicho de esta manera, las baterías cumplen la función de almacenamiento de la energía eléctrica obtenida por el generador fotovoltaico durante la permanencia del flujo solar, con la finalidad de poder utilizarla en periodos fuera de funcionamiento de dicho generador. Es más, las baterías cumplen otra función muy importante dentro del sistema de generación fotovoltaica, y esta consiste en estabilizar la tensión de salida, por cuanto durante el periodo de funcionamiento del generador, aun estando en presencia de radiación solar, podrían ocurrir eventos climatológicos temporales que mermen la producción eléctrica del mismo, tal como nubosidad, precipitación pluvial, por ejemplo, lo cual es asumido por las baterías. Es posible inclusive, que en determinadas circunstancias la carga eléctrica exija picos de potencia, lo cual puede también ser asumido por las baterías.

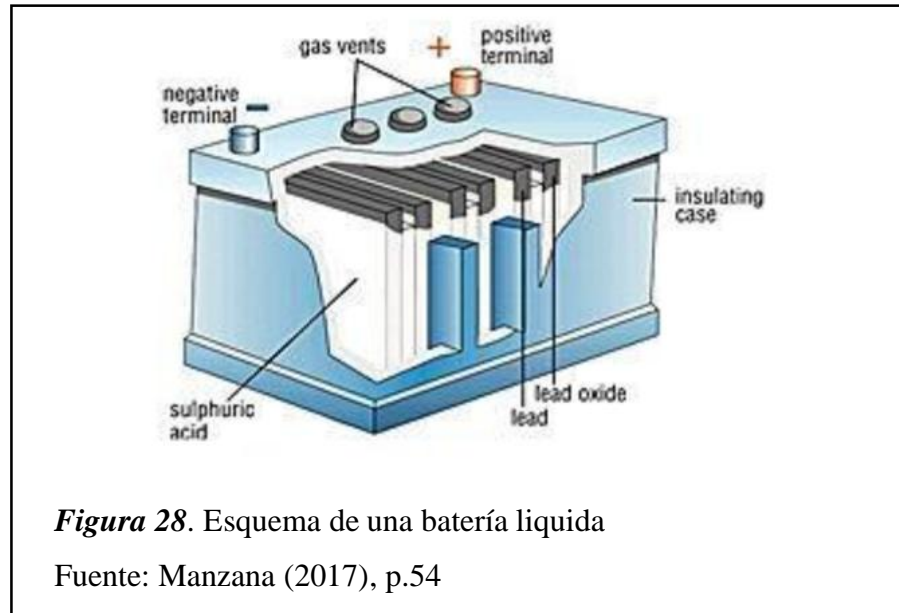
En contrapartida, se debe tener en cuenta que las baterías representan alta incidencia económica en el sistema fotovoltaico, tanto por su costo e instalación como de reposición en el tiempo, ya que su ciclo de vida útil es notablemente inferior al de los demás componentes, pudiendo ser del orden de cinco años. Por otro lado, las baterías representan también componentes de alta contaminación ambiental e inclusive de peligro para los usuarios teniendo en cuenta los compuestos químicos con los que están fabricadas. Por lo indicado, el diseño técnico del banco de baterías es determinante para la adecuada operación del sistema, tanto en el aspecto técnico como económico, así como de la seguridad personal por riesgos de integridad y salud, y protección del medio ambiente.

Manzana (2017) indica que, según las tecnologías desarrolladas de común aplicación y de disponibilidad, las baterías se clasifican principalmente en las siguientes:

- Ø Baterías de plomo ácido: En aplicaciones fotovoltaicas comúnmente se emplean baterías a base de plomo ácido, por su bajo índice de costo/energía entregada. Está construida en un contenedor con ácido sulfúrico y placas de plomo, paralelas unas a otras y en disposición alterna respecto de su polaridad (positiva / negativa). La magnitud de corriente entregada dependerá de su número de placas. En aplicaciones fotovoltaicas, este tipo de baterías deben

ser optimizadas, debido a que el suministro exigido de energía es en periodo de tiempo, relativamente largo, a diferencia de las aplicaciones automotrices donde, por el contrario, la demanda de energía es elevada, pero para lapsos de tiempo muy cortos. Otra circunstancia es que, en aplicación fotovoltaica, con frecuencia la descarga de la batería es a niveles más bajos, lo que se denomina “ciclo profundo”. En estos casos, las placas de plomo se construyen en mayor espesor, lo que prolonga significativamente su tiempo de vida útil, pero con la desventaja de aumento en tamaño y peso. Estas baterías están conformadas por celdas que producen 2 voltios nominales de corriente continua, acoplándose en serie para lograr tensión de salida de 6, 12 o 24 voltios. Dentro de este tipo de baterías de plomo ácido, se encuentra la siguiente sub clasificación, que radica básicamente en su composición interna:

§ Baterías líquidas: También conocidas como flooded, tienen la mayor disponibilidad actual en el mercado, por su multiplicidad de uso en industria y aplicaciones. Según su diseño general los gases internos son expulsados al ambiente por respiraderos; debido a ello, existe pérdida de electrolito debiendo añadirse agua en mantenimiento, el cual debe incluir el tratamiento de las placas de plomo que al entrar en contacto con el aire tienden a corroerse afectando su funcionamiento. También existen las denominadas “libre mantenimiento” las cuales disponen de placas de aleación plomo-calcio, plomo-estaño o plomo-plata, que evitan la evaporación del electrolito no siendo necesario el mantenimiento. Estas baterías tienen indicadores precio/capacidad bastante favorables, pero en contra partida son de débil construcción interna. Así mismo, deben ser manipuladas lo mínimo posible porque desprenden hidrógeno en periodo de carga con riesgo explosivo. Otra desventaja es su reducido rendimiento de operación a temperaturas bajo cero, con corto periodo de vida útil el mismo que es del orden solo de cuatrocientos ciclos de carga. (ver *Figura 28*).



**Figura 28.** Esquema de una batería líquida

Fuente: Manzana (2017), p.54

§ Baterías reguladas por válvula (VRLA): Las baterías VRLA (Valve Regulated Lead Acid) son selladas, siendo posible montarlas en distinta orientación, además de no requerir ventilación. No necesitan mantenimiento constante, puesto que por su diseño recombina oxígeno e hidrógeno emitido por sus placas durante la carga. Existen principalmente dos tipos de baterías VRLA, AGM (Absorbed Glass Matte) y Gel:

- Baterías AGM: Contienen un separador de fibra de vidrio ubicado entre el contenedor y la placa, lo que evita el derrame de electrolito por acción capilar; bajo este principio el fluido se mantiene dentro del vidrio rugoso, evitando su derrame. Tienen amplio uso sistemas fotovoltaicos, siendo su mayor ventaja el uso en climas extremadamente fríos, además de alta eficiencia y mínima auto descarga. Su resistencia óhmica es reducida, por lo que pueden manejar altas corrientes sin recalentamiento. La desventaja es su costo mayor, además de presentar vulnerabilidad frente a descargas profundas (ver *Figura 29*).





**Figura 29.** Batería AGM con sección interior

Fuente: Manzana (2017), p.55

- Baterías de Gel: Son totalmente herméticas, utilizan sílice en polvo que convierte el ácido sulfúrico en sustancia gelatinosa, la misma que surte el efecto de electrolito. Presentan el riesgo de deterioro irreversible de sus placas como resultado de altas corrientes eléctricas. Tienen buena capacidad a bajas temperaturas de operación y descargas profundas, por lo que su ciclo de vida útil supera a las baterías líquidas, sin embargo, su costo de adquisición es comparativamente mayor (ver *Figura 30*).



**Figura 30.** Batería de gel con sección interior

Fuente: Manzana (2017), p.56

§ Baterías de placas tubulares OPzS y OPzV: Están conformadas por placas tubulares de plomo, que forma espigas dentro de tubos de material permeable. Son bastante voluminosas y de gran peso, de gran contenido de plomo. Según su nomenclatura, OPzS y OPzV, el código “O” representa batería estacionaria, el código “Pz” batería de placa tubular de plomo, código “S” electrolito líquido y “V” electrolito en gel - batería sellada. Su aplicación mayor es en sistemas fotovoltaicos aislados, por requerir mínimo mantenimiento (tipo OPzS requiere relleno de electrolito cada dos años), presenta alta eficiencia y fiabilidad, además de buena performance inclusive en medios climáticos adversos. Evitando operaciones extremas de sobre carga y descarga se puede lograr tiempo de vida útil superior a 20 años. En contrapartida, su precio es elevado, así como de gran volumen y peso que afecta su transporte (ver *Figura 31*).



Ø Baterías de Li-Ion: Esta tecnología ha empezado a ser desarrollada significativamente por la difusión de los equipos y accesorios de telefonía celular. El electrolito utilizado en este caso es una sal de litio mediante la cual se obtienen los iones requeridos en la reacción electroquímica entre ánodo y cátodo. Presentan gran robustez respecto de las cargas y descargas, no requieren mantenimiento y alta densidad de energía (índice energía por peso-

volumen). Otra ventaja es su resistencia a impactos, así como manipulación por su reducido tamaño y peso. En sentido contrario, son de relativa baja capacidad y elevado costo en relación con la magnitud de energía provista. En el mismo sentido, su tiempo de vida es menor, del orden de cinco años en condiciones normales (ver *Tabla 5*).

**Tabla 5**

*Comparación entre diferentes tecnologías de baterías*

Tipo de Batería	Ventajas	Inconvenientes
Baterías líquidas	Precio menor. Gran disponibilidad.	No recomendadas para ciclados profundos y prolongados. Tiempos de vida medios. Requieren mantenimiento y de manipulación peligrosa.
Baterías VRLA	Escaso mantenimiento. Precio medio.	Deterioro rápido en condiciones de operación extremas (V y temperatura). Tiempos de vida medios.
Baterías de Placas Tubulares	Ciclado profundo. Tiempos de vida largos.	Precio elevado. Disponibilidad escasa en determinados mercados. Voluminosas y pesadas.
Baterías de Li Ion	Alta densidad energética. Tamaño y peso manejables.	Precio elevado por Ah. Tiempos de vida medios.

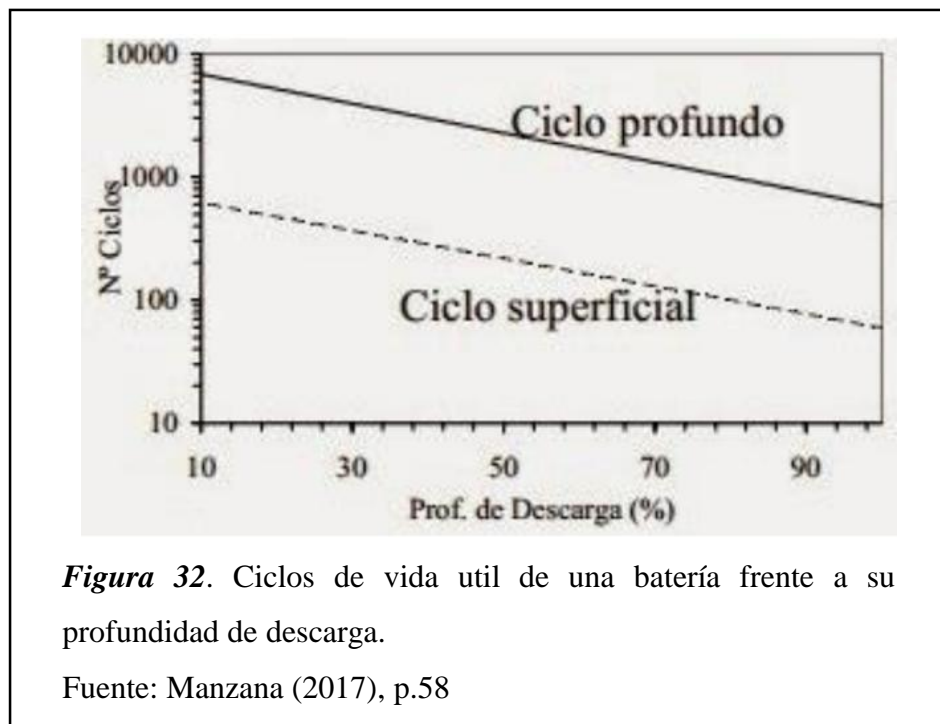
Fuente: Manzana (2017), p.57

Respecto de los factores que afectan el desempeño de las baterías:

Manzana (2017) señala que el uso y mantenimiento que se dé a las baterías durante su operación determinan su tiempo de vida útil. Si bien es cierto que la calidad de fabricación es determinante, sin embargo, no hay forma de controlar dicho uso y mantenimiento. Por ello, los fabricantes prefieren no otorgar mayores garantías, y en su defecto optan solo por indicar el número de ciclos de funcionamiento según cierta profundidad de descarga a un rango de temperatura ambiente determinada (entre 20°C a 25°C).

Ø Profundidad de descarga: Es uno de los principales factores que al ser bien dimensionado puede alargar el tiempo de vida útil de las baterías. La descarga muy profunda de una batería origina la pérdida de materia activa de la misma. En un sistema fotovoltaico, si se calcula adecuadamente la profundidad de descarga diaria, en el orden de 40% a 80%, entonces el resultado será de buena conservación del banco de baterías. Esto significa que cuantos más días de autonomía se prevean en el diseño del banco de baterías (sobredimensionamiento de las baterías), entonces la profundidad de descarga diaria será menor y consecuentemente mayor su tiempo de vida. Claro está que al considerar mayor autonomía se deberán incluir mayor número de acumuladores, elevando el costo total del sistema.

Por otro lado, también es importante evitar la sobrecarga de las mismas, lo que produce gaseo excesivo que erosiona las placas y genera pérdida de electrolito. De otro lado, el calentamiento en exceso en lapsos de sobrecarga incrementa la corrosión electroquímica. Para evitar la sobrecarga se debe acoplar al sistema un dispositivo regulador de dimensiones adecuadas. (ver *Figura 32*).

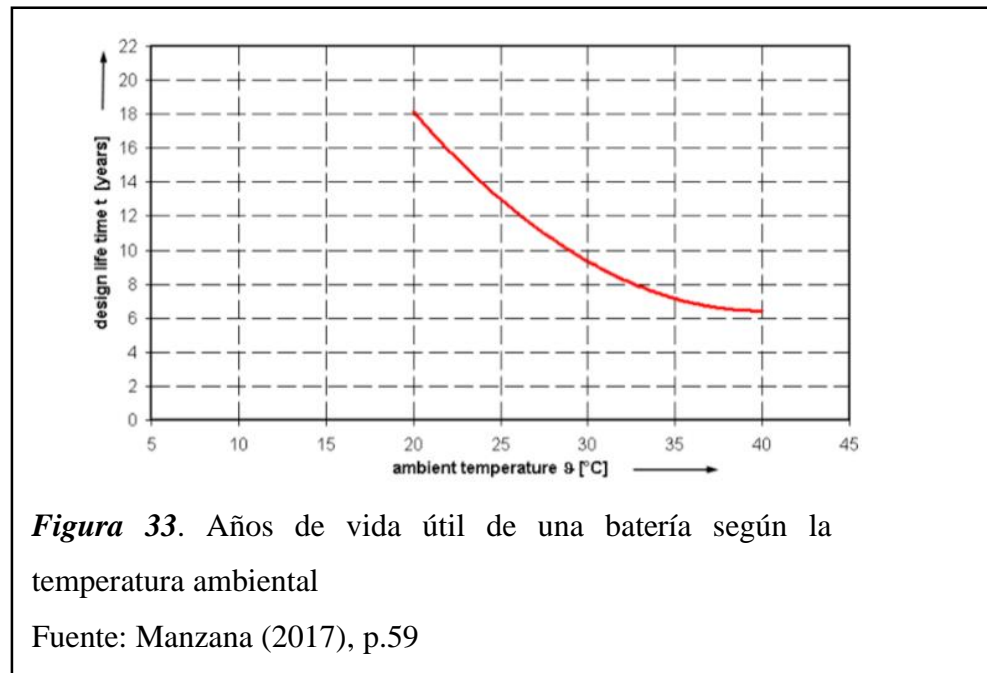


**Figura 32.** Ciclos de vida útil de una batería frente a su profundidad de descarga.

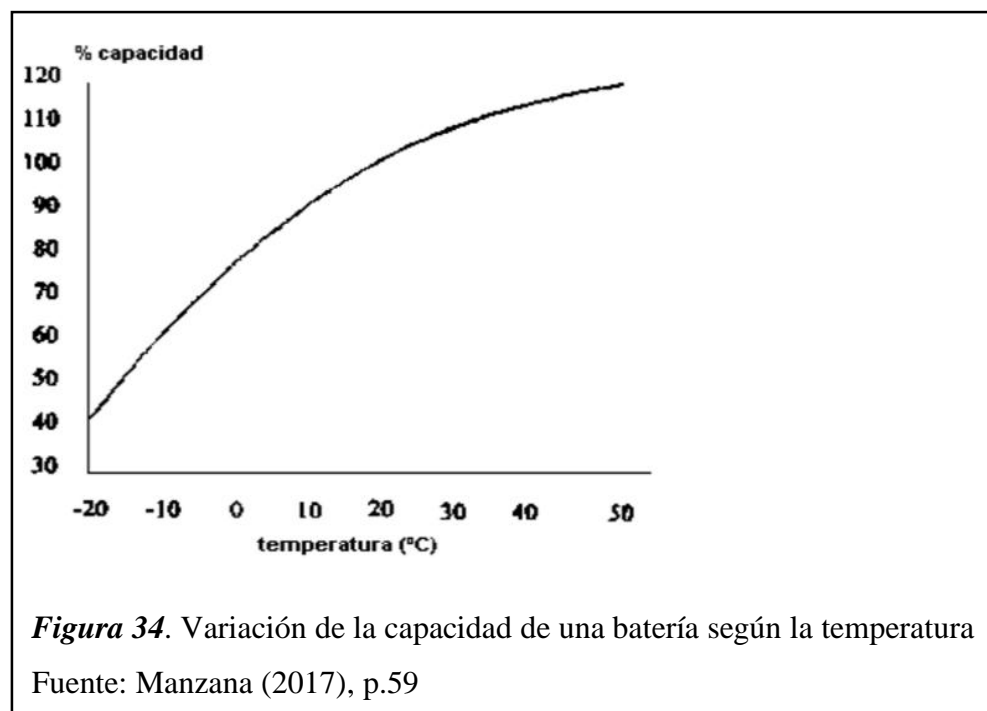
Fuente: Manzana (2017), p.58

Ø Condiciones ambientales: La temperatura influye en forma importante sobre la batería, cuyo óptimo funcionamiento ocurre en un rango térmico que puede

oscilar entre 20°C a 25°C. La elevación de la temperatura unos 10°C por encima podría mermar la vida de la batería a la mitad (ver *Figura 33*).



De otro lado, a temperaturas bajas la capacidad de almacenamiento de energía disminuye, aunque esto no afecta su vida útil; por lo que el almacenamiento fuera de uso resulta favorable a menores temperaturas (ver *Figura 34*).



Otro factor a tener en cuenta es el de la carga de la batería: frente al incremento de la temperatura es preferible disminuir la tensión, a fin de evitar

la mayor gasificación, pero asegurando la carga completa. Por tal razón, los dispositivos de control de carga de óptima calidad están dotados de compensadores de temperatura. En este sentido, la selección adecuada de las baterías debe ir acompañada con la selección de un controlador de carga que se adecue con la batería seleccionada

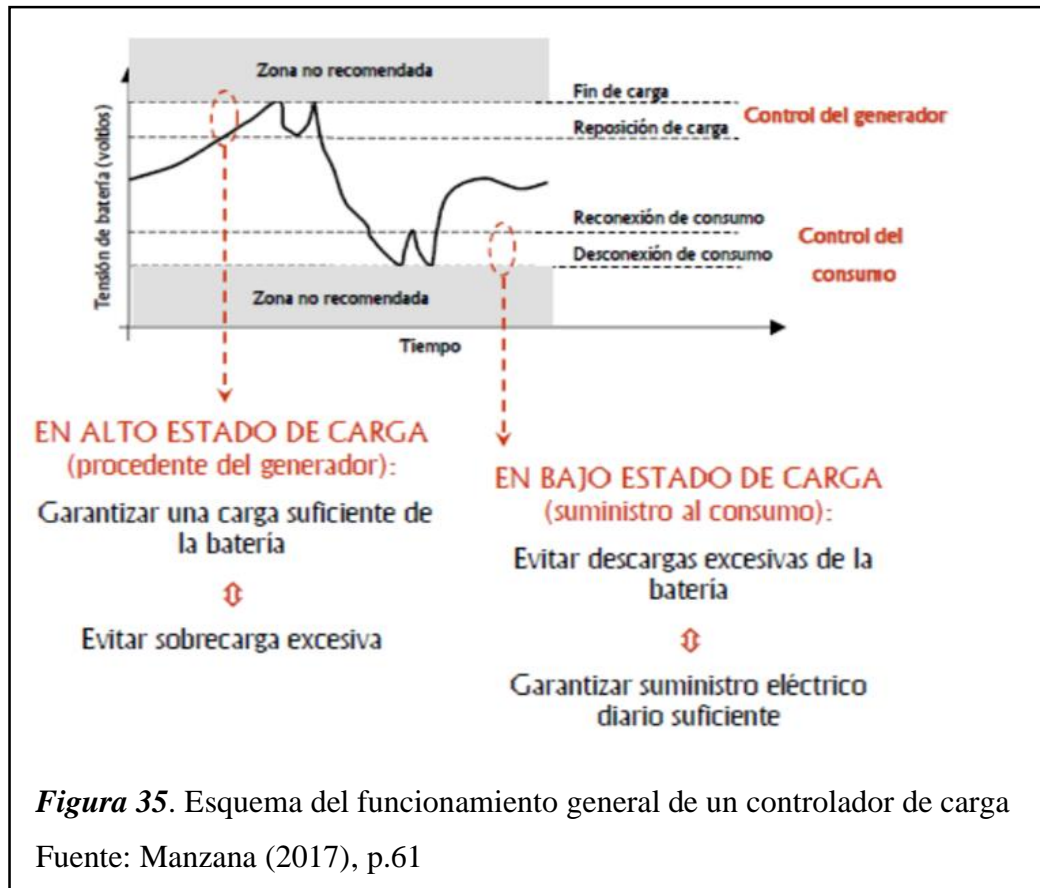
Con relación a las recomendaciones y peligros, tal como se ha indicado, las baterías para acumulación de energía eléctrica son construidas en base a componentes de peligro para la seguridad y salud humana, además de ser severamente contaminantes, tales como ácidos, plomo y litio. Por tal razón, los fabricantes y proveedores deben informar las condiciones de uso y mantenimiento de las mismas. Al momento de efectuar el reemplazo de las mismas, las acciones deben ser efectuadas por personal técnico calificado. La manipulación no cuidadosa puede originar intoxicaciones y quemaduras de consideración; así mismo, se deben filtrar los metales pesados o químicos contaminantes, evitando su vertimiento sobre el terreno o acuíferos. De esta forma se garantiza que las baterías sean trasladadas a centros de reciclaje apropiados, para su reciclaje en la medida de lo posible. Téngase en cuenta que ahorrar en el banco de baterías puede terminar repercutiendo con gran impacto en la sostenibilidad del sistema.

*c. Controlador (Regulador) de carga de batería.*

El Controlador o Regulador de carga, también tiene la función de asegurar la vida útil del banco de baterías, evitando su sobre carga y sobre descarga. Su uso es necesario en aplicaciones que utilicen baterías de plomo-ácido.

El Controlador de carga tiene el siguiente principio de funcionamiento:

Analiza la tensión existente en el banco de baterías, efectuando el corte en la entrada cuando la tensión llega a un máximo evitando la sobrecarga, y cortando el suministro a las cargas eléctricas cuando es muy bajo (ver *Figura 35*). El rango de programación es generalmente de 35% mínimo y 90% máximo.



En aplicaciones fotovoltaicas, es necesario regular la carga de las baterías con la corriente eléctrica que proviene de los paneles solares. En el mercado se cuenta con dos tipos de dispositivos controladores: PWM y MPPT. Los controladores PWM (Modulador por amplitud de pulso) y MPPT (Modulador por seguimiento de potencia máxima).

Estos controladores se usan en sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica general.

En ambos tipos de controladores la finalidad específica es:

- § Efectuar el corte del suministro eléctrico desde el panel solar a la batería cuando ésta ya se encuentre plenamente cargada. Sin el controlador, la batería seguiría recibiendo alimentación pudiendo sobre cargarse afectando su funcionamiento quedando inservible e inclusive en riesgo de explosión.
- § Evitar el retorno de la corriente eléctrica desde la batería hacia panel solar, a fin de que no se descargue. En periodo nocturno y/o de poca luminosidad

solar, la batería presenta mayor voltaje en sus bornes que los paneles (debido a la ausencia de luz), dando lugar al proceso de descarga en sentido inverso.

§ Efectuar el corte de corriente en situaciones de sobre carga evitando la descarga profunda que afecte a la batería.

Controlador tipo PWM: Generatuluz-PWM (2020) refiere que PWM es la tecnología de control de carga de mayor difusión en el mercado actual, para aplicación en instalaciones con paneles fotovoltaicos y baterías. Este dispositivo analiza constantemente la magnitud de la carga en la batería y se autoajusta de tal forma que solo le envía lo adecuado para carga. De esta forma, el regulador PWM optimiza la eficiencia de la carga, a la vez que permite la recarga rápida de la batería favoreciendo el tiempo de vida útil de la misma (ver *Figura 36*).

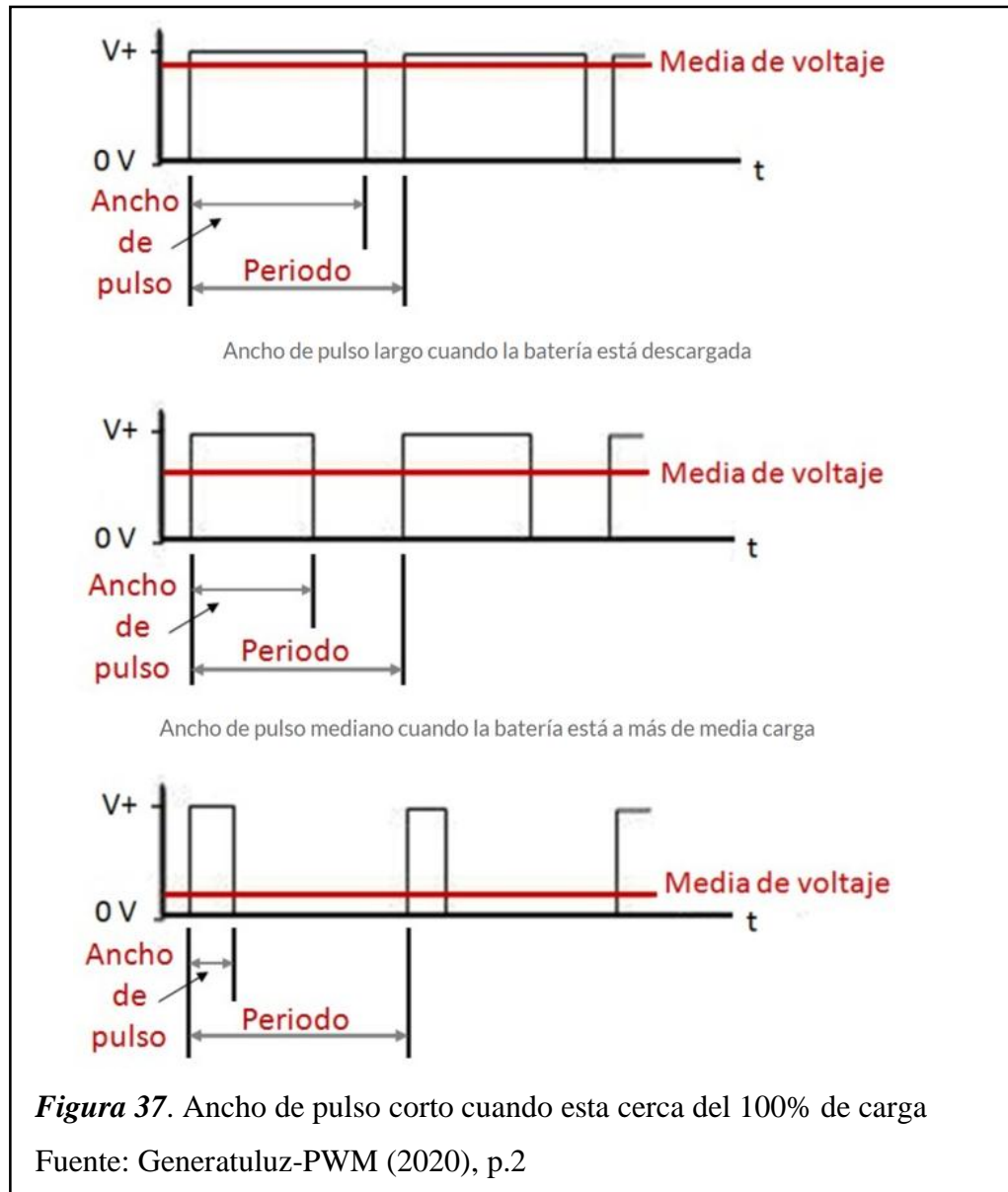


**Figura 36.** Ejemplo de Regulador de carga tipo PWM

Fuente: Generatuluz-PWM (2020), p.1

En esencia, PWM opera reduciendo la corriente proveniente de los paneles solares según el estado de la batería y sus necesidades de recarga. El regulador genera pulsos conectado/desconectado para transferir energía. A la vez, analiza la carga existente en la batería y calcula el periodo de tiempo que deben estar activos estos pulsos de corriente y qué tan rápido deben llegar. De esta manera, el controlador opera como interruptor encendido/apagado de alta velocidad. Si la batería tiene poca carga estos pulsos son largos y continuos, en tanto que al estar próxima a su carga plena los pulsos disminuyen o se cortan totalmente. En *Figura 37* se aprecia lo indicado.





Este modo de carga tipo “goteo” es favorable además en sistemas que se encuentren días o semanas con alto nivel de energía en las baterías ya sea por baja demanda eléctrica o por alto nivel de generación por gran radiación solar.

Los aspectos favorables del uso de regulador solar PWM son los siguientes:

- § Reducción de gases y calentamiento de la batería, por efecto del menor tiempo de carga, que evita su deterioro prematuro.
- § Aumento de la carga ingresante en la batería: el proceso de carga de la batería se efectúa en forma de pulsos que permiten incorporar la energía en la batería de forma gradual.

- § Permanencia de la batería en estado de alta carga: El proceso de carga de la batería por pulsos de energía permite mantener casi totalmente cargada la batería en todo momento, lo que incrementa su tiempo de vida útil.
- § Mayor durabilidad de la batería: la carga insuficiente de las baterías de plomo origina la sulfatación de las placas internas y terminales que acortan y dañan la vida de las baterías. Los reguladores PWM emiten pulsos de energía según requiera la batería evitando periodos de descarga y formación de sulfatos.
- § Los reguladores de carga de generaciones anteriores son afectados por efecto de la temperatura o por caída de tensión, reduciendo su eficiencia para enviar carga a las baterías. El regulador PWM disminuirá la carga para minimizar estos impactos.
- § Bloqueo de corriente inversa: Esta función evita el retorno de la corriente eléctrica desde la batería hacia los paneles solares en periodo de ausencia solar, lo que evita la descarga de las baterías. Esto favorece el tiempo de servicio de la batería, además de proteger los paneles solares.
- § El regulador PWM detecta la condición de bajo voltaje y desconectar automáticamente la batería, permitiendo la descarga profunda solo hasta el nivel programado.
- § Prevenir la sobrecarga de la batería: el estado de sobrecarga puede reducir considerablemente la vida útil de la batería, por lo que se debe evitar. El regulador PWM corta el proceso de carga cuando la batería se encuentra en su nivel de carga óptimo lo que evita sobrecargarla.
- § Configurar los puntos de ajuste de control: el regulador debe operar en los rangos de carga pre-ajustados por el operador del sistema. Esto favorece los ciclos de carga/descarga garantizando rendimiento eficiente y vida útil prolongada.
- § Displays y medición: permiten el monitoreo de los parámetros eléctricos de funcionamiento, tales como voltaje, porcentaje de carga, tiempo de descarga.
- § Solución de problemas e historial de eventos: en determinados modelos los controladores PWM pueden almacenar en registro de memoria no volátil determinados eventos de falla, alarma, tiempo, que pueda ayudar a solucionar problemas rápidamente.

En conjunto, las ventajas indicadas resultan altamente favorables en la gestión de carga del banco de baterías de un sistema fotovoltaico, por la solidez de funcionamiento que presenta. Sin embargo, los pulsos creados por el controlador PWM podrían generar interferencia en equipos de radio y televisión si se encuentran relativamente cerca. Otra desventaja es la limitación que presentan en cuanto al crecimiento o ampliación de sistema generador, que esta imitada por la potencia nominal del controlador.

Controlador tipo MPPT: Generatuluz-MPPT (2020) indica que este tipo de controlador de carga es un conversor electrónico de corriente continua (CC) a corriente continua (CC), que optimiza el flujo eléctrico entre los módulos fotovoltaicos y el conjunto de baterías, es decir transforma la de mayor voltaje en los paneles solares al voltaje necesario para cargar las baterías.

Esta tecnología es de mayor complejidad respecto de los controladores PWM lo que se traduce en mayor costo de adquisición, sin embargo, su eficiencia y versatilidad es superior en aplicaciones solares (ver *Figura 38*).

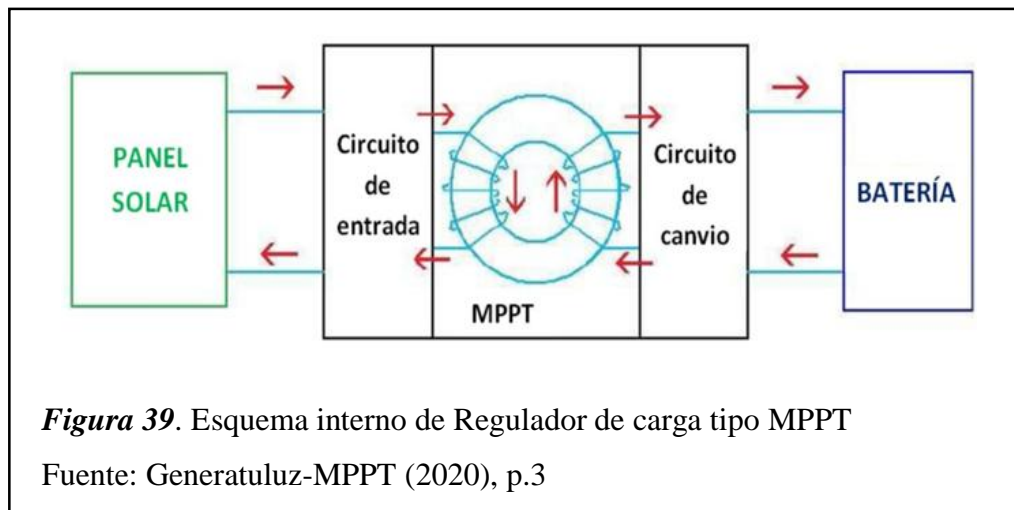


El principio de funcionamiento de un controlador MPPT es el siguiente:

- § Primero, recibe la señal de corriente continua (CC) de los paneles solares, y la modifica a corriente alterna (CA) de alta frecuencia.

- § Segundo, modifica la tensión de corriente alterna (CA), en coincidencia exacta con la batería.
- § Tercero, rectifica la corriente alterna (CA) a corriente continua (CC) para la batería.

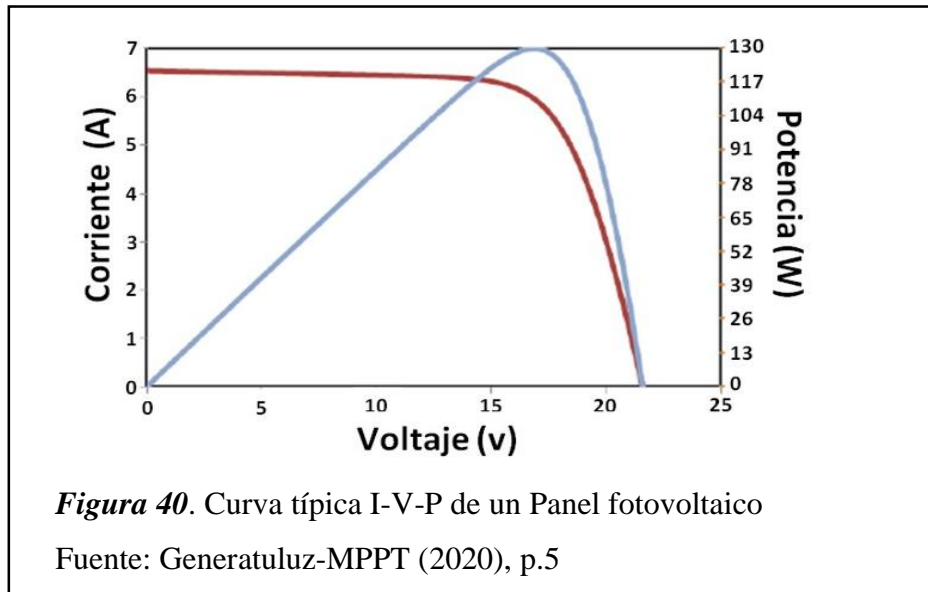
La *Figura 39* muestra esquemáticamente el proceso.



La eficiencia en la conversión de gran parte de los controladores solares MPPT actuales es del orden de 93% a 97%. En términos generales, es posible obtener ganancia de potencia de 20% al 45% en periodos fríos de invierno y de 10% a 15% en periodos cálidos de verano.

La frecuencia de operación de los controladores MPPT está en el rango de 20kHz a 80kHz. Este nivel de frecuencia utiliza transformadores de elevada eficiencia en dimensiones muy reducidas.

En *Figura 40* se aprecia la curva de potencia típica de un panel fotovoltaico



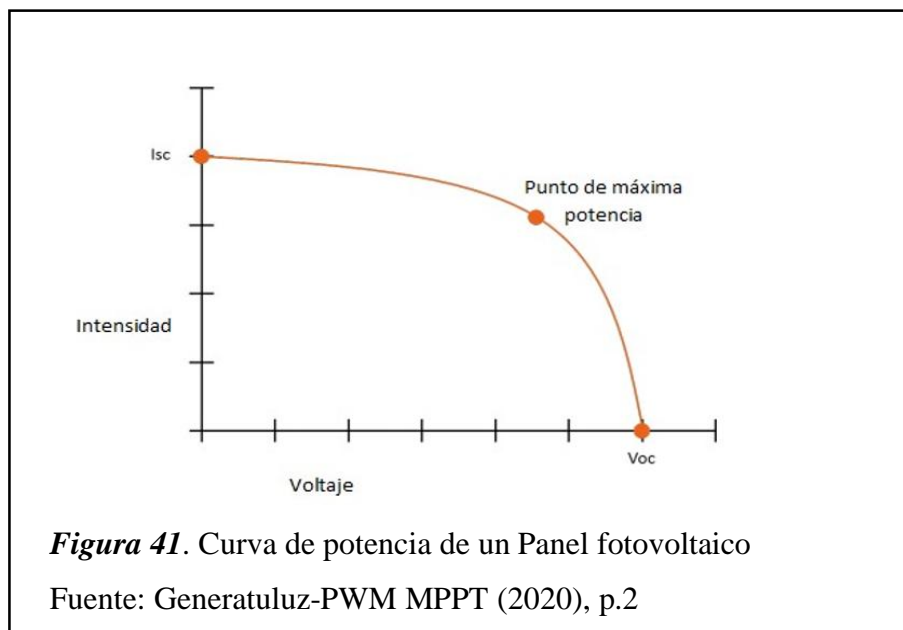
La línea color azul presenta el punto de máxima potencia en la zona superior derecha. El controlador MPPT "busca" dicho punto y efectúa la conversión de Tensión/Corriente adecuándolo en nivel exacto al que requiere la batería. En realidad, los cambios de luz solar y temperatura (clima) se desplazan continuamente en el transcurso del día.

De esta manera, se aprovecha casi la totalidad de la potencia generada por el sistema fotovoltaico, cuya eficiencia en conjunto es elevada. De otro lado, el controlador MPPT permite configuraciones distintas del arreglo solar, lo cual permite mayor control de la corriente de entrega del sistema.

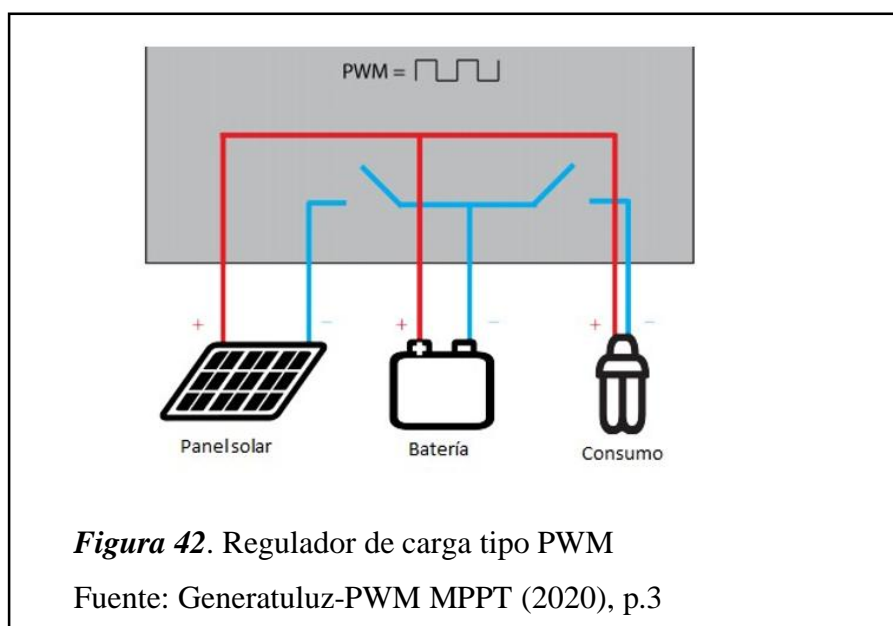
Respecto de la comparación entre los controladores PWM y MPPT:

Generatuluz-PWM MPPT (2020) indica que la elección del tipo de controlador, sea PWM o MPPT deberá efectuarse en función del sistema solar que se encuentre en diseño, así como el uso que vaya a dársele.

Las diferencias entre un controlador PWM y un MPPT, pueden ser entendidas basándose en la curva típica V-I (potencia) de un panel fotovoltaico. Esta curva es de importancia porque revela el comportamiento eléctrico del panel, a determinado nivel de radiación solar (nivel Estándar STC 1 000W/m<sup>2</sup>). El punto de máxima potencia o potencia óptima, lo establece el fabricante del panel (especificación técnica del panel) y se visualiza en la curva V-I (ver *Figura 41*).

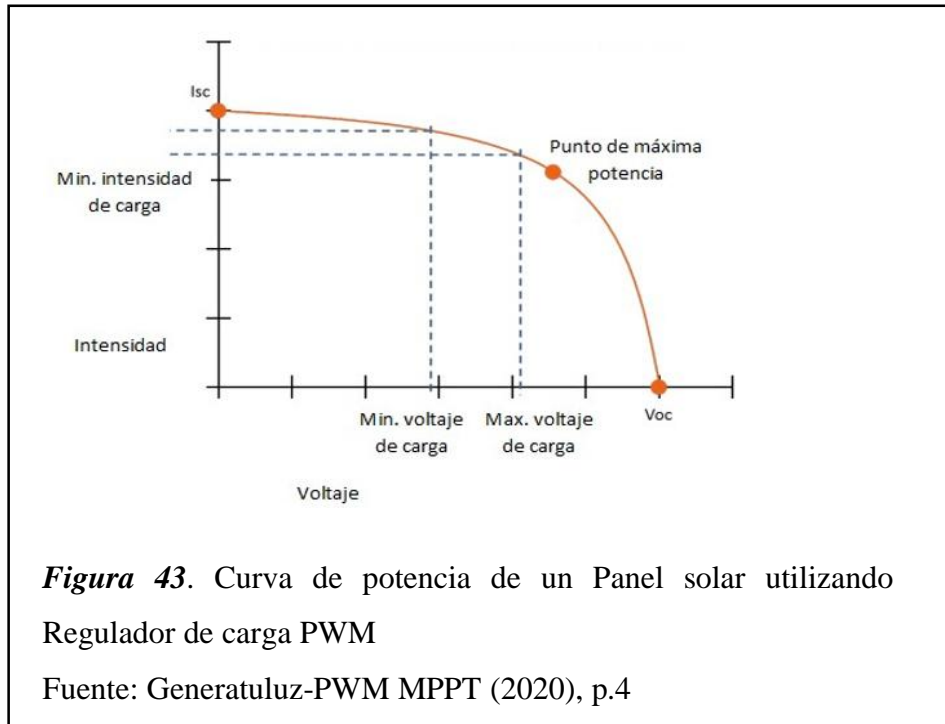


En el periodo de carga de la batería, el controlador PWM deja pasar la corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia el conjunto de baterías, hasta que éstas muestren indicios de lograr su carga completa (el voltaje de las baterías se acerca a su valor de carga). En tal momento, el controlador empieza a emitir pulsos variables de energía (desconexión y conexión de las baterías muy rápidamente) hasta llegar al 100% de su carga. Al alcanzarse la carga plena (máxima tensión de carga), el controlador desconecta definitivamente las baterías (ver *Figura 42*).

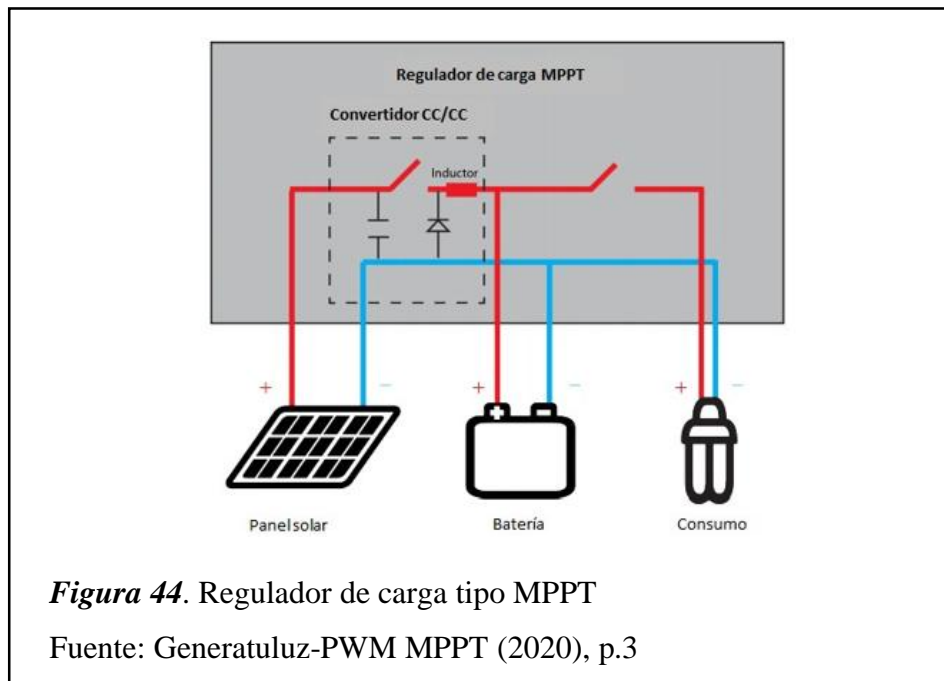


La operación de los controladores PWM se efectúa sin considerar el punto de

máxima potencia, pudiendo estar por encima o por debajo de éste (según el nivel de radiación que reciba el panel) (ver *Figura 43*).

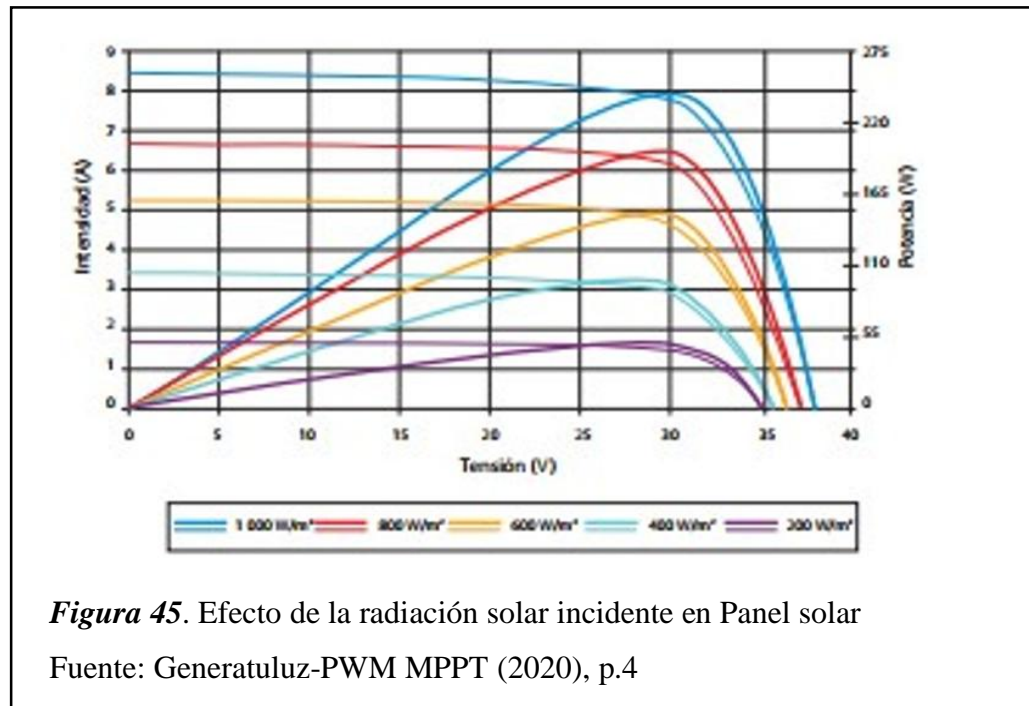


A diferencia, los controladores MPPT se conectan en forma indirecta entre el panel solar y la batería, mediante un regulador de tensión (CC/CC), que modifica el voltaje propio del panel en otro voltaje adecuado para la batería, dependiendo de la carga que esta tenga, pero sin pérdida de potencia en el camino (*Figura 44*).



A fin de obtener el máximo resultado del panel solar, los controladores MPPT aplican un algoritmo lógico de seguimiento que muestrea en todo momento el punto de su máxima potencia.

En *Figura 45* se indica distintos puntos de máxima potencia respecto de la radiación solar que se pueda aplicar al panel.



En *Tabla 6* se indican en forma comparativa los factores de desempeño de ambos Controladores de carga:



**Tabla 6***Comparación entre Reguladores de carga tipo PWM y MPPT*

Comparativa	PWM	MPPT
Ventaja	Debido a la simplicidad de componentes, son muy longevos. y	Pueden ser utilizados con paneles de 60 células.
Ventaja	Tamaño reducido.	Posibilidad de sobredimensionar los paneles solares para asegurar
Desventaja	Los paneles solares y la batería o conjunto de baterías tienen que dimensionarse con más cuidado y en ocasiones puede requerir sobredimensionamiento adicional.	Son más caros que los reguladores PWM.
Desventaja	No pueden ser usados con paneles de 60 células.	Esperanza de vida más corta, debido a la complejidad de sus componentes y más sensibles. al estrés térmico.

Fuente: Generatuluz-PWM MPPT (2020), p.4

Manzana (2017) plantea resultados que se muestran en *Tabla 7*. Se presenta en forma comparativa el resultado del uso de controlador PWM o MPPT, en un sistema de 100Wp de potencia, tensión 18V y corriente 5.56A a potencia máxima, con una batería de 12 V de tensión nominal:

**Tabla 7***Comparativa PWM con 100W de potencia*

Comparativa	PWM	MPPT
Batería descargada	$11V \times 5,56A = 61W$	$18V (V_{mp}) / 11V (batería) = 1,6$ $1,6 \times 5,56A I_{mp} = 8,9A$
Batería cargada	$14V \times 5,56A = 78 W$	$11V \times 8,9A = 97,8W$ $18V (V_{mp}) / 14V (batería) = 1,28$ $1,28 \times 5,56A I_{mp} = 7,1A$

Fuente: Manzana (2017), p.63

En este caso, el controlador MPPT garantiza entre 21.4W y 36.6W más de potencia que el controlador PWM, lo que representa 60% y 27.4% de potencia. La misma comparación con un sistema 2400Wp de potencia, tensión 70.8 V y corriente 33.92A a potencia máxima, y con una batería de 48 V de tensión nominal, el nivel de pérdidas resultante será mucho mayor (ver *Tabla 8*).

**Tabla 8**

*Comparativa PWM con 2400W de potencia*

Comparativa	PWM	MPPT
Batería descargada	44V x 33,92A = 1492,48W	70,8V (Vmp) /44V (batería) = 1,6 1,6 x 33,92A Imp = 54,57A 44V x 54,57A = 2 400W
Batería cargada	52V x 33,92A = 1763,84W	70,8V (Vmp) / 52V (batería) = 1,36 1,36 x 33,92A Imp = 46,18A

Fuente: Manzana (2017), p.64

Al tener mayor potencia, el controlador MPPT permite aprovechar entre 636.16W y 907.52W más que en otro caso se perderían utilizando el controlador PWM. El porcentaje se asemeja al cálculo anterior, pero al ser mayor la potencia total entonces la potencia en pérdida es mayor. El costo de adquisición del controlador MPPT es superior al PWM, por lo que la selección entre ambos radica principalmente en aspectos económicos. En el primer ejemplo, la pérdida de potencia puede ser compensada de forma económica aumentando los módulos fotovoltaicos, en tanto que en el segundo posiblemente el uso de controlador MPPT resulte más económico. Otro factor a tener en cuenta es la disponibilidad de espacio, ya que el MPPT al ser de mayor eficiencia se requeriría menos espacio en el generador fotovoltaico.

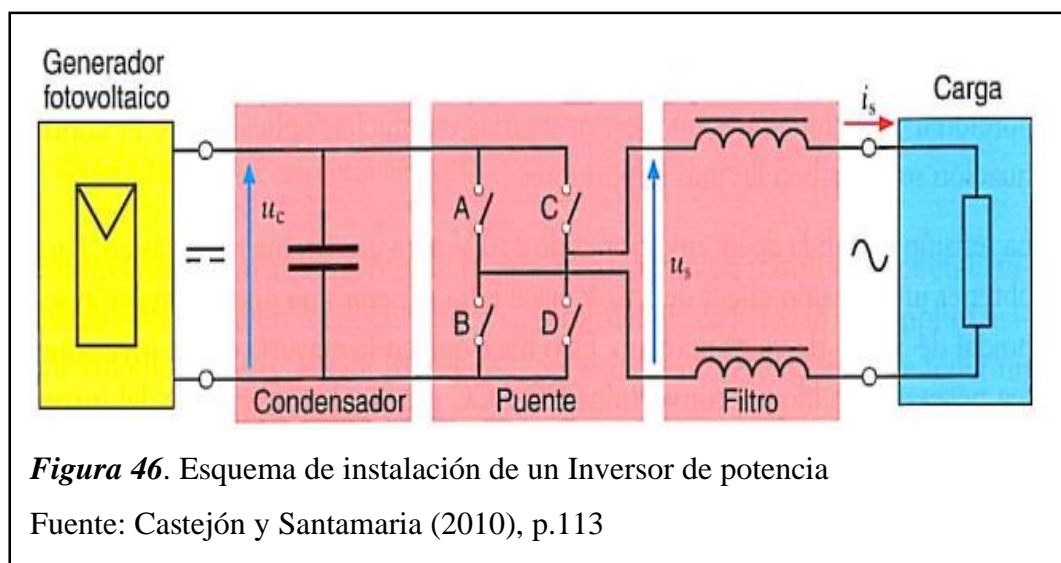
*d. Inversor de potencia.*

Sánchez, A., Martínez, D., Santos, R., Ortega, J. y Sánchez, P. (2017) indican que el Inversor de potencia, también conocido como Convertidor de potencia, tiene por finalidad convertir la corriente eléctrica generada en los módulos solares o en su estado de almacenamiento en el banco de baterías, de su forma original en corriente continua para su entrega en corriente alterna, de tal forma que se pueda

utilizar para el funcionamiento de artefactos de uso común de 110Vca o 220Vca. Existe en el mercado una serie de artefactos para uso domiciliario común que operan en corriente continua, por lo que el uso del Inversor de potencia podría resultar facultativo en sistemas fotovoltaicos autónomos Off-grid, tal es el caso del caserío Tallapampa materia del presente estudio de investigación. Se debe tener en cuenta que el inversor de potencia es un dispositivo electrónico de alta complejidad, por lo que su costo de adquisición es relativamente elevado. El mercado de inversores ha ido desarrollándose con la industria fotovoltaica, buscando aplicaciones concretas para el sector. En la actualidad, podemos separar los inversores de potencia en tres tipos generales:

- § Inversores CC/CA convencionales, de aplicación en sistemas fotovoltaicos aislados. La energía se toma directamente de la batería, que a su vez es cargada por módulos fotovoltaicos.
- § Inversores cargadores, los cuales administran la energía existente en los acumuladores manteniendo su nivel y dejando pasar a la red el remanente energético.
- § Inversores conectados a red, los cuales tiene diseño de desconexión automática cuando la fuente de energía disminuye, cuya acción es por concepto de seguridad.

En *Figura 46* se muestra en forma esquemática la instalación de un Inversor de potencia planteado por Castejón y Santamaria (2010).



Para la selección de un equipo de inversión de potencia eléctrica se debe tener en cuenta básicamente lo siguiente:

- § Alto nivel de eficiencia en su rango de operación
- § Bajo nivel de potencia de autoconsumo
- § Alta fiabilidad frente a picos corriente en el arranque.
- § Alto nivel de protección frente a cortocircuito.

*e. Dispositivos para alumbrado público.*

Manzana (2017) indica que el servicio de alumbrado público representa una aplicación bastante común para los sistemas integrados fotovoltaicos autónomos, cuya utilización hoy en día no solo es en centros poblados alejados de las redes eléctricas convencionales, sino también en ciudades importantes, pues representa alternativa para reducción del consumo eléctrico. Los componentes que conforman estos equipos son generalmente los siguientes:

- § Lámpara tipo LED, de muy bajo consumo
- § Generador fotovoltaico, incorporado, con sus propios mini paneles solares adecuados a su demanda individual
- § Acumulador, incorporado tipo Li-Ion con lo cual no requiere de regulador de carga.
- § Estructura de soporte, totalmente compacta e integrada que permite ubicar la luminaria en altura adecuada, contra las inclemencias del medio ambiente, actos vandálicos y óptima luminosidad local.

En *Figura 47* se muestra un equipo típico



El principio de funcionamiento de estos equipos es equivalente a un sistema de generación fotovoltaica con cargas incluidas, a diferencia que éste se activa sin intervención humana, con encendido y apagado en forma automática ya sea por programación horaria, por luminosidad del entorno e inclusive por detección de presencia. Esto evita el encendido de las luces por periodos superiores al necesario evitando consumos energéticos superiores al realmente necesario.

#### **1.3.1.4 Características de Redes de distribución secundaria y Conexiones.**

Ø Redes de distribución secundaria:

Con relación a las redes de distribución secundaria en zonas rurales, MINEM DGE 025 (2003) establece las especificaciones de materiales y equipos a ser utilizados en electrificación rural, que en términos generales comprende:

- § Estructuras de soporte de concreto.
- § Estructuras de soporte de madera importada.
- § Postes procedencia nacional.
- § Cables autos oportados aleación Al.
- § Elementos complementarios cables auto soportados.
- § Conectores derivación tipo perforación.
- § Cable acero grado s.martin de retenidas.
- § Accesorios metálicos de poste, retenidas.

- § Luminarias, lámparas.
- § Material de puesta tierra.
- § Medidor energía activa monofásico t/inducción.
- § Medidor estático energía activa monofásico.
- § Caja porta medidor de metal.
- § Accesorios de conexión domiciliaria.

En cada caso, se exige el cumplimiento de los siguientes aspectos, los mismos que no se indican en el presente texto por su amplitud:

- § Alcance.
- § Normas aplicables.
- § Condiciones ambientales.
- § Características técnicas.
- § Inspección y pruebas.
- § Información técnica requerida.
- § Tabla de datos técnicos garantizados.

Respecto del montaje de redes secundarias con conductor autoportado, sector rural, en MINEM DGE 020 (2003) se establecen las especificaciones técnicas respectivas. Así mismo, en lo aplicable, se deberá tener en cuenta las características de postes establecida en MINEM DGE 026 (2003) y MINEM DGE 034 (2008)

Ø Conexiones eléctricas de utilización:

Para las conexiones de usuario final, MINEM DGE 080 (1978), MINEM DGE 442 (2004) y MINEM DGE 127 (2005) definen las características técnicas, procedimientos y condiciones de seguridad de conexiones efectuadas desde las redes de Baja Tensión, lo cual es de aplicación obligatoria a nivel nacional, en proyectos nuevos y obras que impliquen conexiones eléctricas.

**1.3.1.5 Fórmulas de diseño.**

Se entiende por demanda eléctrica a la cantidad de electricidad que un conjunto de consumidores requiere para atender sus necesidades. Cantos (2016)

indica que para determinar la dimensión de un sistema fotovoltaico de generación eléctrica se requiere conocer la demanda instalada actual y proyectarla al futuro, de tal forma que se pueda satisfacer las necesidades de electricidad de los eventuales usuarios adicionales. De esta manera, la demanda de diseño deberá ser incrementada según la tasa de crecimiento poblacional, que incluye el servicio domiciliario, las cargas especiales y alumbrado público; al principio el proyecto se encontrará sobre dimensionado, sin embargo, podrá atender suficientemente en los últimos años de su horizonte.

*a. Demanda eléctrica.*

De acuerdo con Wikipedia-Crecimiento poblacional (2020) el cálculo para proyección de crecimiento poblacional en áreas reducidas puede efectuarse con bastante certeza según el siguiente algoritmo:

$$P_T = P_0 (1 + r)^T$$

*Donde,*

$P_T$  : Población proyectada año  $T$

$P_0$  : Población presente

$r$  : Tasa de crecimiento poblacional anual

$T$  : Plazo de proyección (años)

*Ecuación 1:* Crecimiento poblacional

Fuente: Wikipedia-Crecimiento poblacional (2020), p.2

En los casos de pequeños proyectos de generación aislada, la población presente puede ser determinada por conteo directo. Para obtener la tasa de crecimiento poblacional se debe recurrir a indicadores reportados en actividades censales de la zona o sector en el que se circunscribe el proyecto. El plazo de proyección está determinado por el tiempo de vida o ciclo de vida del proyecto; en este caso, el periodo de utilización de la infraestructura y equipos que conforman el sistema de generación fotovoltaica determinará dicho periodo, que en términos generales es del orden de veinte (20) años.

Respecto de las demandas eléctricas, tanto de usuarios domiciliarios como de cargas especiales y alumbrado público, la Norma MINEM DGE 017 (2003) y MINEM DGE 031 (2003) establecen siguiente:

- Máxima demanda de usuarios: En localidades tipo II, en las cuales los predios se sitúan en zonas rurales cuya configuración no es urbana o es incipiente, la calificación asignada por cada lote es de 400 W.
- Alumbrado público (A.P.): Las lámparas de A.P. y sus cargas se indican en Tabla 9.

**Tabla 9**

*Cargas para AP en Áreas Rurales*

Tipo de Lámpara	Pot. De Lámpara (W)	Perdidas (W)	Total (W)
Vapor de Sodio	50	10,0	60,0
Vapor de Sodio	70	11,6	81,6
Vapor de Sodio	150	18,6	168,6

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.4

La demanda al mes por concepto de A.P. se calculará según se indica:

$$C_{MAP} = K_{ALP} \times NU$$

*Donde,*

*C-MAP* : Demanda al mes por A.P. (kWh)

*K-ALP* : del sector típico 4 será 3.3

*NU* : Cantidad de conexiones del lugar

*Ecuación 2: Demanda de energía por A.P.*

Fuente: MINEM DGE 017 (2003), p.3



El número de puntos de iluminación para sistemas rurales será calculado con la siguiente ecuación:

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{(NHMAP \times PPL)}$$

*Donde,*

*PI* : Puntos de Iluminación

*CMAP* : Demanda al mes por A.P. (kWh)

*NHMAP* : horas al mes por A.P. (h/m)

*PPL* : Carga de artefactos de A.P. (W)

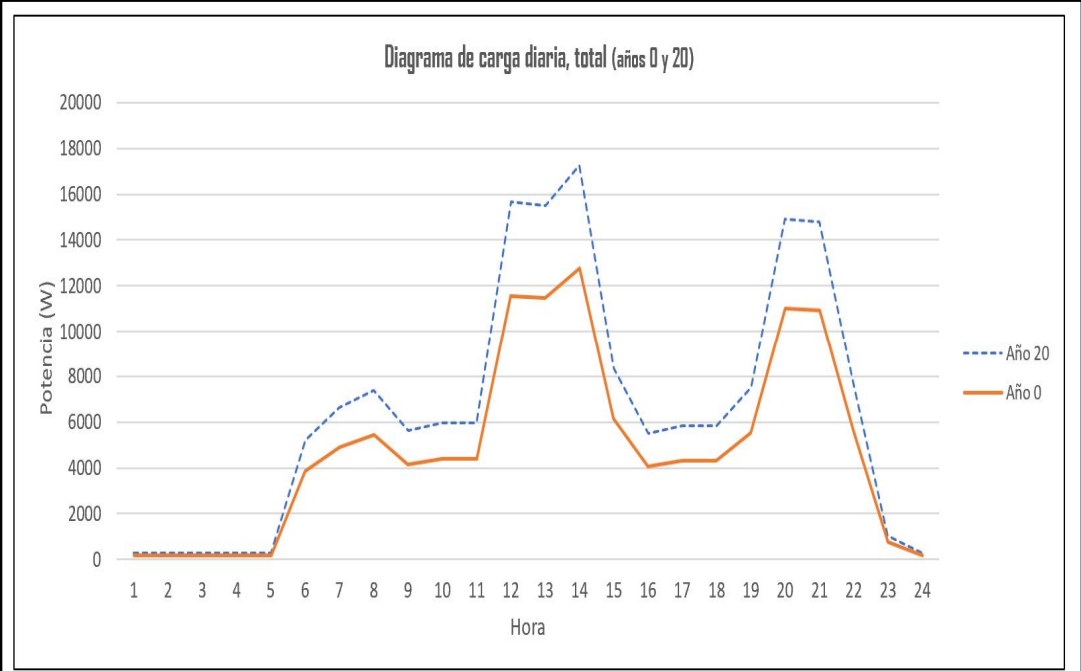
*Ecuación 3:* Puntos de iluminación por A.P.

Fuente: MINEM DGE 017 (2003), p.3

El número de horas mensuales del servicio de A.P. será del orden de ocho a doce horas diarias y multiplicadas por 30 días.

Cargas especiales: Las cargas especiales serán determinadas por el consultor del proyecto.

Una forma bastante aproximada para estimación de la demanda eléctrica es recurrir a los denominados “diagramas de carga eléctrica”, que se elaboran a partir de cargas típicas operando en horarios y lapsos de tiempo específico; tal es el caso, por ejemplo, del alumbrado público. Luego de tabular dichas cargas y su estado de conexión, se procede a trasladar dichos datos a un gráfico lineal en un eje de coordenadas carga vs. Horario, pudiendo visualizarse el posible comportamiento del sistema. En *Figura 48* se muestra un diagrama de carga referencial, en el que se aprecia el comportamiento de una determinada demanda eléctrica actual y proyectada a futuro.



**Figura 48.** Diagrama de carga diaria (año 0 y 20)

Fuente: Elaboración propia

**Corrección de Demanda por Pérdidas de energía:**

Un sistema de generación eléctrica fotovoltaica está conformado por dispositivos cuya eficiencia difiere unos de otros, los mismos que deben ser adecuadamente dimensionados. En términos generales, estos dispositivos se indican en Tabla 10.

**Tabla 10***Componente de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica*

DISPOSITIVO/MATERIAL	FUNCION	EFICIENCIA	PERDIDAS
Módulo fotovoltaico (paneles solares)	Transforma energía solar en eléctrica.	15 a 18%	----
Regulador de carga de baterías	Controla energía entrante/saliente en baterías.	95%	5%
Baterías (acumuladores)	Respaldo de energía en ausencia de radiación solar.	95%	5%
Inversor de potencia eléctrica	Transforma corriente continua en corriente alterna.	95%	5%
Cables de energía y conductores eléctricos.	Interconecta dispositivos del sistema y distribuye electricidad a los usuarios del servicio.	----	2 a 3%

Fuente: Elaboración propia

Como se indica, cada uno de estos dispositivos y materiales durante su operación presentan pérdidas de energía eléctrica o también denominadas *pérdidas técnicas*, las mismas que deben ser asumidas por el sistema de generación en su conjunto, de tal forma que se atienda la demanda neta de los usuarios.

La demanda eléctrica proyectada a futuro debe ser reajustada considerando que el sistema de generación fotovoltaico presentará pérdidas, por lo cual se aplicará el siguiente algoritmo:

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Donde,

$E$  : Demanda real del sistema

$E_T$ : Demanda teórica del sistema

$R$  : Rendimiento global del sistema

Ecuación 4: Demanda real del Sistema

Fuente: Cantos (2016), p.86

A su vez,

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v - k_a)\left(1 - \frac{k_a N}{P_d}\right)$$

Donde,

$K_b$  : índice de pérdidas en Baterías (5% en baterías con descarga moderada, 10% en descargas intensas)

$K_c$  : índice de pérdidas en Inversor de potencia (5% en operación rango de carga óptimo, 10% fuera de rango)

$K_v$  : Índice de pérdidas varios (redes eléctricas y efectos térmicos, 5%)

$K_a$  : índice de auto descarga diaria en baterías (0,2% baja auto descarga; 1,2% alta auto descarga)

$N$  : días de autonomía del sistema (3 a 10 días como referencia)

$P_d$  : Factor de profundidad de descarga (nivel de descarga máxima en baterías, 70%)

Ecuación 5: Rendimiento global del Sistema

Fuente: Cantos (2016), p.86

#### b. Potencia solar.

Luego de haber cuantificado la demanda eléctrica de los usuarios y haberse corregido con los coeficientes de pérdidas técnicas, lo que da como resultado la magnitud de la demanda real que debe ser atendida por el sistema de generación, es necesario determinar la disponibilidad del recurso energético solar en dicha zona, y a partir de ello elaborar el diseño del sistema fotovoltaico.

Manzana (2017) sostiene que para diseñar un Sistema fotovoltaico autónomo el primer paso es conocer la disponibilidad de irradiación solar en la zona del proyecto, la misma que permitirá el adecuado dimensionamiento de su generador fotovoltaico. Indica así mismo, que existen diversas fuentes de información, tales como agencias meteorológicas, software especializado e inclusive de la NASA, a las cuales se puede acceder mediante la ubicación del lugar analizado. Dicha información esta generalmente ordenada como datos de irradiación media diaria agrupada por meses del año, en un rango amplio de años. Los datos preliminares vienen a ser la irradiación en el plano horizontal, los cuales podrán variar vistos en planos inclinados. Para la identificación de la posición optima de los paneles solares, es necesario tener en cuenta ciertos parámetros del entorno donde se ejecutará el proyecto, esto es:

- § coeficiente de reflexión del terreno, el cual determina cuanto de la radiación solar es absorbida y reflejada por éste. Valores típicos son: hierba (0,15 a 0,25), asfalto (0,10 a 0,15), nieve (0,6 aprox.).
- § Coeficiente por desviación con relación a la línea ecuatorial, por lo cual, en la medida de lo posible, los paneles deben orientarse hacia ella (ángulo 0°).
- § Angulo de inclinación de los paneles respecto del terreno, el cual puede ser modificado en la etapa de montaje sobre sus soportes. En este caso, se debe recurrir a los datos proporcionados de radiación solar según ángulo de inclinación (NASA), a través de los cuales se puede seleccionar el valor optimo que resulta en la mayor irradiación del mes analizado.

*c. Módulos fotovoltaicos.*

Cantos (2016) indica que los sistemas de generación aislada se diseñan para consumos de energía estimados, lo que muchas veces resulta impreciso; por tal razón y a fin de garantizar el servicio, generalmente se sobre dimensionan. Así mismo, afirma que para dimensionar un sistema fotovoltaico aislado se recurre generalmente al criterio de aplicación del mes crítico, por lo que para dicho periodo la capacidad queda ajustada, aunque en el resto de periodos queda sobre dimensionada. Esto significa que se utiliza como dato la demanda máxima

estimada de los futuros usuarios (ajustado según crecimiento poblacional y corregido según factor de pérdidas técnicas) y la menor radiación solar mensual de la zona.

Los módulos fotovoltaicos están conformados principalmente por sus paneles fotovoltaicos y complementariamente por elementos de soporte mecánico y cables eléctricos de conexión. Respecto de los paneles fotovoltaicos, es recomendable efectuar el análisis de mercado, que permita su comparación técnico económica, para lo cual es importante tener en cuenta los siguientes indicadores:

- Eficiencia fotovoltaica, la mayor posible (%)
- Costo por Vatio pico, el menor posible (USD/Wp)

Para seleccionar el panel solar, dicha información puede ser tabulada y ordenada de forma tal que el coeficiente “*eficiencia / costo unitario Wp*” de panel elegido resulte ser el máximo. Claro está, que también son importantes otros factores, como: Disponibilidad en mercado nacional, servicio post venta, robustez de la cubierta externa frente al clima del lugar de instalación, nivel tecnológico, entre otros.

De otro lado, Cantos (2016) afirma que, aunque los paneles fotovoltaicos generen energía eléctrica en tanto exista radiación solar luminosa, dicha energía es equivalente a aquella que se produciría en un lapso de tiempo denominado “horas solares pico”, lo que esencialmente equivale a operación máxima o potencia pico.

Teniendo a disposición las especificaciones del posible panel fotovoltaico, se procederá a hacer las simulaciones de cálculo según se indica:

- § Capacidad de generación del sistema: Es el valor de la demanda de los usuarios ajustada al crecimiento poblacional ( $P_{20}$ ) y corregida con el factor de pérdidas ( $R$ ). Esta magnitud deberá ser generada por los paneles fotovoltaicos.
- § Cálculo de horas solares pico: SFE SOLAR (2020) indica que es el lapso de tiempo que equivaldría a operar a una irradiancia solar crítica para obtener la

energía a ser generada por el sistema fotovoltaico. Este valor puede ser calculado mediante la siguiente expresión matemática:

$$HSP = \frac{G}{I_{CEM}}$$

Donde,

*HSP* : Horas solares pico

*G* : Irradiación solar media diaria, valor crítico (W/m<sup>2</sup>/día)

*I<sub>CEM</sub>* : Irradiancia nivel estándar STC 1000W/m<sup>2</sup>

*Ecuación 6:* Horas Solares Pico

Fuente: Cantos (2016), p.88

§ Número total de paneles fotovoltaicos: Se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$N_T = \frac{E}{P_p \times HSP \times n_m}$$

Donde,

*N<sub>T</sub>* : Cantidad de paneles

*E* : Demanda real diaria (kWh/día)

*HSP* : Cantidad de horas solar pico

*n<sub>m</sub>* : rendimiento del módulo

*P<sub>p</sub>* : Potencia pico del modulo

*Ecuación 7:* Total paneles solares

Fuente: Cantos (2016), p.100

§ Conexión serial de paneles: Dicho dimensionamiento de paneles está dado por la siguiente formula:

$$N_{S_{mf}} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

Donde,

$N_{S_{mf}}$  : Número de paneles a ser conectados en serie

$V_T$  : Tensión de operación del sistema generador  
(típico 12V, 24V, 48V)

$V_{mf}$  : Tensión nominal de cada panel fotovoltaico

Ecuación 8: Paneles conectados en serie

Fuente: Cantos (2016), p.100

§ Conexión paralela de paneles:

$$N_{P_{mf}} = \frac{N_{mf}}{N_{S_{mf}}}$$

Donde,

$N_{P_{mf}}$  : Número de paneles a ser conectados en paralelo

$N_{mf}$  : Número total de paneles fotovoltaicos

$N_{S_{mf}}$  : Cantidad paneles seriales

Ecuación 9: Paneles conectados en paralelo

Fuente: Cantos (2016), p.100

§ **Inclinación de los paneles fotovoltaicos:** La captación de energía irradiada por el sol puede ser maximizada si la superficie expuesta del panel solar se orienta hacia la línea ecuatorial, esto es, hacia el norte si la instalación se ubica en el hemisferio sur y viceversa. Castejón y Santamaria (2010) indica que para determinar la inclinación óptima anual de los paneles fotovoltaicos, se puede aplicar con gran certeza el siguiente algoritmo, el cual está basado en evaluaciones estadísticas efectuadas en zonas de distintas latitudes.



$$\beta_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi|$$

Donde,

$\beta$  : ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\phi|$  : latitud del lugar, sin signo (grados)

*Ecuación 10:* Angulo de inclinación de módulos solares

Fuente: Castejón y Santamaria (2010), p.13

Se debe tener en cuenta que, para ángulos menores de 10°, es favorable adoptar inclinación mínima de 10° a 15° a fin de evitar atrapamiento de humedad sobre la superficie del panel. La norma técnica MINEM DGE 003 (2007) establece inclinación mínima de 10° en instalaciones próximas a la línea ecuatorial (latitud 5° o menor) o inclinación equivalente a la magnitud de la latitud más 5° en ubicaciones superiores a latitud 5°.

§ Respecto de la distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos, Sánchez et al. (2017) indica que, tratándose de un sistema de generación fotovoltaica, con gran cantidad de paneles fotovoltaicos, se debe guardar entre ellos distancia suficiente por filas y columnas, tal que se evite el efecto sombra de unos y otros; es necesario asegurar como mínimo cuatro horas diarias de sol en días de menor intensidad solar.

#### *d. Baterías.*

El dimensionamiento del banco de acumuladores o baterías se efectúa mediante tres cálculos matemáticos: capacidad del banco, cantidad de baterías acopladas eléctricamente en serie y baterías en paralelo. El bloque de baterías se dimensionará según la siguiente expresión:

$$C_{sist} = \frac{E \times N}{V_{cc} \times P_d}$$

Donde,

$C_{sist}$  : Capacidad del banco de baterías (Ah)

$E$  : Demanda real de energía (al año 20, incluido pérdidas técnicas) (Wh/día)

$N$  : Autonomía del sistema (días)

$P_d$  : Profundidad de descarga de las baterías (%)

$V_{cc}$  : Tensión del sistema, en corriente continua (V)

*Ecuación 11:* Capacidad total banco de baterías

Fuente: Cantos (2016), p.104

La cantidad de baterías acopladas eléctricamente en serie se determinará mediante la siguiente expresión:

$$N_{S\ bat.} = \frac{V_T}{V_{bat.}}$$

Donde,

$N_{S\ bat.}$  : Numero de baterías a ser conectadas en serie

$V_T$  : Tensión de operación del sistema fotovoltaico (V)

$V_{bat.}$  : Tensión nominal de las baterías (V)

*Ecuación 12:* Baterías acopladas en serie

Fuente: Cantos (2016), p.103

La cantidad de baterías conectadas eléctricamente en paralelo se determinará mediante la siguiente expresión:

$$N_{P\ bat.} = \frac{C_T}{C_{bat}}$$

Donde,

$N_{P\ bat}$  : Numero de baterías a ser conectadas en paralelo

$C_T$  : Capacidad del banco de baterías (Ah)

$C_{bat}$  : Capacidad individual de cada batería (Ah)

*Ecuación 13:* Baterías acopladas en paralelo

Fuente: Cantos (2016), p.103

Finalmente, el número total de baterías corresponderá con el total de baterías en serie y paralelo, según se indica:

$$N_{tb} = (N_{\text{baterías serie}}) \times (N_{\text{baterías paralelo}})$$

*Ecuación 14:* Número total de baterías

Fuente: Cantos (2016), p.103

Para efectuar la selección de los acumuladores que conformaran el banco de baterías del sistema fotovoltaico será necesario disponer de cierta gama en cuanto a marcas y modelos, a fin de elegir aquellas que cumplan con los requisitos calculados.

*e. Regulador de carga.*

Manzana (2017) sostiene que, dentro de los dos tipos de controladores de carga de mayor difusión, PWM y MPPT, si bien MPPT tienen alta eficiencia con lo cual se logra transferir casi toda la potencia proveniente de los paneles solares, sin embargo, su costo de adquisición puede ser más del doble que los PWM. Por ello, es recomendable evaluar el beneficio/costo de este tipo de controlador y analizar si se compensa tal inversión económica. Por lo general, los sistemas de generación con potencia superior a 500W ya ameritan la aplicación con MPPT. La selección del regulador/controlador de carga requiere como dato de entrada la tensión nominal de operación, así como la potencia máxima admitida por el equipo.

Cantos, (2016) indica por su parte que, el controlador suele seleccionarse con sobredimensionamiento del orden de 20%, ya que ello permitirá garantizar su operación segura.

El controlador o regulador de carga recibe toda la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos y la entrega al banco de baterías. Es por ello que para su selección se debe considerar el peor escenario, que ocurre justamente con la máxima corriente que puedan entregar los paneles, esto es, su corriente de corto circuito, de la sumatoria de ramales con paneles acoplados en paralelo. Esta magnitud se obtiene al multiplicar dicha corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) de un panel por la cantidad de paneles conectados en paralelo ( $Np$ ). Esto representa la intensidad nominal máxima a la cual operara el regulador ( $I_{max}$ ). Por seguridad, se adoptará el factor de incremento del 25% en dicha corriente. De acuerdo a ello, se tiene:

§ Corriente de entrada al Regulador,

$$I_{entrada} = 1,25 I_{MOD} \times NP$$

Donde,

- $I_{entrada}$  : Corriente de entrada al regulador (A)
- $I_{MOD}$  : Corriente de corto circuito de un panel solar (A)
- $NP$  : Numero de ramales en paralelo

*Ecuación 15:* Corriente de entrada al Regulador de carga

Fuente: Cantos (2016), p.105

§ Corriente de salida del Regulador,

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{BAT}}$$

Donde,

- $P_{DC}$  : Potencia entregada en corriente continua
- $P_{AC}$  : Potencia entregada en corriente alterna
- $n_{inv}$  : Eficiencia del Inversor
- $V_{BAT}$  : Tensión de operación (baterías)

*Ecuación 16:* Corriente de salida del Regulador de carga

§ Número de Reguladores para conexión en paralelo:

$$N_{reguladores} = I_{Re} / I_{MAX,e}$$

*Donde,*

$N_{reguladores}$  : Numero de Reguladores para conexión en paralelo

$I_{Re}$  : Corriente de entrada al regulado (A)r

$I_{MAX,e}$  : Capacidad de diseño del regulador (A)

*Ecuación 17:* Numero de Reguladores de carga

Fuente: Cantos (2016), p.105

NOTA: En caso la corriente de entrada al regulador supere su capacidad máxima de corriente, entonces se conectará un regulador por cada ramal o conjunto de ramales que lo soporte, alimentando cada grupo a un regulador distinto, luego de ello, se conectaran todas las salidas de los reguladores resultantes al mismo acumulador o banco de baterías.

§ Calculo por voltaje,

La tensión máxima de diseño del Regulador no deberá ser superada por la tensión del módulo generador, esto es, la tensión final de los paneles conectados en serie. A dicho valor de tensión del módulo generador se debe aplicar el factor de seguridad del 25% adicional. Esto es:

$$V_{m\acute{a}x-Regulador} = 1.25xVCAxPSerie$$

*Donde,*

$V_{m\acute{a}x-Regulador}$ : Tensión máxima en el Regulador

VCA : Tensión en circuito abierto del panel (V)

PSerie : Numero de paneles en serie

*Ecuación 18:* Máxima Tensión de entrada al Regulador de carga

Fuente: Cantos (2016), p.104

f. *Inversor de potencia.*

Cantos (2016) indica que la capacidad del inversor de potencia seleccionado deberá ser suficiente para soportar las cargas de consumo conectadas; al respecto, no es conveniente sobre dimensionar en exceso el Inversor puesto que la eficiencia del mismo disminuye cuando opera a baja potencia.

Del análisis respectivo, se indica que el Inversor de potencia es el dispositivo que convierte el fluido eléctrico de tensión continua a tensión alterna, para su distribución a través de las redes hacia los usuarios, cuya tensión típica es 220 V.

§ Capacidad de entrada del Inversor:

$$\text{Pot. de entrada del inversor} = \frac{\text{Pot. de salida}}{\text{Rendimiento inversor}}$$

Donde,

*PeI* : Capacidad de entrada (W)

*Psl* : Potencia de las cargas externas (W)

*nl* : Rendimiento del inversor (%)

*Ecuación 19:* Potencia de entrada del Inversor

Fuente: Castejón y Santamaria (2010), p.115

§ Cálculo del número de Inversores

$$\text{Numero de inversores} = \frac{\text{Potencia de entrada inversor}}{\text{Potencia inversor}}$$

Donde,

*NI* : Numero de Inversores a conectarse en paralelo

*PeI* : Potencia de entrada del Inversor (W)

*PI* : Capacidad nominal del Inversor seleccionado (W)

*Ecuación 20:* Numero de Inversores de potencia

Fuente: Castejón y Santamaria (2010), p.115

*g. Conductores eléctricos.*

En la selección de conductores eléctricos para interconexión de los dispositivos que conforman el sistema generador fotovoltaico, se deberá dar cumplimiento a lo establecido por MINEM DGE 003 (2007), el cual en sus secciones respectivas indica:

Se debe garantizar que, entre los terminales de los dispositivos la disminución del voltaje sea inferior al 1%. Aplicable al Controlador de carga (sección VIII-B-3.1.3.), Baterías (sección VIII-C-3.1.3.) e Inversor (sección VIII-F-3.1.3.).

Para asegurar que la caída de tensión en un circuito eléctrico no supere a un valor establecido, los conductores eléctricos deben tener una sección transversal mayor al valor calculado según la siguiente fórmula:

$$S = 2 * \frac{L * I}{\Delta V * K}$$

*Donde,*

*S : Sección mínima de los conductores eléctricos (mm<sup>2</sup>)*

*L : Longitud del conductor eléctrico (m)*

*I : Corriente eléctrica circulante (A)*

*ΔV : Caída de tensión (V)*

*K : Conductividad del conductor eléctrico (cobre: 56 m/ohm/mm<sup>2</sup>)*

*Ecuación 21: Caída de tensión en conductores eléctricos*

Fuente: Cantos (2016), p.109

Complementariamente, se debe verificar que la capacidad de carga de los conductores eléctricos correspondiente a la sección pre seleccionada sea concordante con la corriente circulante.

*h. Protección eléctrica.*

§ Protección contra sobre intensidad de corriente:

Para evitar daños eléctricos en las instalaciones causados por sobrecarga o corto circuito, se utilizarán elementos fusibles, cuyo rango de actuación estará definido por la siguiente expresión:

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

*Donde,*

$I_n$  : Capacidad del elemento fusible (A)

$I_b$  : Corriente de línea (A)

$I_{adm}$  : Corriente máxima admisible del conductor eléctrico (A)

*Ecuación 22:* Capacidad de elementos fusible

Fuente: Cantos (2016), p.113

#### § Sistema de puesta a tierra:

Las Puestas a tierra tienen por finalidad evitar riesgos eléctricos en las personas e infraestructura eléctrica, además de permitir la adecuada operación de los sistemas; por ello es de importancia mayor el adecuado diseño de las mismas.

La Norma Técnica MINEM DGE 031 (2003) y sus modificatorias en MINEM DGE 055 (2010), establece los valores máximos de resistencia óhmica de las puestas a tierra, las mismas que en sistemas de 380-220 voltios debe ser 6 ohm, y en sistemas 440-220 voltios de 10 ohm. La sección mínima establecida para el conductor principal de aterramiento debe ser 16mm<sup>2</sup>.

#### *i. Redes de distribución secundaria y conexiones.*

Con relación a las redes de distribución secundaria en zonas rurales, MINEM DGE 031 (2003) establece los cálculos eléctricos y mecánicos para diseño de redes secundarias en nivel de tensión 380-220V y 440-220V, con conductores portantes Aleación de Aluminio.

Respecto de la calificación eléctrica para servicio particular, se definen dos tipos de localidades:



- § Tipo I: Localidades capital de distrito o poblaciones urbano-rurales, con configuración urbana definida, a la cual se asigna demanda de 600 vatios/lote
- § Tipo II: Localidades cuyas viviendas se agrupan en forma incipiente, a la cual se asigna demanda de 400 vatios/lote

Las cargas especiales deberán ser determinadas en cada caso por el analista consultor a cargo del proyecto de red secundaria.

#### ***1.3.1.6 Evaluación económica.***

La Evaluación Económica es el procedimiento metódico y organizado a través del cual se analizan las variables pecuniarias que forman parte de un proyecto de inversión. La finalidad, en términos generales, se resume a determinar la capacidad de recuperación del capital invertido en el proyecto, así como la rentabilidad financiera que dicha inversión genere.

#### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Erossa (2004) sostiene que un estudio de factibilidad reúne en su contenido toda la información y datos relevantes de un proyecto de inversión, los mismos que se encuentran debidamente procesados y ordenados, de tal forma que se faciliten las acciones para el despliegue técnico y económico del mismo.

#### **COSTOS FIJOS**

Se definen como aquellos costos que guardan independencia respecto del nivel de producción del proyecto; esto significa que, es posible que en una cadena de producción existan costos aun cuando no exista producción misma, por lo que ellos no dependen de la cantidad de bienes o servicios producidos. Tal es el caso del recurso humano permanente para operación y mantenimiento de una instalación de generación de energía eléctrica.

#### **COSTOS VARIABLES**

Representan aquellos costos existentes en una cadena de producción que guardan relación directa con el nivel de bienes o servicios producidos, tal es el caso de los insumos de producción en materia prima, recursos humanos, servicios de terceros, entre otros.

## COSTOS TOTALES

Representados por la sumatoria de costos tanto Fijos como Variables dentro de una cadena de producción.

## VALOR ACTUAL NETO

También denominado VAN de una inversión, es uno de los parámetros que en economía permiten adoptar determinadas opciones respecto de la conveniencia o no de una inversión.

Aguiar et al. (2006) define el Valor Actual Neto (VAN) como la sumatoria de la totalidad de ingresos y egresos proyectados en sus respectivos periodos de tiempo, y luego de ello la actualización de cada uno de esos valores al presente mediante el factor de Tasa de Descuento. En este periodo inicial se deduce además el valor de la inversión. La expresión matemática para calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+k)^1} + \frac{FNC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+k)^n}$$

*Donde,*

*A* : Valor de la inversión inicial

*FNC* : Flujo neto de caja en el periodo correspondiente  
(mes, año)

*K* : Tasa de descuento del periodo

*n* : Horizonte de la inversión en el tiempo

*Ecuación 23: Valor Actual Neto – VAN*

Fuente: Aguiar, et al. (2006), p.6

La decisión para proceder con la inversión se basa en indicadores VAN positivos, ya que ello implica que el proyecto tiene un valor superior al de la inversión actual; por el contrario, indicadores negativos muestran que la inversión no será fructífera en el tiempo. La Tasa de descuento mencionada, representa la rentabilidad mínima esperada de la inversión. En los casos que se cuente con alternativas diversas, la que presente el mayor VAN será la de mayor rentabilidad.

## TASA INTERNA DE RENTABILIDAD

También denominada TIR, Aguiar et al. (2006) la define como aquel valor de descuento que aplicado a la fórmula de cálculo del VAN da como resultado valor cero para el mismo; esto significa que a la tasa TIR existe igualdad entre ingresos y egresos al periodo presente. La expresión matemática para calcular la TIR es la siguiente:

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n} = 0$$

*Donde,*

*A* : Valor de la inversión inicial

*FNC* : Flujo neto de caja en el periodo correspondiente  
(mes, año)

*r* : Tasa de descuento TIR (para VAN = 0)

*n* : Horizonte de la inversión en el tiempo

*Ecuación 24:* Tasa Interna de Retorno - TIR

Fuente: Aguiar, et al. (2006), p.6

La decisión para proceder con la inversión se basa en indicadores TIR superiores a la tasa de interés prevista para el proyecto; por el contrario, indicadores TIR inferiores a la tasa prevista muestran que la inversión no será suficientemente rentable en el tiempo. En los casos que se cuente con alternativas diversas, la que presente el mayor TIR será la de mayor rentabilidad.

## RELACIÓN BENEFICIO COSTO

El indicador Beneficio / Costo (B/C) resulta de la división de los valores actualizados de Beneficios entre Costos, entendiendo a los primeros como los ingresos y los otros como egresos en el flujo de caja del proyecto de inversión; dicha actualización financiera se realiza a una tasa de rentabilidad prevista y aceptada denominada Tasa de Evaluación.

Los resultados resultaran aceptables para indicadores superiores a la unidad, y tanto más rentable será el proyecto en la medida que dicho indicador sea mayor.

### 1.3.2. Marco Conceptual.

Diaz (2018) presenta definiciones y terminología utilizada en generación eléctrica fotovoltaica, que en términos generales son las siguientes:

#### ✓ Radiación electromagnética

- § Irradiación: Representa la irradiancia de una onda electromagnética en un periodo de tiempo, esto es, la energía que incide en la unidad de área superficial que emite dicha onda. La unidad de medida es  $\text{Wh/m}^2$
- § Irradiancia: Es la potencia incidente por unidad de superficie de una onda electromagnética. La unidad de medida es  $\text{W/m}^2$
- § Efecto Fotoeléctrico: Es el efecto que causa la radiación electromagnética (en forma de luz visible o ultravioleta) al incidir sobre un material generando la emisión de electrones en el mismo
- § Efecto Fotovoltaico: Consiste en la generación de diferencia de potencial eléctrico (voltaje) como resultado del efecto fotoeléctrico.
- § Masa de aire: Distancia recorrida por la luz en su trayectoria por la capa atmosférica hasta alcanzar la superficie de la tierra.
- § Radiación solar: Energía emitida por el Sol mediante ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio.

#### ✓ Parámetros eléctricos

- § Capacidad de Energía de Baterías: Representa la energía total que puede ser obtenida de una batería totalmente cargada; tiene relación directa con la temperatura ambiente, voltaje al cual se produce descarga y tiempo de vida la batería.
- § Carga eléctrica: Es todo equipo o dispositivo que demanda potencia eléctrica.
- § Condiciones de prueba estándar: Consiste en la especificación mediante la cual se efectúa en laboratorio pruebas de funcionamiento de módulos fotovoltaicos ( $1,0 \text{ kWh/m}^2$  de radiación solar a  $25^\circ\text{C}$  de temperatura de la celda y espectro solar equivalente a masa de aire 1,50).
- § Consumo eléctrico: Es la energía demandada por un artefacto eléctrico en un periodo determinado en funcionamiento. Sus unidades de medida son vatios-hora (Wh).

- § Contador eléctrico: Instrumento que se conecta a la carga para medir la energía demandada en funcionamiento.
- § Corriente de corto circuito en celdas solares  $I_{cc}$ : Es el flujo de corriente máximo en condiciones sin carga y voltaje cero, estando los terminales de salida en punto común (cortocircuito). La medición de este parámetro define la corriente máxima de diseño de un conjunto solar
- § Corriente de máxima potencia: Es la corriente resultante del funcionamiento de un sistema a máxima potencia.
- § Curva I-V: Es el registro de desempeño de un panel solar que indica el nivel de voltaje respecto de la aplicación de determinada carga eléctrica. Este parámetro define la capacidad de generación de un panel solar.
- § Kilovatio (kW): Representa las unidades de medición de potencia eléctrica expresada en miles de Vatios (W).
- § Kilovatios hora: Son las unidades de medición de energía demandada por un artefacto durante una hora de funcionamiento, expresado en miles de unidades de Vatios-hora (Wh).
- § Potencia pico (Watt pico): Representa la potencia máxima capaz de generar un panel solar en condiciones nominales de funcionamiento ( $1000 \text{ W/ m}^2$  a  $25^\circ\text{C}$  y 1,5 de masa de aire).
- § Tensión eléctrica: Representa la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, y que origina la circulación de corriente eléctrica entre ambos. Unidad de medida es Voltio (V)
- § Voltaje de circuito abierto  $V_{oc}$ : Representa la diferencia de tensión eléctrica entre dos puntos en circuito abierto (sin carga conectada).
- § Voltaje de máxima potencia: Representa la diferencia de tensión eléctrica entre dos puntos en circuito con máxima carga aplicada.

#### ✓ Instalaciones fotovoltaicas

- § Ángulo de Inclinación: Es la inclinación de un arreglo solar dirigido al sol respecto de su posición horizontal. La corrección de este ángulo permite la maximización de la energía captada.
- § Arreglo Solar: Es el conjunto ordenado e interconectado eléctricamente de módulos o paneles fotovoltaicos para generación de electricidad.

- § Batería de almacenamiento eléctrico: También denominado acumulador eléctrico o pila. Consiste en celdas electroquímicas que contienen dos electrodos (ánodo y cátodo) inmersos en un electrolito, de tal forma que se pueda almacenar energía en forma química para su posterior recuperación.
- § Celda Solar: Son los elementos de material semiconductor básicos, que conectados entre sí, conforman el panel solar.
- § Célula o panel solar: Es el dispositivo en el cual se produce el efecto fotoeléctrico que permite la transformación de energía contenida en luz solar a energía eléctrica.
- § Conexión en Serie: Es la conexión de terminales de dos o más dispositivos o cargas en forma acumulativa (polo positivo del primer dispositivo o carga con el negativo del segundo, y así sucesivamente) obteniéndose por resultado el incremento de la diferencia de potencial o tensión del circuito eléctrico.
- § Conexión Paralela: Es la configuración de conexión en la que los terminales se conectan entre sí según la misma polaridad obteniéndose por resultado el incremento en la capacidad de sostener mayor carga eléctrica.
- § Diodo de bloqueo: Componente eléctrico que permite el flujo de corriente en forma unidireccional. Se aplica conectado en serie entre el módulo fotovoltaico y la batería, permitiendo el flujo de corriente en ese sentido, pero inverso.
- § Generador fotovoltaico: Acoplamiento en paralelo de dispositivos fotovoltaicos para producir determinada potencia eléctrica a una tensión de diseño.
- § Instalación eléctrica: Conjunto de equipos, dispositivos, aparatos y circuitos eléctricos, cuya conexión permite la transformación, transmisión, distribución y/o utilización de la energía eléctrica.
- § Instalación fotovoltaica: Conjunto de dispositivos y equipos configurados de tal forma que permiten la conversión de energía contenida en la radiación solar en energía eléctrica, por aplicación únicamente del efecto fotoeléctrico.
- § Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Conjunto de instalaciones fotovoltaicas acopladas en paralelo conjuntamente con la red pública de electricidad.
- § Interruptor general: Dispositivo de seguridad y maniobra que permite interrumpir la conexión entre dos o más componentes eléctricos.

- § Inversor: Equipo electrónico que transforma la señal eléctrica de entrada desde corriente continua (DC) a una corriente alterna (AC), cuya magnitud y frecuencia depende de su diseño.
  - § Panel Solar: Se denomina igualmente placa solar o modulo solar, es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento en forma de electricidad.
  - § Regulador de carga: Se le conoce igualmente como Controlador de carga. Es el componente que regula el flujo de corriente hacia el acumulador eléctrico y hacia la carga del sistema fotovoltaico. Este dispositivo permite proteger al acumulador de posibles cargas o descargas superiores a lo previsto.
  - § Seguidor Solar: Se Consiste en un arreglo de modulos solares dispuestos sobre un soporte dotado de mecanismos que permiten su orientación conforme al desplazamiento relativo del sol, de tal forma que se pueda maximizar la radiación incidente sobre los paneles solares. La estructura y mecanismos indicados poder ser de rotación vertical, horizontal o ambos.
  - § Sistema fotovoltaico on-grid: Sistema de generación eléctrica conectado a una red eléctrica externa.
  - § Sistema fotovoltaico off-grid: Sistema de generación eléctrica no conectado a una red eléctrica externa.
- √ Conexiones eléctricas en Baja Tensión (tal como lo establece MINEM DGE 091 (2002))
- § Acometida: Derivación que inicia desde el empalme a la red de distribución eléctrica de baja tensión, con la finalidad de suministrar energía a las instalaciones del usuario; incluye el sistema de medición.
  - § Caja de medición: Es la caja que sirve de contenedor del equipo de medición.
  - § Caja de derivación para acometidas: Caja ubicada en zona alta de postes en la cual se efectúa el conexionado del cable de alimentación del suministro con la línea eléctrica de distribución.
  - § Conductor de puesta a tierra: Conductor eléctrico para conectar el sistema del usuario a la barra de puesta a tierra.
  - § Conexión: Conjunto de dispositivos y materiales necesarios para la alimentación del suministro, tales como la acometida, equipos de medición y caja.

- § Dispositivo de protección: Dispositivo electromecánico para corte de la energía, formado por fusible o interruptor.
- § Equipo de medición: Dispositivo utilizado para cuantificar la cantidad de energía transferida por el suministro eléctrico.
- § Instalaciones internas particulares: Instalaciones propiedad del usuario del servicio, que se inician desde el punto de entrega, según lo establecido en artículo 88° - Ley de Concesiones Eléctricas.
- § Máxima demanda: Magnitud máxima de la carga eléctrica; generalmente se mide en periodo mensual.
- § Sobre corriente: Magnitud de corriente eléctrica que supere el valor nominal asignado.
- § Suministro de energía eléctrica: Dispositivos y materiales con fines de utilización de electricidad en un inmueble, en condiciones de seguridad

#### **1.4. Formulación del Problema.**

En cuanto a los aspectos de Ingeniería, el problema central del presente proyecto radica en:

¿Mediante el diseño de un Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), se podrá suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque?

Este problema tiene su motivación en la ausencia del servicio público de electricidad en la citada localidad, por encontrarse geográficamente no ubicada en los polígonos de atención de la concesionaria Electronorte S.A. (concesionaria en la región Lambayeque). Así mismo, los elevados costos de la infraestructura eléctrica convencional para empalmarse a las redes de la concesionaria (distante a más de 15 kilómetros) y la limitada disponibilidad de recursos económicos de sus pobladores, imposibilitan que el suministro eléctrico pueda ser efectuado convencionalmente por sus propios medios.



### **1.5. Justificación e importancia del estudio.**

El acceso de los pobladores del caserío Tallapampa al servicio eléctrico fortalecerá las condiciones de vida personal y material, así como el concepto de unidad nacional e integración social en el Perú.

**Justificación técnica:** Los descubrimientos científicos en torno al efecto fotoeléctrico de la luz han permitido importantes avances tecnológicos a nivel mundial, de tal forma que hoy en día es posible contar con dispositivos y equipos complementarios capaces obtener energía eléctrica a partir de la radiación del sol. La solución que se plantea en esta investigación consiste en adoptar dicha tecnología, de forma tal que se pueda suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, mediante un sistema fotovoltaico autónomo. Los pobladores de dicha localidad, cuyas viviendas se ubican en zona rural, alejados de las redes eléctricas convencionales de la concesionaria Electronorte S.A., se han visto históricamente imposibilitados de contar con dicho servicio eléctrico. Entonces, visto en el aspecto técnico, la solución propuesta es plenamente alcanzable.

**Justificación social:** La situación de aislamiento antes descrita, ha dado lugar, en cierta manera, a que los pobladores del caserío Tallapampa no se encuentren suficientemente integrados al país, en perjuicio de su adecuada calidad de vida, educación y cultura. Se debe tener en cuenta, que la energía eléctrica es necesidad primordial para el progreso de las comunidades, y que está demostrado con el paso del tiempo que la ausencia de este servicio da lugar, en gran medida, a la migración poblacional hacia las ciudades, congestionando habitabilidad además de afectar su identidad de origen. En este sentido, el proyecto tiene plena justificación social.

**Justificación Económica:** El despliegue de sistemas eléctricos convencionales, tales como redes eléctricas primaria y secundaria y subestaciones de distribución a zonas rurales alejadas, representa inversión económica cuantiosa, más aún cuando las demandas de energía no son de magnitudes considerables. Los sistemas de generación fotovoltaica autónomos implican montos económicos de inversión, operación y mantenimiento sustancialmente menores, los mismos que podrían ser gestionados por sus propias municipalidades distritales o delegadas. Desde el punto de vista del propio poblador, dicho suministro eléctrico permitirá el desarrollo económico de su comunidad, incremento del comercio, turismo en su

zona e inclusive la micro industrialización de sus productos oriundos. Desde esta óptica, el proyecto tiene justificación económica.

Justificación Ambiental: La emisión de GEI a la capa atmosférica del planeta, representa hoy en día grave problema, que se evidencia en el incremento de la temperatura en la superficie del globo terráqueo y sus efectos colaterales, los mismos que vienen ocasionando fenómenos naturales que causan destrucción y daño en diversas ciudades y poblaciones. Dichos gases contaminantes son, en parte, producto de la combustión de máquinas térmicas que operan con combustibles fósiles. La radiación solar es uno de los recursos energéticos renovables, sino el principal, que puede ser transformado en energía eléctrica. Por lo tanto, la solución planteada a través de este proyecto de investigación es favorable para el cuidado ambiental.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General.**

Efectuar el diseño de un Sistema para generación eléctrica fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), para suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque.

### **1.6.2. Objetivos Específicos.**

- a. Calcular la Máxima Demanda del caserío Tallapampa.
- b. Diseñar el Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales) para el caserío Tallapampa
- c. Efectuar la evaluación económica del Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales) para el caserío Tallapampa.

## **1.7. Limitaciones**

La información de radiación solar en la zona del caserío Tallapampa está limitada a los trabajos preliminares desarrollados por el SENAMHI; complementariamente se podrá recurrir a la información de radiación solar global

elaborada por la NASA de los Estados Unidos de Norteamérica, sin dejar de lado la información que puede proporcionar determinados softwares relativos al tema en investigación.

Otra limitante es la geografía accidentada y terreno agreste para el acceso al caserío Tallapampa, por lo que se deberá recurrir a la información existente en imágenes satelitales Google Earth.

### **1.8. Hipótesis.**

Mediante el Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), se puede suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

Tipo de investigación: La investigación a desarrollar es tipo Aplicada, puesto que los conocimientos que se adquirirán tienen por finalidad solucionar un problema práctico, tal es el caso de la ausencia del servicio de energía eléctrica en el caserío Tallapampa; consecuentemente a ello, la electrificación mediante energía solar coadyuvará con los grandes objetivos mundiales consistentes en la reducción de emisión de GEI. Los cambios que se produzcan en la realidad actual servirán para poner a prueba la hipótesis propuesta y alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

Es también tipo Descriptiva, porque la información (datos) será adquirida mediante observación directa, en forma precisa como se presente.

Diseño: El diseño de la investigación es tipo No experimental, porque se realizará sin manipulación deliberada de las variables, las cuales serán utilizadas tal y como se presentan. En este sentido, al no introducir efectos por intervención externa, se espera obtener resultados totalmente aplicables a la zona en estudio y según lo previsto, que consiste en el suministro de energía eléctrica al caserío Tallapampa en su estado natural actual.

### **2.2. Población y muestra**

Población: En el presente trabajo de investigación, la población materia de estudio será el caserío Tallapampa del distrito Salas provincia y departamento Lambayeque en cuanto a su necesidad del servicio de energía eléctrica.

Muestra: La muestra a considerar será el propio caserío Tallapampa del distrito Salas provincia y departamento Lambayeque

### **2.3. Variables, Operacionalización**

VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de generación fotovoltaica autónomo, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales)

VARIABLE DEPENDIENTE: Suministro de energía eléctrica

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES: ver *Tabla 11*.

**Tabla 11**

*Cuadro de Operacionalización de variables*

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Sistema de generación fotovoltaica autónomo no interconectados, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales)	Instalación que transforma de manera directa la radiación solar en energía eléctrica. (Manzana, 2017, p. 27).	Capacidad del banco de baterías	Amperios hora	Razón
		Determinar la radiación solar	Kilovatios por metro cuadrado	Razón
		Potencia instalada	Vatios	Razón
Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Suministro de energía eléctrica	Equipos y materiales para el suministro de energía (MINEM DEG 031, 2003, p. 3) eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.	Demanda de energía de la población	Kilovatios hora	Razón
		Perdidas de distribución	kilovatios hora	Razón

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1 Técnica de recolección de datos.

Técnica de observación directa:

En campo: Se efectuará recorrido del caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque, y mediante técnica de observación directa se levantará información relevante: características del terreno, distribución

referencial e inventario de los predios a electrificar, características de las viviendas, disponibilidad de área y perfil de la población, como datos principales.

Técnica de búsqueda selectiva de documentos:

En gabinete: Se efectuará la búsqueda selectiva de información digital mediante equipo informático (computador personal) referida a: Potencial de radiación solar en la zona del proyecto (SENAMHI, NASA, software relacionado); vistas aéreas de la zona (Google Earth), estadística poblacional (INEI); normatividad legal y técnica (MINEM, OSINERGMIN); avances tecnológicos sobre el tema en investigación, oferta de dispositivos y equipo complementario para el diseño de ingeniería (Fabricantes y Proveedores). Se tendrá en cuenta publicaciones diversas, tales como: trabajos de tesis, libros, publicaciones científicas y otros referentes con la investigación.

#### **2.4.2 Instrumentos de recolección de datos.**

Para la acción de recolectar datos se utilizan instrumentos que difieren según la variable y la etapa del trabajo efectuado. En la presente investigación se utilizarán los siguientes instrumentos:

Guías de observación:

Se aplicarán con la técnica de la observación directa. Se utilizarán para recopilar información en la localidad de estudio: en aspectos de geografía, para ubicación del sistema de generación fotovoltaica; y de demanda energética de los habitantes, para dimensionamiento de la capacidad instalada de generación.

Ficha de análisis de documentos:

Se aplicará con la técnica del análisis documental. Su utilización se efectuará en la recolección de información y datos contenida en documentos, trabajos de tesis, normas técnicas peruanas, revistas, manuales técnicos, entre otros, relacionadas con la línea de investigación, y que permitan su conclusión.

### **2.4.3 Validez y confiabilidad.**

Validez:

La técnica aplicada y los instrumentos de recolección de datos serán validados mediante la aprobación de profesionales especializados en el tema.

Confiabilidad:

El presente proyecto será consistente y concordante con los resultados obtenidos. Además de ello, estará sujeto a la evaluación de asesor metodológico y asesor especializado en la materia de investigación, lo que fortalece el concepto de confiabilidad de la misma.

### **2.5.Procedimientos de análisis de datos**

Teniendo en cuenta que el resultado esperado se encuentra implícitamente expresado en las premisas alcanzables, se opta por aplicar el método Analítico - Deductivo para el presente proyecto. Esto es, basado en el hecho que, es posible generar energía eléctrica por efecto fotoeléctrico a partir de radiación solar, entonces el resultado será la electrificación del caserío Tallapampa. Los resultados de diseño de ingeniería, así como de evaluación económica, se efectuarán a partir del análisis de la información obtenida, según determinados algoritmos matemáticos.

Para el análisis numérico se utilizará software MSOffice® Excel®, que permite la manipulación de datos para su análisis estadístico o de cálculo; respecto de la información textual se recurrirá al software MSOffice® Word®. Para la elaboración de esquemas eléctricos y planos de ubicación se utilizará software Autodesk AutoCAD

### **2.6.Criterios éticos**

El presente proyecto será elaborado bajo estricta confidencialidad en cuanto a los datos, antecedentes y documentos base para la realización del estudio; esto con la finalidad de no afectar los derechos de las personas involucradas y/o beneficiarias del mismo, tanto en forma individual como en grupo. En este sentido,

se evitará circunstancias o situaciones que pudieran generar conflictos entre los habitantes y representantes/autoridades de la zona.

De otro lado, la información bibliográfica a utilizar en el estudio procederá de fuentes certificadas y confiables, la misma que será citada adecuadamente en el acápite respectivo.

## **2.7.Criterios de Rigor científico**

El rigor científico propende al análisis profundo de la hipótesis mediante la cual se pretende resolver un problema. En este proyecto, se establece como hipótesis, que mediante determinado diseño de ingeniería se puede suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, a partir de la radiación solar.

Para tal fin, los criterios de rigor científico adoptados en esta investigación, son los siguientes:

- a. **Credibilidad:** Para lograr la fortaleza de la verdad de la investigación se recurrirá a fuentes de información fidedignas y confiables. Se hará cruce de la información obtenida para corroborar su veracidad.
- b. **Aplicabilidad:** Se verificará en forma continua que la información y los resultados parciales obtenidos sean aplicables a las necesidades planteadas para el proyecto.
- c. **Dependencia:** Se evaluará por etapas el nivel de consistencia o estabilidad de los hallazgos y resultados parciales del estudio, de tal forma que pueda determinarse su dependencia entre ellos y concatenarse para producir un diseño integral coherente.
- d. **Conformabilidad:** Los resultados parciales y finales estarán sujetos a la supervisión de especialistas metodológico y técnico, que garantice que los datos no están sesgados, ni responden a ningún tipo de manipulación de naturaleza personal del investigador.



### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Propuesta técnica del Proyecto de investigación**

Tal como ya se ha indicado, el presente trabajo se basa en la investigación para el aprovechamiento de la energía solar, de tal forma que se pueda dotar de energía eléctrica a los predios existentes en el caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque; el mismo que por encontrarse ubicado fuera de área de la concesionaria Electronorte S.A. impide que sus pobladores dispongan del mismo. Esta circunstancia, tal como se expuesto en párrafos anteriores, se traduce en gran afectación socio económica de sus habitantes, situación que se espera resolver con el presente diseño.

El diseño materia del presente trabajo consiste en un Sistema de generación solar fotovoltaica autónomo, no conectado a red eléctrica externa (tipo off-grid). El diseño incluye módulos fotovoltaicos para captación de energía solar, banco de baterías para acumulación de energía y sus dispositivos de control de carga; inversores de potencia con salida eléctrica 220V 60Hz monofásica, red de distribución secundaria tipo radial con cable auto soportado (cuatro circuitos principales y dos derivados) y conexiones individuales que incluyen predios domiciliarios y cargas especiales, consistentes estas últimas en: un centro educativo, una posta médica, un templo de culto y un salón comunal; todo ello para ser atendido en el horizonte del proyecto correspondiente a veinte (20) años calendario. Las demandas de energía y potencia eléctrica han sido calculadas en base al uso de artefactos típicos en viviendas rurales, así como lo estipulado por la normatividad emitida por MINEM DGE 031 (2003). El cálculo de la demanda estimada en el horizonte del proyecto se basa en el indicador de crecimiento poblacional proporcionado por el INEI (2020)

##### **3.1.1. Demanda eléctrica en caserío Tallapampa.**

- Ubicación:

Demarcación política:

El caserío Tallapampa se encuentra comprendido en la organización política del Perú, según se indica:

- Region : Lambayeque
- Departamento : Lambayeque
- Provincia : Lambayeque
- Distrito : Salas
- Localidad : Caserío Tallapampa

#### Posición geográfica:

El caserío Tallapampa se encuentra ubicado geográficamente en la costa norte del Perú, entre las coordenadas UTM 663 736m E – 664 388m E y 9 320 755m S – 9 321 331m S, cota aproximada 1 375 metros sobre el nivel del mar, distante a unos 85 kilómetros en línea recta respecto del litoral costero del océano pacífico. Su geografía es accidentada, típica de inicio de zona de montaña correspondiente a la cordillera de los Andes.

#### · Población y Vivienda:

##### Censo y crecimiento poblacional:

El INEI (2020) ha desarrollado varios censos de población y vivienda a nivel nacional, en los periodos anuales 1993, 2007 y 2017. Por circunstancias no precisadas, no se encuentra disponible la información censal correspondiente al caserío Tallapampa, por lo que siendo de necesidad disponer de información referencial, se ha procedido a recopilar los datos equivalentes del distrito Salas, de la provincia Lambayeque y del departamento Lambayeque, jurisdicciones en las cuales se encuentra circunscrito el caserío Tallapampa. Los resultados se visualizan en *Tabla 12*.

**Tabla 12***Población según censos INEI*

UBICACIÓN	1993 <sup>A</sup>	2007 <sup>B</sup>	2017 <sup>C</sup>
Distrito Salas	13 368	12 998	12 595
Provincia Lambayeque	210 537	259 274	300 170
Departamento Lambayeque	920 795	1 112 868	1 197 260

<sup>A</sup>: Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda<sup>B</sup>: Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda<sup>C</sup>: Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Fuente: INEI

El análisis del crecimiento poblacional en dichos ámbitos se muestra en *Tabla 13*.

**Tabla 13***Indicadores de crecimiento poblacional según censos INEI*

UBICACIÓN	Periodo 1993-2007	Periodo 2007-2017	Tasa crecimiento año 2020
Distrito Salas	-0,200%	-0,314%	----
Provincia Lambayeque	1,498%	1,475%	1,45%
Departamento Lambayeque	1,362%	0,734%	0,10%

Fuente: Elaboración propia con datos del INEI

Se observa que en el distrito Salas existe la tendencia, desde el año 1993 por lo menos, al decrecimiento poblacional. Si bien en la provincia Lambayeque y departamento Lambayeque el indicador de crecimiento poblacional es positivo, sin embargo, se observa que el mismo presenta desaceleración, lo que resulta de mayor evidencia en los datos correspondientes al departamento Lambayeque.

El comportamiento esperado es el incremento en el número de habitantes, por lo que generalmente los diseños de infraestructura contemplan el dimensionamiento en demasía hacia el futuro. Sin embargo, en el caso del caserío

Tallapampa, el indicador de crecimiento poblacional del distrito Salas es en sentido inverso, esto es, decrecimiento poblacional. Sobre el particular, como criterio base para el presente proyecto, se ha creído conveniente adoptar el indicador de crecimiento poblacional positivo presentado por la provincia Lambayeque, de tal forma que el diseño en cuestión disponga de factores de seguridad para dar cobertura adecuada en el caserío Tallapampa. En tal sentido, se asume la tasa anual de crecimiento poblacional del caserío Tallapampa en 1,45%

- Población y vivienda actual (año 0):

Tal como se ha indicado, no se dispone de datos censales de población y vivienda del caserío Tallapampa, por lo que se adoptará la información obtenida directamente de campo, esto es: 134 habitantes en la actualidad.

El caserío Tallapampa cuenta a la fecha con predios para uso domiciliario y servicios complementarios, cuyas áreas promedio se indican en *Tabla 14*.

**Tabla 14**

*Área media de inmuebles en caserío Tallapampa*

Denominación	Cantidad	Área interna media (m <sup>2</sup> )
Vivienda	31	6,00 x 8,00
Salón comunal	1	7,00 x 9,00
Templo de culto	1	6,00 x 9,00
Posta medica	1	5,00 x 5,00
Centro educativo	1	8,00 x 12,00

Fuente: Elaboración propia

- Horizonte del proyecto:

La información técnica proporcionada por fabricantes de dispositivos para sistemas fotovoltaicos, particularmente de paneles solares, indican tiempo de vida útil equivalente a veinte (20) años calendario, por lo que se adoptara dicho periodo como ciclo de vida u horizonte del proyecto.

- Población y vivienda futura (año20):

El cálculo para proyección de crecimiento poblacional se efectúa según la *Ecuación 1*: Crecimiento poblacional indicada con anterioridad:

$$P_{20} = P_0 (1 + r)^T$$

Donde,

$P_{20}$  : Población proyectada año 20

$P_0$  : Población actual = 134 habitantes

$r$  : Tasa de crecimiento poblacional anual = 1,45%

$T$  : Periodo de proyección = 20 años

Por lo tanto,  $P_{20} = 178,8 \sim 179$  habitantes en el año 20.

Se asume que la proporción habitantes/vivienda se mantiene constante a lo largo del tiempo, esto es,  $134 \text{ hab} / 31 \text{ viv} = 4.3226 \text{ h/v}$

Por lo tanto, el número de viviendas en el caserío Tallapampa, en el año 20 será de:  $179 / 4.3226 = 41,4 \sim 42$  viviendas. La información obtenida se encuentra indicada en *Tabla 15*.

**Tabla 15**

*Parámetros poblacionales - caserío Tallapampa*

PARAMETRO	CANTIDAD
Población en año 0 (personas)	134
Población en año 20 (personas)	179
Número de viviendas en año 0 (und)	31
Número de viviendas en año 20 (und)	42
Tasa de crecimiento anual (%)	1,45

Fuente: Elaboración propia

- Demanda de energía y potencia eléctrica:

Demanda actual (año 0): Respecto de las demandas eléctricas de usuarios domiciliarios, cargas especiales y alumbrado público, se adoptará lo establecido por MINEM DGE 031 (2003).

Los criterios adoptados, simulaciones de uso y cálculos para estimación de la demanda eléctrica actual (año 0), por tipo de suministro, se indican en *Tablas 16 al 25*.

Usuarios “domiciliarios”: se adopta lo establecido por MINEM DGE 031 (2003). Se asigna carga domiciliaria de 400W para cada lote. Los artefactos típicos equivalentes a dicha carga son:

**Tabla 16**

*Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Vivienda*

Artefacto	Potencia (W)
Lampara LED 900 Lumen	9
TV LCD 42"	80
Receptor TV SAT	40
Equipo de sonido	50
Artefactos de cocina	250
Cargador celular	5

Fuente: Elaboración propia

El cuadro estimado de uso de cargas en el año 0 es el siguiente (ver Tabla 16):

**Tabla 17***Demanda diaria "vivienda" - año cero*

Hora inicio	Hora fin	Iluminación (W)	Cultura / Esparcimiento (W)	Cocina (W)	TOTAL Potencia (W)	TOTAL energía (Wh/día)
00:00	01:00	0	0	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0	0	0
05:00	06:00	18	0	75	93	93
06:00	07:00	0	50	75	125	125
07:00	08:00	0	50	0	50	50
08:00	09:00	0	50	0	50	50
09:00	10:00	0	50	0	50	50
10:00	11:00	0	50	0	50	50
11:00	12:00	0	50	230	280	280
12:00	13:00	0	170	230	400	400
13:00	14:00	0	170	0	170	170
14:00	15:00	0	120	0	120	120
15:00	16:00	0	120	0	120	120
16:00	17:00	0	120	0	120	120
17:00	18:00	0	120	0	120	120
18:00	19:00	18	120	0	138	138
19:00	20:00	45	120	75	240	240
20:00	21:00	45	125	0	170	170
21:00	22:00	45	120	0	165	165
22:00	23:00	18	0	0	18	18
23:00	24:00	0	0	0	0	0
Máxima Demanda (W)					400	
Energía día típico (Wh)						2 479

Fuente: Elaboración propia

Carga especial “Salón comunal”: se adopta lo establecido por MINEM DGE 031 (2003). La carga calculada es de 396W. Los artefactos típicos equivalentes a dicha carga son:

**Tabla 18**

*Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Salón comunal*

Artefacto	Potencia (W)
Lampara LED 1210 Lumen	12
TV LCD 60"	150
Receptor TV SAT	40
Equipo de sonido	50
Amplificador audio	50
Cargador celular	5

Fuente: Elaboración propia

El cuadro estimado de uso de cargas en el año 0 es el siguiente (ver Tabla 17):



**Tabla 19***Demanda diaria "Salón comunal" - año cero*

Hora inicio	Hora fin	Iluminación (W)	Cultura / Esparcimiento (W)	TOTAL Potencia (W)	TOTAL energía (Wh/día)
00:00	01:00	0	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0	0
05:00	06:00	0	0	0	0
06:00	07:00	0	0	0	0
07:00	08:00	0	0	0	0
08:00	09:00	0	0	0	0
09:00	10:00	0	0	0	0
10:00	11:00	0	50	50	50
11:00	12:00	0	50	50	50
12:00	13:00	0	50	50	50
13:00	14:00	0	50	50	50
14:00	15:00	0	50	50	50
15:00	16:00	0	50	50	50
16:00	17:00	0	290	290	290
17:00	18:00	0	290	290	290
18:00	19:00	96	300	396	396
19:00	20:00	96	300	396	396
20:00	21:00	96	190	286	286
21:00	22:00	0	0	0	0
22:00	23:00	0	0	0	0
23:00	24:00	0	0	0	0
Máxima Demanda (W)				396	
Energía día típico (Wh)					1 958

Fuente: Elaboración propia

Carga especial “Templo de culto”: se adopta lo establecido por MINEM DGE 031 (2003). La carga calculada es de 252W. Los artefactos típicos equivalentes son:

**Tabla 20**

*Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Templo de culto*

Artefacto	Potencia (W)
Lampara LED 1210Lumen	12
Amplificador audio	50
Ventilador de techo	65

Fuente: Elaboración propia

El cuadro estimado de uso de cargas en el año 0 es el siguiente (ver Tabla 18):

**Tabla 21***Demanda diaria "Templo de culto" - año cero*

Hora inicio	Hora fin	Iluminación (W)	Servicio de culto (W)	TOTAL Potencia (W)	TOTAL energía (Wh/día)
00:00	01:00	0	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0	0
05:00	06:00	0	0	0	0
06:00	07:00	0	0	0	0
07:00	08:00	0	0	0	0
08:00	09:00	0	0	0	0
09:00	10:00	0	0	0	0
10:00	11:00	0	0	0	0
11:00	12:00	0	0	0	0
12:00	13:00	0	0	0	0
13:00	14:00	0	0	0	0
14:00	15:00	0	0	0	0
15:00	16:00	0	0	0	0
16:00	17:00	0	0	0	0
17:00	18:00	0	0	0	0
18:00	19:00	0	0	0	0
19:00	20:00	72	180	252	252
20:00	21:00	72	180	252	252
21:00	22:00	0	0	0	0
22:00	23:00	0	0	0	0
23:00	24:00	0	0	0	0
Máxima Demanda (W)				252	
Energía día típico (Wh)					504

Fuente: Elaboración propia

Carga especial “Centro educativo”: se adopta lo establecido por MINEM DGE 031 (2003). La carga calculada es de 350W. Los artefactos típicos equivalentes son:

**Tabla 22**

*Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico - Centro educativo*

Artefacto	Potencia (W)
Lampara LED 1210Lumen	12
TV LCD 50"	120
Receptor TV SAT	40
Equipo de sonido	50
Amplificador audio	50
Equipo PC	150
Impresora	80
Cargador celular	5

Fuente: Elaboración propia

El cuadro estimado de uso de cargas en el año 0 es el siguiente (ver Tabla 19):

**Tabla 23***Demanda diaria "Centro educativo" - año cero*

Hora inicio	Hora fin	Iluminación (W)	Servicio educativo (W)	TOTAL Potencia (W)	TOTAL energía (Wh/día)
00:00	01:00	0	0	0	0
01:00	02:00	0	0	0	0
02:00	03:00	0	0	0	0
03:00	04:00	0	0	0	0
04:00	05:00	0	0	0	0
05:00	06:00	0	0	0	0
06:00	07:00	0	0	0	0
07:00	08:00	0	0	0	0
08:00	09:00	0	100	100	100
09:00	10:00	0	350	350	350
10:00	11:00	0	350	350	350
11:00	12:00	0	350	350	350
12:00	13:00	0	350	350	350
13:00	14:00	0	100	100	100
14:00	15:00	0	100	100	100
15:00	16:00	0	0	0	0
16:00	17:00	0	0	0	0
17:00	18:00	0	0	0	0
18:00	19:00	72	200	272	272
19:00	20:00	72	200	272	272
20:00	21:00	72	200	272	272
21:00	22:00	0	0	0	0
22:00	23:00	0	0	0	0
23:00	24:00	0	0	0	0
Máxima Demanda (W)				350	
Energía día típico (Wh)					2 516

Fuente: Elaboración propia

Carga especial “Posta médica”: se adopta lo establecido por MINEM DGE 031 (2003). La carga calculada es de 750W. Los artefactos típicos equivalentes son:

**Tabla 24**

*Carga unitaria por tipo de artefacto eléctrico – Posta médica*

Artefacto	Potencia (W)
Lampara LED 1210 Lumen	12
Refrigerador sanitario	200
Equipo médico	550
Cargador celular	5

Fuente: Elaboración propia

El cuadro estimado de uso de cargas en el año 0 es el siguiente (ver Tabla 20):

**Tabla 25***Demanda diaria "Posta medica" - año cero*

Hora inicio	Hora fin	Iluminación (W)	Equipo médico y auxiliar (W)	Equipo de refrigeración (W)	TOTAL Potencia (W)	TOTAL energía (Wh/día)
00:00	01:00	0	0	200	200	200
01:00	02:00	0	0	0	0	0
02:00	03:00	0	0	200	200	200
03:00	04:00	0	0	0	0	0
04:00	05:00	0	0	200	200	200
05:00	06:00	0	0	0	0	0
06:00	07:00	0	0	200	200	200
07:00	08:00	0	550	0	550	550
08:00	09:00	0	50	200	250	250
09:00	10:00	0	50	0	50	50
10:00	11:00	0	50	200	250	250
11:00	12:00	0	50	0	50	50
12:00	13:00	0	0	200	200	200
13:00	14:00	0	0	0	0	0
14:00	15:00	0	550	200	750	750
15:00	16:00	0	50	0	50	50
16:00	17:00	0	50	200	250	250
17:00	18:00	0	50	0	50	50
18:00	19:00	36	50	200	286	286
19:00	20:00	36	50	0	86	86
20:00	21:00	0	0	200	200	200
21:00	22:00	0	0	0	0	0
22:00	23:00	0	0	200	200	200
23:00	24:00	0	0	0	0	0
Máxima Demanda (W)					750	
Energía día típico (Wh)						4 022

Fuente: Elaboración propia

Demanda proyectada (año 20): La demanda eléctrica en el año 20 estará influenciada por la tasa de crecimiento poblacional; esta magnitud será la base de diseño del Sistema fotovoltaico para el caserío Tallapampa. Según el tipo de carga se aplicará el criterio que se indica:

- Uso domiciliario: Se mantiene el valor de carga unitaria asignada de 400W, pero la demanda total corresponderá al número de viviendas futuras (viviendas actuales 31; viviendas a futuro 42)
- Uso en cargas especiales: El número de cargas especiales se mantiene inalterable, sin embargo, la magnitud de cada carga se verá influenciada por el factor de crecimiento poblacional, que en este caso se obtiene al dividir el número de viviendas futuras respecto de las viviendas actuales (Factor =  $42/31 = 1,3548$ ).

- Alumbrado público

Los artefactos para alumbrado público no serán alimentados desde el Sistema fotovoltaico proyectado, sino más bien, serán luminarias tipo fotovoltaica autónoma individual dotados de su propia fotocelda de activación, a fin de evitar sobrecargar el sistema.

Para efectos de cálculo del alumbrado público, se adoptará lo establecido por MINEM DGE 031 (2003):

En resumen, el cuadro estimado de uso de cargas totales en el año 0 y proyectado en el año 20 se indica en *Tabla 26*.



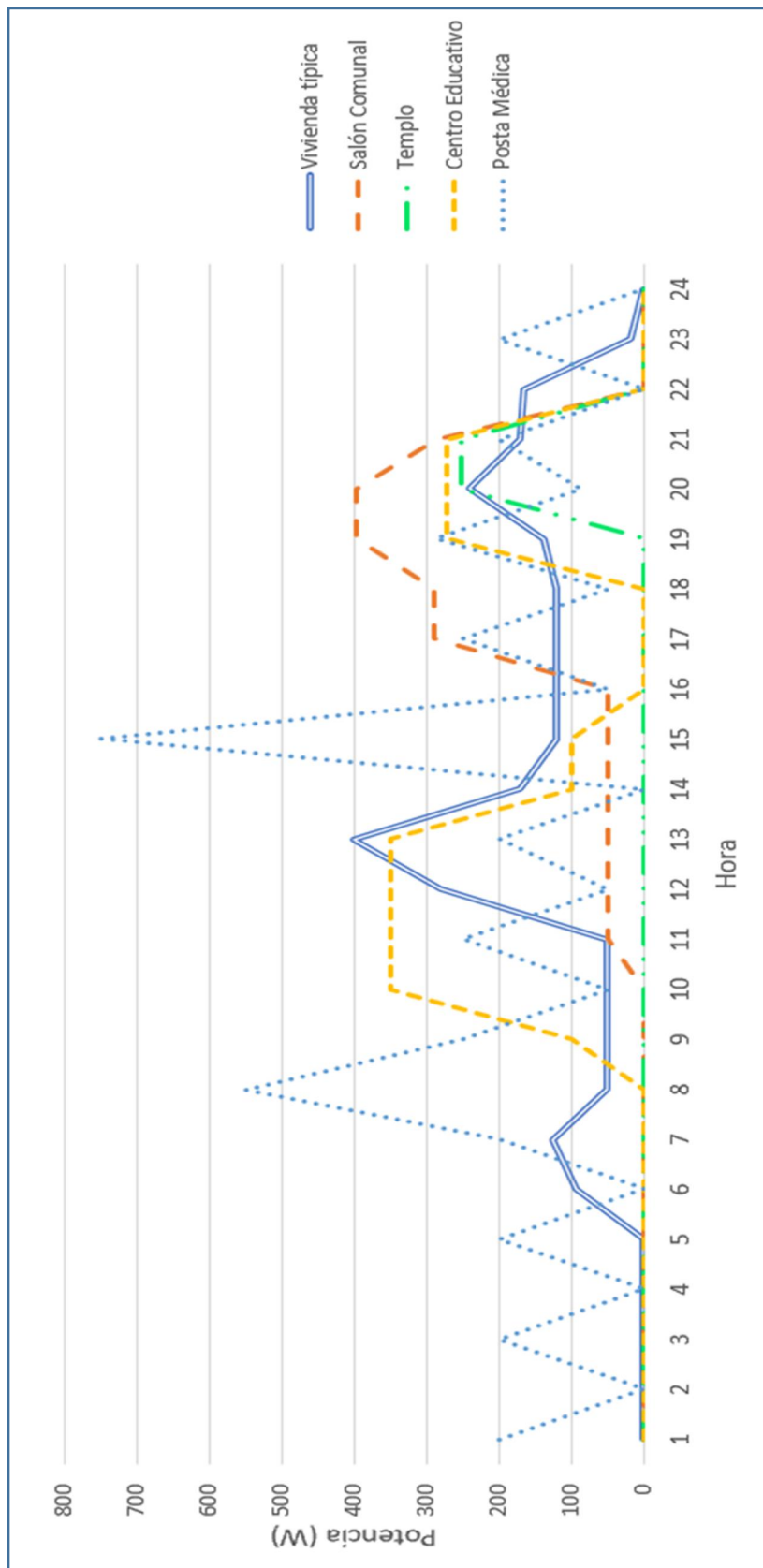
**Tabla 26***Demanda diaria total - años cero y 20*

Hora inicio	Hora fin	Potencia año cero (W)	Energía año cero (W)	Potencia año 20 (W)	Energía año 20 (W)
00:00	01:00	200	200	271	271
01:00	02:00	0	0	0	0
02:00	03:00	200	200	271	271
03:00	04:00	0	0	0	0
04:00	05:00	200	200	271	271
05:00	06:00	2883	2883	3906	3906
06:00	07:00	4075	4075	5521	5521
07:00	08:00	2100	2100	2845	2845
08:00	09:00	1900	1900	2574	2574
09:00	10:00	1950	1950	2642	2642
10:00	11:00	2200	2200	2981	2981
11:00	12:00	9130	9130	12370	12370
12:00	13:00	13000	13000	17613	17613
13:00	14:00	5420	5420	7343	7343
14:00	15:00	4620	4620	6259	6259
15:00	16:00	3820	3820	5175	5175
16:00	17:00	4260	4260	5772	5772
17:00	18:00	4060	4060	5501	5501
18:00	19:00	5232	5232	7089	7089
19:00	20:00	8446	8446	11443	11443
20:00	21:00	6280	6280	8508	8508
21:00	22:00	5115	5115	6930	6930
22:00	23:00	758	758	1027	1027
23:00	24:00	0	0	0	0
Máx. Dem. (W)		13 000		17 613	
Energía día típico (Wh)			85 849		116 312

Fuente: Elaboración propia

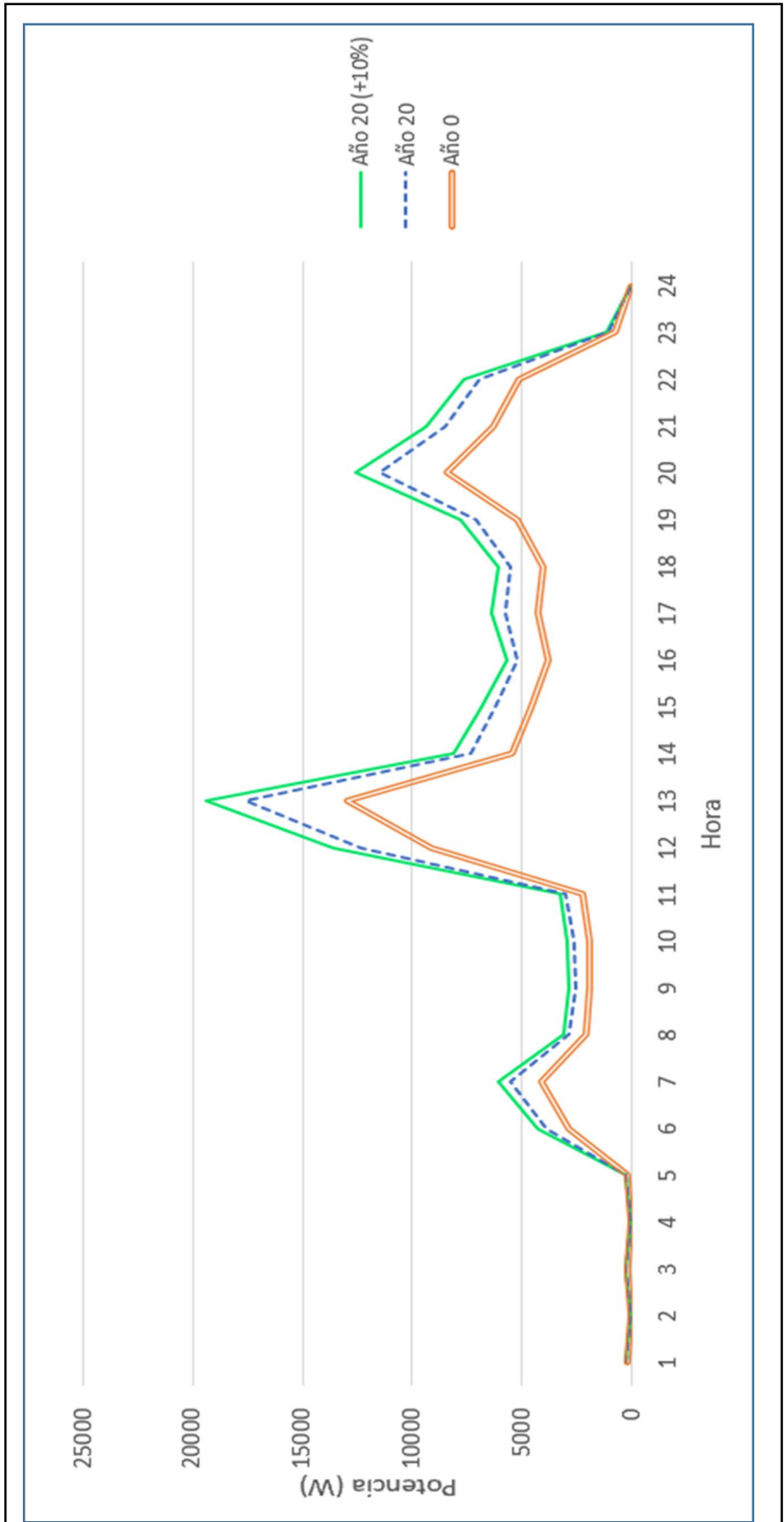
En *Figura 49* se muestra el diagrama de carga de acuerdo al uso estimado, por tipo (vivienda, salón comunal, templo de culto, centro educativo y posta medica) para el año 0 (presente).

En *Figura 50* se muestra el diagrama de carga acumulado del total de cargas para el año 0 (presente) y año 20 (futuro).



**Figura 49.** Diagrama de carga diaria por tipo (año 0)

Fuente: Elaboración propia



**Figura 50.** Diagrama de carga diaria tota (años 0 y 20)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados acumulados se encuentran indicados en *Tabla 27* (demanda eléctrica año 0) y *Tabla 28* (demanda eléctrica año 20).

**Tabla 27**

*Demanda eléctrica total en el año cero*

		Max. Demanda unitaria <sup>A</sup> (Wh/día)	Max, Demanda sub-total (Wh/día)	Energía diaria unitaria (Wh/día)	Energía Diaria sub-total (Wh/día)
Vivienda*	31	400	12400	2479	76849
Salón com.**	1	396	396	1958	1958
Templo**	1	252	252	504	504
Ctro educ.**	1	350	350	2516	2516
Posta med.**	1	750	750	4022	4022
Al. Púb.***	--	---	---	---	---
Máxima demanda instalada (W)			14148		
Máxima demanda coincidente (W)			13000		
Energía demandada diaria total (Wh/día)					85849

\*: Carga uso domiciliario sector rural tipo II

\*\* : Carga especial

\*\*\*: Alumbrado público no está incluido en el Sistema fotovoltaico proyectado. Se utilizará lámparas autónomas individuales.

<sup>A</sup>: Uso domiciliario sector rural tipo II: 400W. Cargas especiales según cálculo específico. DGE (031-2003, p.4)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28***Demanda eléctrica total en el año 20*

Tipo de carga eléctrica		Max. Demanda unitaria (Wh/día)	Max, Demanda sub-total (Wh/día)	Energía diaria unitaria (Wh/día)	Energía Diaria sub-total (Wh/día)
Vivienda*	42	400	16800	2479	104118
Salon com.**	1	537	537	2653	2653
Templo**	1	341	341	683	683
Ctro educ.**	1	474	474	3409	3409
Posta med.**	1	1016	1016	5449	5449
Al. Púb.***	---	---	---	---	---
Máxima demanda instalada (W)			19168		
Máxima demanda coincidente (W)			17613		
Energía demandada diaria total (Wh/día)					116312

\*: Carga uso domiciliario sector rural tipo II

\*\*: Carga especial, incrementada por factor de crecimiento poblacional ( $F= 42/31$ )

\*\*\*: Alumbrado público no está incluido en el Sistema fotovoltaico proyectado. Se utilizará lámparas autónomas individuales.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, respecto de la Demanda eléctrica para diseño del Sistema fotovoltaico del caserío Tallapampa, se considera pertinente adoptar un Factor de expansión en previsión del crecimiento inesperado de la demanda, que bien podría ocurrir por la migración a este caserío, de personas originarias de poblaciones cercanas visto la mejoría en la calidad de vida causado por el servicio de energía eléctrica permanente, como es este caso; e inclusive por circunstancias de despliegue turístico a esta zona, la misma que por sus condiciones paisajísticas podría ser foco de atención. Dicho Factor de expansión se estima en 10% adicional a la demanda calculada. Así mismo, los cálculos referidos a Máxima Demanda (Potencia) se efectuarán sobre la demanda instalada y no sobre la demanda coincidente, ya que se entiende que esta última (demanda coincidente) puede

variar según usos y costumbres, en tanto que la magnitud instalada es inalterable. Los resultados se indican en *Tabla 29*.

**Tabla 29**

*Demanda eléctrica total ajustada*

PARAMETRO	Potencia (W)	Energía activa (Wh/día)
Demanda calculada	19 168	116 312
Factor de expansión	1,10	1,10
Capacidad a instalar	21 085	127 943

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Potencia solar en caserío Tallapampa.

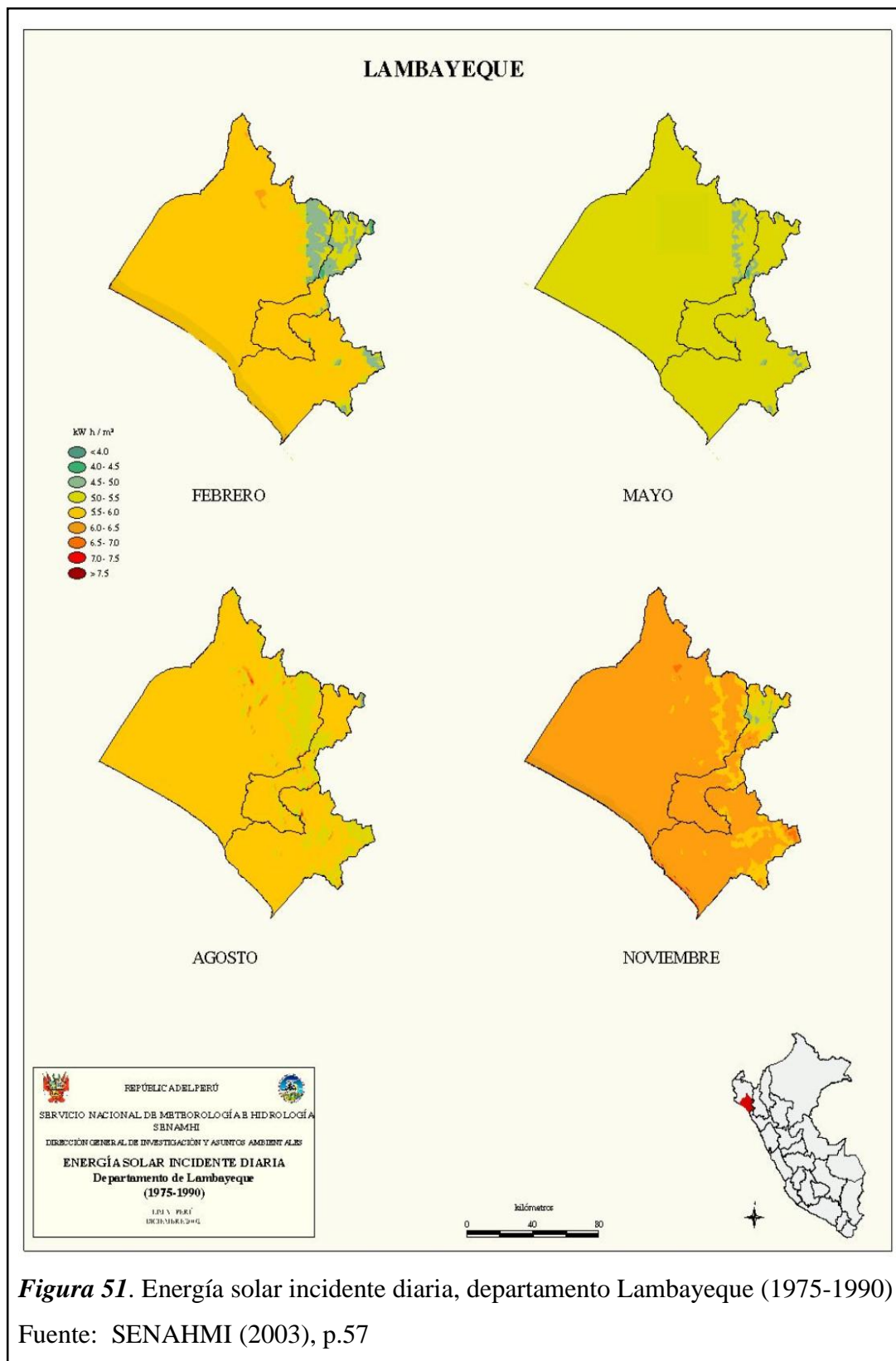
Luego de haber cuantificado la demanda eléctrica del caserío Tallapampa, es necesario determinar la disponibilidad del recurso energético solar en dicha zona, y a partir de ello elaborar el diseño del sistema fotovoltaico que pueda atender dicha demanda.

La determinación de la disponibilidad del recurso solar en la zona del caserío Tallapampa, se efectuará a partir de información elaborada por el SENAMHI y complementariamente mediante información provista por la NASA de los Estados Unidos de Norteamérica y por el software Solarius PV. Los datos requeridos para acceder a la información de potencial solar son básicamente las coordenadas de posición geodésica, que para el caserío Tallapampa son las siguientes: (664 235 m E – 9 320 852 m S6); (latitud 6° 8' 31,81" S; longitud 79° 30' 56,74" O); (latitud - 6,142170°; longitud -79,515760°)

#### SENAMHI

Los mapas que conforman el atlas solar del Perú indican el promedio diario de la irradiancia solar (radiación que llega a la superficie terrestre luego de cruzar la atmosfera) en kWh/m<sup>2</sup>. Esta información permite analizar la capacidad de sistema de generación fotovoltaica conforme al lugar de ubicación.

En *Figura 51* se observa que la energía solar incidente diaria (irradiación media diaria) presenta su menor valor en periodo mensual desde mayo hasta agosto, con magnitud 4,5 a 5,0 kWh/ m<sup>2</sup>



**Figura 51.** Energía solar incidente diaria, departamento Lambayeque (1975-1990)

Fuente: SENAEMI (2003), p.57



## NASA

La NASA desarrolla actividades de observación y modelamiento del sistema terrestre para predecir los cambios en la naturaleza y los efectos sobre la vida en el planeta. El proyecto “Predicción de los recursos energéticos mundiales” NASA-Power (2020) tiene por finalidad mejorar los datos de energía renovable actual a partir de los nuevos sistemas satelitales. La información disponible de Energía Renovable proporciona parámetros para ayudar al diseño de sistemas de energía renovable solar y eólica. Esta información puede ser obtenida directamente de su portal web NASA-Power (2020)

Con la finalidad de obtener datos para efecto comparativo respecto de la información proporcionada por SENAMHI de la radiación solar en caserío Tallapampa, se procedió a acceder a dicho portal web de NASA, con las coordenadas de ubicación geográfica del caserío Tallapampa: latitud  $-6,142170^{\circ}$ ; longitud  $-79,515760^{\circ}$ .

Los resultados de irradiación solar en el plano horizontal e inclinado con orientación al norte real, se encuentran tabulados en *Figura 52*. Aquí se observa que en el mes junio se presenta la irradiación diaria media mensual de mínimo valor  $4,43 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$  en el plano horizontal, en la ubicación.



## NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude -6.142 / Longitude -79.515 was chosen.

### Geometry Information

Elevation: 1697 meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
-6  
Center  
Latitude -6.5  
Longitude -78.5  
Western boundary -80 Eastern boundary -79  
Southern boundary  
-7

### Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface ( $\text{kWh/m}^2/\text{day}$ )

Lat -6.142 Lon -79.515	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
22 year Average	5.7	5.55	5.84	5.38	4.89	4.47	4.48	4.91	5.59	5.95	5.98	5.86	5.38

[Parameter Definition](#)

### Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface ( $\text{kWh/m}^2/\text{day}$ )

Lat -6.142 Lon -79.515	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	5.61	5.24	5.77	5.32	4.84	4.43	4.44	4.87	5.52	5.87	5.88	5.78	5.3
TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	5.77	5.29	5.69	5.09	4.51	4.08	4.12	4.62	5.39	5.89	6.03	5.98	5.2
TILTED_SURFACE_LATITUDE	5.45	5.16	5.76	5.42	5.01	4.62	4.61	4.98	5.56	5.8	5.73	5.59	5.31
TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	4.87	4.8	5.56	5.47	5.26	4.93	4.88	5.11	5.46	5.43	5.14	4.92	5.15
TILTED_SURFACE_VERTICAL	1.68	1.66	1.81	2.6	3.15	3.25	3.09	2.73	2.17	1.64	1.58	1.63	2.25
OPTIMAL	5.83	5.29	5.77	5.49	5.29	5	4.92	5.11	5.56	5.89	6.07	6.09	5.52
OPTIMAL_ANG	-18.5	-9	2.5	16.5	27.5	32	29.5	21	8	-6	-16.5	-21.5	5.5
OPTIMAL_ANG_ORI	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N
TRACKER	6.78	6.11	6.92	6.57	6.27	5.84	5.74	6.04	6.68	7.04	7.16	7.12	6.52

NOTE: Diffuse radiation, direct normal radiation and tilted surface radiation are not calculated when the clearness index ( $k_t$ ) is below 0.3 or above 0.8

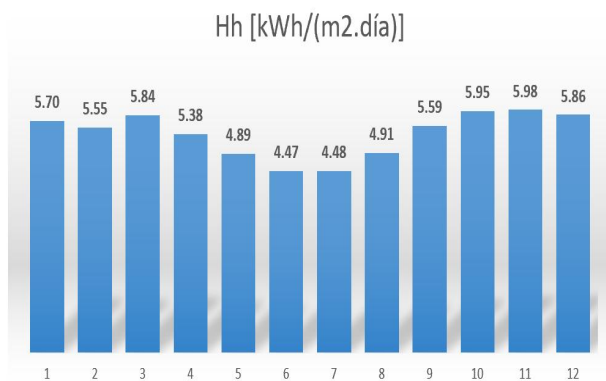
[Parameter Definition](#)

**Figura 52.** Reporte solar de sector caserío Tallapampa – NASA

Fuente: NASA-Power (2020), p.1

En *Figura 53* se encuentra graficada la variación mensual de la irradiación diaria media con los datos obtenidos del portal NASA

MES	H <sub>h</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> .día)]
JAN	5.70
FEB	5.55
MAR	5.84
APR	5.38
MAY	4.89
JUN	4.47
JUL	4.48
AUG	4.91
SEP	5.59
OCT	5.95
NOV	5.98
DEC	5.86
ANN	5.38

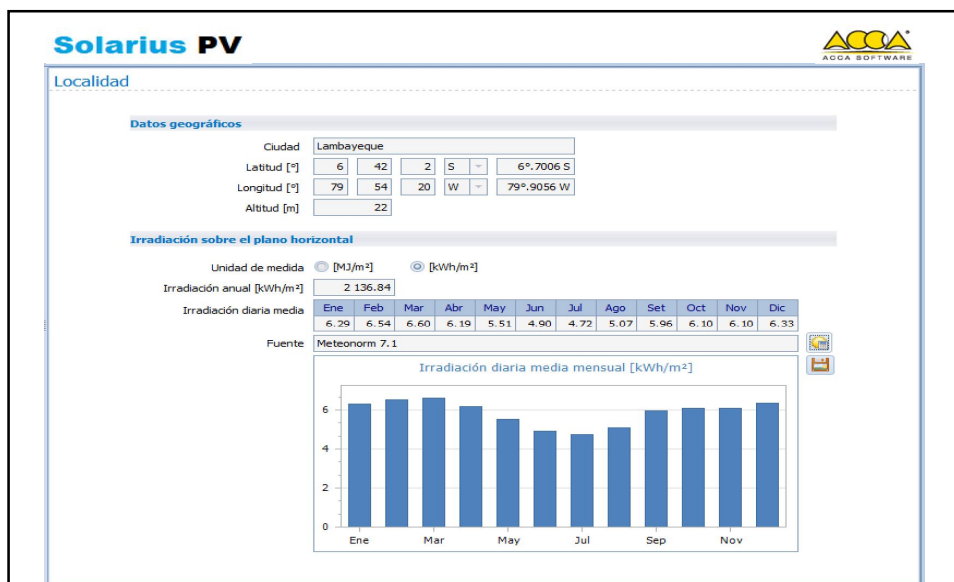


**Figura 53.** Variación mensual de la irradiación diaria media - sector Tallapampa

Fuente: Elaboración propia con datos de NASA-Power (2020), p.1

### Software SOLARIUS PV

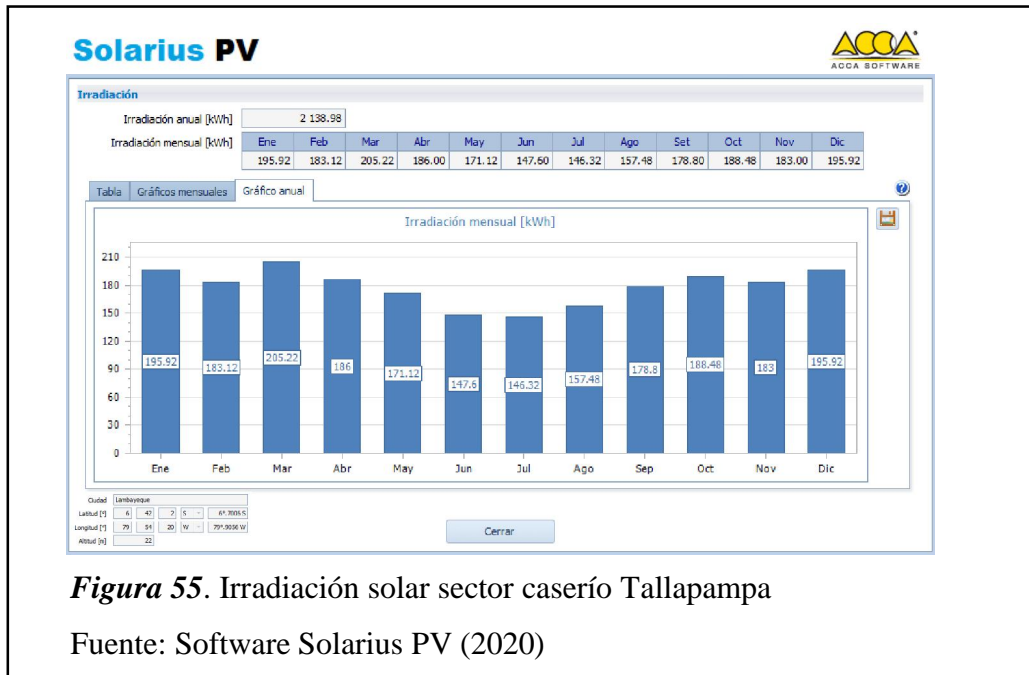
Se ha recurrido a la base de datos proporcionada por el software Solarius PV (2020) cuyos datos de irradiación solar del departamento Lambayeque se indican en *Figura 54*. Se observa que la irradiación diaria media mensual presenta su valor crítico en mes julio, con magnitud 4,72 kWh/m<sup>2</sup>/día



**Figura 54.** Irradiación diaria media mensual

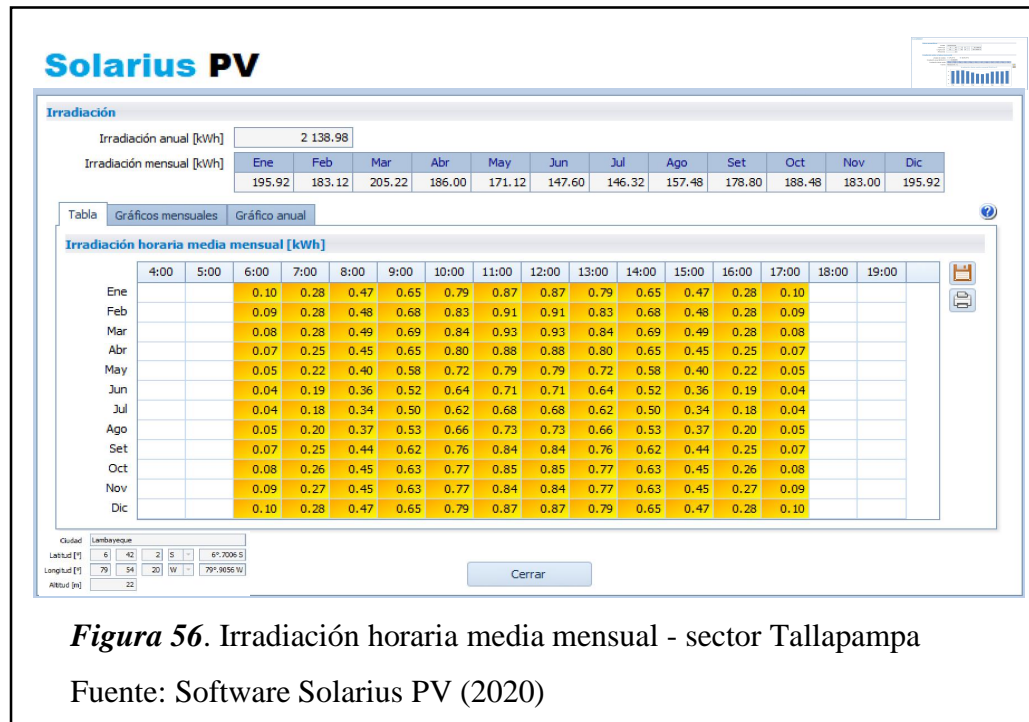
Fuente: Software Solarius PV (2020)

En *Figura 55* se observa que en dicho mes julio la energía irradiada es del orden de 146,32 kWh/m<sup>2</sup> y acumulad anual de 2 138,98 kWh/m<sup>2</sup>



**Figura 55.** Irradiación solar sector caserío Tallapampa  
Fuente: Software Solarius PV (2020)

En *Figura 56* se observa la Irradiación horaria media mensual la cual tiene sus menores valores en mes julio



**Figura 56.** Irradiación horaria media mensual - sector Tallapampa  
Fuente: Software Solarius PV (2020)

De la información analizada, se concluye que el valor crítico de potencial solar, esto es, irradiación solar media mensual para la zona del caserío Tallapampa,

referenciado con valores del departamento Lambayeque, ocurre en el periodo mensual Julio, con magnitud del orden de 4,43 kWh/m<sup>2</sup>. Este valor representa el potencial solar para diseño del sistema de generación fotovoltaica para el caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque. (Ver *Tabla 30*).

**Tabla 30**

*Irradiación media mensual sector Tallapampa, según fuente*

FUENTE DE INFORMACION	Periodo mensual	Irradiación media mensual (kWh/m <sup>2</sup> )
Datos SENAMHI	mayo a agosto	4,5 a 5,0
Datos NASA	julio	4,43
Datos Solarius PV	julio	4,72
Potencial solar adoptado para diseño	julio	4,43

Fuente: Elaboración propia con datos SENAMHI, NASA y Solarius PV

### **3.1.3. Sistema Fotovoltaico tipo “off-grid” – Tallapampa.**

El Sistema de generación fotovoltaica para el caserío Tallapampa deberá atender la demanda eléctrica de sus usuarios, proyectados al año 20 y ajustado por factor de expansión, según se ha calculado (Ver *Tabla 31*):

**Tabla 31***Parámetros para diseño SF Tallapampa*

Parámetro	Unidad	Magnitud
Irradiación media mensual, mes crítico, en caserío Tallapampa.	kWh/m <sup>2</sup>	4,43
Demanda instalada (año 20)	kW	21,09
Demanda Energia Activa (año 20)	kWh/día	127,94

Fuente: Elaboración propia

## Corrección de Demanda por Pérdidas de energía

La demanda eléctrica proyectada a futuro debe ser reajustada considerando que el sistema de generación fotovoltaico presentará pérdidas, por lo cual se aplicará la *Ecuación 3*: Demanda real del Sistema y *Ecuación 4*: Rendimiento global del Sistema indicadas con anterioridad:

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Donde,

 $E$  : Demanda real del sistema $E_T$  : Demanda teórica del sistema = 127,94 kWh/día $R$  : Rendimiento global del sistema

A su vez,

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v - k_a) \left(1 - \frac{k_a N}{P_d}\right)$$

Donde,

 $K_b$  : índice de pérdidas en Baterías = 0,05 $K_c$  : índice de pérdidas en Inversor de potencia = 0,05 $K_v$  : Índice de pérdidas varios = 0,05 $K_a$  : índice de auto descarga diaria en baterías = 0,02 $N$  : días de autonomía del sistema = 2 $P_d$  : Factor de profundidad de descarga = 0,80

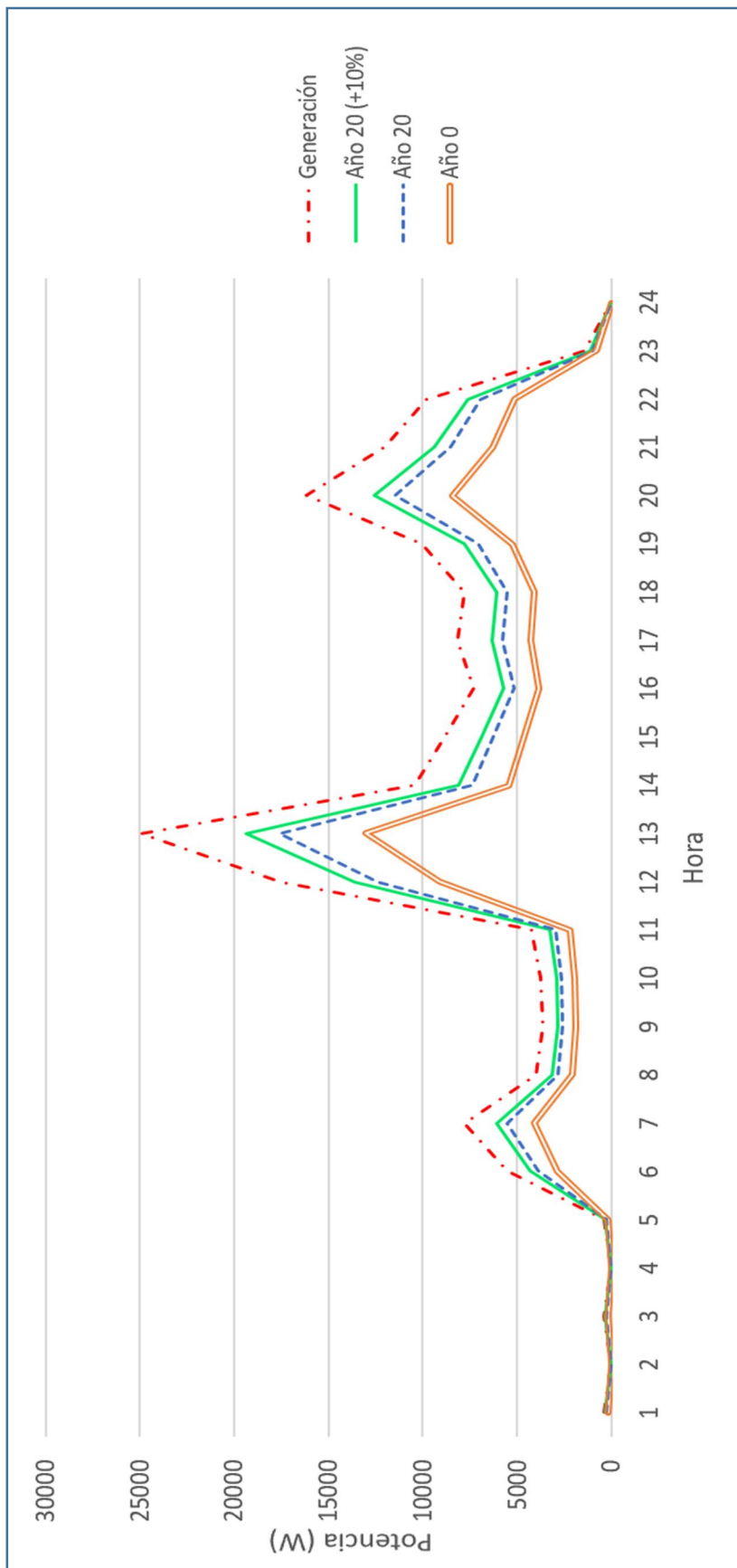
Aplicando los datos disponibles, se tiene:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,05) \times (1 - 0,02 \times 2 / 0,80) = 0,8075$$

$$E = 127,94 / 0,8075 = 158,44 \text{ kWh/día}$$

Por lo tanto, la energía real a generar es: 158,44 kWh/día

De acuerdo a ello, el diagrama general de carga sería el que se indica en *Figura 57*.



**Figura 57.** Diagrama de generación diaria (años 0 y 20)

Fuente: Elaboración propia



✓ Módulo solar

Efectuada la búsqueda de paneles solares ofertados a nivel nacional e internacional, se procedió al análisis en base a los siguientes criterios:

- Eficiencia fotovoltaica, la mayor posible (%)
- Costo por Vatio pico, el menor posible (USD/Wp)

En *Tabla 32* se muestran los resultados obtenidos de doce (12) modelos distintos de paneles fotovoltaicos, en los que se aprecia que el tipo “monocristalino” tiene costo superior al tipo de panel “policristalino”. Las eficiencias de los doce modelos de paneles se encuentran en el rango de 14,92% a 18,60%

En *Tabla 33* se muestran tres alternativas de paneles seleccionados entre los doce propuestos, cuyo coeficiente de eficiencia / costo resulta favorable respecto de los otros. Del análisis de estas tres alternativas, se opta por el panel marca CANADIAN SOLAR modelo MAX POWER CS6U-320P, a partir del cual se desarrollará el presente diseño del Sistema de generación eléctrica fotovoltaica para el caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque. Esto, sin embargo, no limita otras propuestas de mercado siempre y cuando superen las especificaciones resultantes y sean económicamente competitivos.

Canadian Solar-Panel (2020) presenta una gama de alternativas en cuanto a paneles fotovoltaicos, dentro de los cuales el modelo MaxPower/CS6U-320P cumple con los requerimientos planteados para este proyecto, por lo que se ha seleccionado.

**Tabla 32***Cuadro comparativo - Paneles solares por marca*

Panel Solar FV	Tipo	Voltaje (V)	Potencia pico (Wp)	Precio (US\$)	Eficiencia (n%)	US\$/Wp (p.u.)	(n% /p.u.)
LG MonoX NeoN 305W LG305N1C	Monocristalino	24	305	600,00	18,60%	1,97	9,4
LG MonoX NeoN 300W LG300N1C	Monocristalino	24	300	580,00	18,30%	1,93	9,5
CANADIAN SOLAR - MPower CS6U-320P	Policristalino	36	320	275,20	16,46%	0,86	19,1
ATERSA - Panel Solar315W24V	Monocristalino	24	315	454,98	16,19%	1,44	11,2
RESUN SOLAR RS6S-310P	Policristalino	24	310	281,32	16,16%	0,91	17,8
SUNIVA - 310W OPT 310-72-4- 100	Monocristalino	24	310	620,00	16,02%	2,00	8,0
KYOCERA - KD320GX	Policristalino	27	320	439,00	16,00%	1,37	11,7
ATERSA - Panel Solar 310W 24V	Monocristalino	24	310	441,18	15,94%	1,42	11,2
ATERSA - Panel Solar 305W 24V	Monocristalino	24	305	427,64	15,68%	1,40	11,2
SUNIVA - 300W OPT 300-72-4- 100	Monocristalino	24	300	600,00	15,50%	2,00	7,8
ATERSA-A 300P	Policristalino	24	300	304,75	15,41%	1,02	15,2
CANADIAN SOLAR - CS6P-240P	Policristalino	24	240	240,80	14,92%	1,00	14,9

Fuente: Elaboración propia con datos de fabricantes de las marcas

**Tabla 33***Alternativas de selección - Paneles fotovoltaicos*

ALTERNATIVAS	ALT 1	ALT 2	ALT 3
Marca	Canad. Solar	Resun Solar	Atersa
Modelo	CS6U-320P	RS6S-310P	OPT A-300P
Potencia PICO (Wp)	320	310	300
Vida útil (años)	25	25	25
Precio unitario (US\$ / und)	275,20	281,32	304,75
Costo (US\$ / Wp)	0,86	0,91	1,02
Características Eléctricas (Condiciones Estándar: Irradiancia 1,000 W/m <sup>2</sup> , AM 1.5, Temperatura de celda 25 °C)			
Máxima Potencia (STC, Pmax) - (Wp)	320	310	300
Voltaje a máxima potencia (V)	36,80	36,40	36,53
Corriente a máxima potencia (A)	8,69	8,52	8,57
Voltaje de Circuito abierto (Voc) -(V)	45,30	44,90	45,18
Corriente de Cortocircuito (Isc) - (A)	9,26	9,08	9,01
Eficiencia del módulo	16,46%	16,16%	15,41%
Rango de Temperatura (°C)	-40 / +85	-40 / +85	-40 / +85
Tolerancia de Potencia	0% / 5%	0% / 5%	0% / 5%
Coefficiente de temperatura de Isc	0,053	0,045	0,060
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,310	-0,340	-0,340
Coefficiente de temperatura de Pmax (V)	-0,410	-0,470	-0,440
NOCT A va (+/-2°C)	45,00	45,00	46,00
Características Mecánicas			
Dimensiones (mm)	1960	1954	1955
Area del módulo (m <sup>2</sup> )	1,94	1,94	1,95
W/m <sup>2</sup>	164,58	159,93	154,22
Tipo de Celda	Policristalino	Policristalino	Policristalino
Número de celdas (und)	72	72	72
	6x12	7x12	6x12
Peso (kg)	22,40	22,00	23,50

Fuente: Elaboración propia con datos de fabricantes de las marcas

- Ø Cálculo de horas solares pico: Tal como se indicó en capítulo anterior del presente estudio, este valor puede ser calculado mediante la *Ecuación 5*: Horas solares pico indicada con anterioridad:

$$HSP = \frac{G}{I_{CEM}}$$

Donde,

HSP : Horas solares pico

G : Irradiación solar media diaria = 4,43 kWh/m<sup>2</sup>

Icem : Irradiancia nivel estándar STC 1 000W/m<sup>2</sup>

Aplicando datos: HSP = 4,43 x 1 000/1 000 = 4,43

Entonces, HSP = 4,43 horas

- Ø Número mínimo de paneles fotovoltaicos (FV): Para generar la energía demandada, se requerirá como mínimo la cantidad de paneles FV que puede ser calculado mediante la *Ecuación 6*: Total paneles solares indicada con anterioridad:

$$N_T = \frac{E}{P_p \times HSP \times n_m}$$

Donde,

N<sub>T</sub>: Número total mínimo de paneles FV que se debe instalar

E : Demanda real diaria = 158,44 x 1 000 Wh/día

HSP : horas solares pico = 4,43 h

n<sub>m</sub> : rendimiento del módulo = 70%

P<sub>p</sub> : Potencia pico del módulo = 320 Wp

Aplicando datos:

N<sub>t</sub> = 158,44 x 1 000 / (320 x 4,43 x 0,70) = 159,67

Se requiere entonces, como mínimo, 160 paneles solares FV, que permitirán generar la energía demandada. Esta cantidad, sin embargo,

deberá ser reajustada al momento de seleccionar los equipos Controladores de carga.

- Ø Número de paneles fotovoltaicos (FV) conexión serie. Los paneles solares deberán ser interconectados en forma serial a fin de obtener el voltaje de operación del banco de baterías. Téngase en cuenta que los niveles de tensión más altos operan con corriente de menor magnitud, lo cual es favorable respecto del factor de pérdidas de energía. La cantidad de paneles a conectar en serie puede ser calculada mediante la *Ecuación 7*: Paneles conectados en serie indicada con anterioridad:

$$N_{s\ mf} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

Donde,

$N_{s\ mf}$  : Número de paneles FV a ser conectados en serie

$V_T$  : Tensión de operación del sistema generador = 48V

$V_{mf}$  : Tensión nominal de cada panel fotovoltaico = 24V

Aplicando datos:

$$N_{s\ mf} = 48 / 24 = 2$$

Entonces,  $N_{s\ mf} = 2$  paneles FV conectados en serie por rama.

- Ø La cantidad de paneles a conectar en paralelo puede ser calculada mediante la *Ecuación 8*: Paneles conectados en paralelo indicada con anterioridad:

$$N_{p\ mf} = \frac{N_{mf}}{N_{s\ mf}}$$

Donde,

$N_{p\ mf}$  : Número de paneles FV a ser conectados en paralelo

$N_{mf}$  : Número total de paneles FV

$N_{s\ mf}$  : Número de paneles FV a ser conectados en serie

Aplicando datos:  $N_p \text{ mf} = 160 / 2 = 80$

Entonces,  $N_p \text{ mf} = 80$  paneles FV conectados en paralelo.

∅ La Inclinación de los paneles fotovoltaicos puede ser calculada mediante la *Ecuación 9*: Angulo de inclinación de módulos solares indicada con anterioridad:

$$\beta_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69 \times |\phi|$$

Donde,

$\beta_{\text{opt}}$  : ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\phi|$  : latitud del lugar =  $|-6,14^\circ|$

Aplicando datos:  $\beta_{\text{opt}} = 3,7 + 0,69 \times |-6,14| = 7,94^\circ$

Conforme lo establece MINEM DGE 003 (2007), la pendiente angular óptima de los módulos solares será:

$$\beta_{\text{opt}} = 5,0^\circ + 6,14^\circ = 11,14^\circ$$

Por consideraciones prácticas, el ángulo de inclinación será

$$\beta_{\text{opt}} = 15,0^\circ \text{ respecto del plano horizontal}$$

∨ Banco baterías

La capacidad total del banco de baterías puede ser calculada mediante la *Ecuación*

*10*: Capacidad total banco de baterías indicada con anterioridad:

$$C_{\text{sist}} = \frac{E \times N}{V_{\text{cc}} \times P_d}$$

Donde,

$C_{\text{sist}}$  : Capacidad del banco de baterías (Ah)

$E$  : Demanda real de energía (al año 20, incluido perdidas técnicas) =  
158,44 x 1 000 Wh/día

$N$  : Autonomía = 2 días

$P_d$  : Profundidad descarga 80%

Vcc : Voltaje del sistema 48Vcc

Aplicando datos:  $C_{sist} = (158,44 \times 1\,000 \times 2) / (48 \times 0,8) = 8\,252,1 \text{ Ah}$

Entonces,  $C_{sist} = 8\,252,1 \text{ Ah}$

La cantidad de baterías acopladas eléctricamente en serie puede ser calculada mediante la *Ecuación 11*: Baterías acopladas en serie indicada con anterioridad:

$$N_{S\,bat.} = \frac{V_T}{V_{bat.}}$$

Donde,

Ns bat : Cantidad de baterías, conexión serial

VT : Voltaje de operación = 48Vcc

Vbat : Voltaje de baterías = 6Vcc

Aplicando datos:  $N_{s\,bat} = 48 / 6 = 8$

Entonces,  $N_{s\,bat} = 8$  baterías acopladas en serie por ramal

La cantidad de baterías conectadas eléctricamente en paralelo puede ser calculada mediante la *Ecuación 12*: Baterías acopladas en paralelo indicada con anterioridad:

$$N_{P\,bat.} = \frac{C_T}{C_{bat}}$$

Donde,

Np bat : Cantidad de ramales paralelos

CT : Capacidad conjunto de baterías = 8 252,1 Ah

Cbat : Capacidad cada batería = 929 Ah

Aplicando datos:  $N_{p\,bat} = 8\,252,1 / 929 = 8,88 = 9$

Entonces,  $N_{p\,bat} = 9$  ramales en paralelo

Finalmente, el número total de baterías corresponderá con el total de baterías en serie y paralelo, puede ser calculada mediante la *Ecuación 13*: Número total de baterías indicada con anterioridad:

$$N_t = N_s \times N_p = 8 \times 9 = 72 \text{ baterías}$$

En *Tabla 34* se indica la oferta técnica de baterías, ofertadas por Rolls Battery Engineering (2020), en la cual se puede apreciar las diversas alternativas unitarias. Se considera que la selección de baterías tipo 6V – 929 Ah es la más conveniente, por: peso, ciclos de descarga, dimensiones.

**Tabla 34**

*Características técnicas para selección de baterías*

Tensión nominal (Vcc)	Capac. (A-h)	Peso (kg)	Ciclos al 70% de descarga (u)	Ciclos al 80% de descarga (u)	Conex. Serie (u)	Ramales Paralelo (u)	Cant. Total baterías (u)	
2	5 054	259	3 250	2 800	24	1,6	2	48
2	2 527	129	3 250	2 800	24	3,3	4	96
2	2 190	112	3 250	2 800	24	3,8	4	120
2	1 955	101	3 250	2 800	24	4,2	5	144
4	1 518	154	3 250	2 800	12	5,4	6	72
4	1 404	143	3 250	2 800	12	5,9	6	72
4	1 148	121	3 250	2 800	12	7,2	8	96
4	568	58	3 250	2 800	12	14,5	15	180
6	929	155	3 250	2 800	8	8,9	9	72
6	853	144	3 250	2 800	8	9,7	10	80
6	710	123	3 250	2 800	8	11,6	12	96
6	568	100	3 250	2 800	8	14,5	15	120
12	371	123	3 250	2 800	4	22,2	23	92
12	210	52	1 050	950	4	39,3	40	160
12	155	38	1 050	950	4	53,2	54	216

Fuente: Elaboración propia con datos de Rolls Battery Engineering (2020)



## ✓ Regulador de carga

El regulador de carga tiene por finalidad recibir la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos y entregarla en forma controlada al banco de baterías. Por lo tanto, la corriente máxima que ingrese al regulador será la correspondiente a la corriente máxima generada en los paneles fotovoltaicos, esto es, la corriente de corto circuito en caso extremo. Los reguladores de carga son equipos electrónicos de alta sensibilidad por lo que es prudente adoptar un factor de seguridad equivalente al 25% adicional a la corriente de cortocircuito del módulo FV. Una característica particular de los equipos Reguladores de carga es que, en caso la corriente de entrada al regulador supere su capacidad máxima de corriente, entonces se podrá conectar un regulador por cada ramal o conjunto de ramales que lo soporte, alimentando cada grupo a un regulador distinto, luego de ello, se conectarán todas las salidas de los reguladores resultantes al mismo acumulador o banco de baterías. En nuestro caso, se tiene los siguientes datos:

- Cantidad de paneles en conexión paralela: 80 ramales, cada uno de los cuales contiene 2 paneles en serie.
- Corriente de corto circuito de cada panel: 9,26 A

De la oferta existente en el mercado, por su difusión y garantía, se ha seleccionado el Regulador Victron Energy-MPPT (2020) MPPT150/100VE cuyas especificaciones básicas se indican (ver *Tabla 35*):

- Corriente de carga nominal : 100A
- Potencia FV nominal a 48V : 5 800W
- Tensión de la batería : 48V
- Tensión máxima del circuito abierto FV : 150V
- Corriente de cortocircuito máxima FV : 70A

**Tabla 35:***Características técnicas para selección de Reguladores de carga*

Controlador de carga	MPPT 150/45	MPPT	MPPT 150/70	MPPT
Tensión - batería	Selección automática 12/24/36/48 V			
Corriente nominal	45A	60A	70A	100A
Potencia FV nom. - 12V	650W	860W	1 000W	1 450W
Potencia FV nom. - 24V	1 300W	1 720W	2 000W	4 350W
Potencia FV nom. - 48V	2 600W	3 440W	4 000W	5 800W
Comente cortocircuito máx.	50A	50A	50A	70A
Tensión máx. circuito abierto	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	98%			
Autoconsumo	10 mA		30 mA	
Protección	Polaridad inversa de la batería			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C			
Humedad	95%, sin condensación			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado) 150/100: máximo 25 unidades			

Fuente: Victron Energy-MPPT (2020), p.2

El modelo seleccionado MPPT150/100 tiene capacidad de entrada máxima proveniente de los paneles FV en corto circuito de 70 Amperios. Esto significa que un Regulador podrá estar conectado como máximo a 6 paneles FV configurados en forma paralela. Considerando ello, el mejor arreglo entre módulos FV y Reguladores de carga es el siguiente:

Catorce (14) Reguladores de carga, cada uno de los cuales será alimentado por un módulo solar, el cual a su vez estará conformado por 12 paneles FV conectados en serie de dos y paralelo de seis. Esto nos lleva a recalcular el número real de paneles FV, el cual queda de la siguiente manera:

14 módulos conformados por 12 paneles FV cada uno, esto es:

- Numero de paneles FV:  $14 \times 12 = 168$  paneles FV

Este número supera a la cantidad pre calculada de 160 paneles, por lo tanto, la generación de energía demandada está asegurada.

La corriente de salida máxima de cada Regulador puede ser calculada mediante la *Ecuación 15*: Corriente de salida del Regulador de carga indicada con anterioridad:

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{BAT}}$$

Donde,

PDC : Potencia entregada en corriente continua = 0

PAC : Potencia entregada en corriente alterna = 5 800W

Ninv : Eficiencia del Inversor = 98%

VBAT : Tensión de operación CC (baterías) = 48V

Aplicando datos:  $I_{salida} = (0 + 5\,800 / 0,98) / 48 = 123,3$  A

La corriente máxima que podrían entregar el total de Reguladores (14) al banco de baterías será:  $14 \times 123,3$  A = 1 726,2 A, lo cual representa la capacidad máxima de los dispositivos Reguladores, que deja al sistema en posibilidades de ser ampliado a futuro.

Calculo por voltaje:

La tensión máxima de diseño del Regulador no deberá ser superada por la tensión del módulo generador, esto es, la tensión final de los paneles conectados en serie. A dicho valor de tensión del módulo generador se debe aplicar el factor de seguridad del 25% adicional. puede ser calculada mediante la *Ecuación 17*: Máxima Tensión de entrada al Regulador de carga indicada con anterioridad:

$$V_{m\acute{a}x-Regulador} = 1.25 \times V_{CAxPSerie}$$

Donde,

$V_{m\acute{a}x-Regulador}$  : Tensión máxima en el Regulador = 145V

VCA : Tensión en circuito abierto del panel = 45,3 V  
Pserie : Numero de paneles en serie

Aplicando datos, la tensión máxima que entregaran los módulos fotovoltaicos en circuito abierto será de:  $2 \times 45,3 = 90,6$  V, que resulta inferior a la tensión soportada por cada Regulador, lo cual es conforme.

#### ✓ Inversor de potencia

El Inversor de potencia tiene por finalidad entregar la energía demandada por los usuarios del servicio eléctrico, para lo cual recurre al banco de baterías como fuente de almacenamiento energético. En nuestro caso, tenemos los siguientes datos:

- Energía 127,94kWh/día y Máxima demandada 21,09kW de los usuarios proyectados del servicio, los mismos que están conformados por 42 suministros domiciliarios y 4 cargas especiales, que incluye proyección al año 20 más 10% de factor de expansión eléctrica.

De manera similar a la selección de los dispositivos Controladores de carga, según la oferta existente en el mercado, por su difusión y garantía, se ha seleccionado el Inversor de potencia Victron Energy-RS (2020) RSsmart48/6000, cuyas especificaciones básicas se indican (ver *Tabla 36*):

- Rango de tensión de entrada CC: 68 – 64V
- Potencia continua de salida a 40°C: 4 500W
- Tensión de salida: 230Vca +/-2%
- Eficiencia máxima a carga plena (5kW): 94%

**Tabla 36:***Características técnicas para selección de Inversores de potencia*

Inversor RS Smart solar	
Rango de tensión de entrada CC	38 – 64V
Potencia continua de salida a 25°C	Aumenta linealmente desde 4 800W a 46Vcc hasta 5300W a 52Vcc
Potencia continua de salida a 40°C / 65°C	4 500W / 3 000W
Energía pico	9kW durante 3 segundos
Corriente de salida de cortocircuito	50 A
Eficacia máxima	96,5% con una carga de 1kW
Consumo en vacío	20W
<b>SOLAR</b>	
Tensión CC máxima / nominal	450V / 300V
Tensión de arranque	120V
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450V
Corriente de entrada CC máxima	20 A
Potencia de carga CC máxima	4 000W
Nivel de activación de fugas a tierra	30mA
<b>CARGADOR</b>	
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)	57,6V
Tensión de carga de 'flotación' (V CC)	55,2V
Corriente máxima de carga	100 A
Sensor de temperatura de la batería	Si
<b>GENERAL</b>	
Relé programable	Si
Puertos de comunicación de datos	Puerto VE.Direct y puerto VE.Can
Puerto de entrada análogo/digital uso general	Si, 2 puertos
On/Off remoto	Si
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +55°C ( con ventilador)
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%

Fuente: Victron Energy-RS (2020), p.2

De acuerdo con la distribución física de los predios en el caserío Tallapampa, se a considerado adecuado efectuar la distribución eléctrica a los suministros domiciliarios proyectados (42) y cargas especiales (4) mediante cuatro (4) circuitos eléctricos y dos (2) derivados, cuyas demandas se indican en *Tabla 37*:

**Tabla 37**

*Configuración de circuitos de distribución eléctrica*

Suministro	(W)	(W)	Red eléctrica	Servicio	Inversor (u)	Inversor (W)
CIRCUITO A:		3234	2x35/P25	220Vac monof	Uno	4500 W
7 viviendas	3234					
CIRCUITO B:		3234	2x35/P25	220Vac monof	Uno	4500 W
7 viviendas	3234					
CIRCUITO C:		8262	3x25/P25	220Vac monof	Dos	9000 W
14 viviendas	6468					
Salón comunal	620					
Posta medica	1174					
CIRCUITO D:		7410	3x25/P25	220Vac monof	Dos	9000 W
14 viviendas	6468					
C. educativo	548					
Templo	394					

Fuente: Elaboración propia

Con la información disponible, se ha seleccionado un (1) Inversor de potencia para cada circuito A y B que deja una reserva remanente del orden de 39% en cada circuito, dos (2) Inversores de potencia para cada uno de los circuitos C y D que similarmente dejan reserva remanente del orden de 9% y 22% respectivamente.

#### ✓ Conductores eléctricos

Los cálculos siguientes tiene por finalidad determinar el calibre de los conductores eléctricos para interconexión entre los diferentes dispositivos que conforman el sistema de generación eléctrica fotovoltaico. Dichos cálculos se basan en los dos criterios:

Capacidad de corriente:

CELSA (2020) ha publicado la tabla de capacidades de corriente de cables tipo NYY según su sección transversal nominal, para tres opciones de tendido: aire libre, directamente enterrado y en ducto, el cual se muestra en Tabla 38:

**Tabla 38**

*Características técnicas para selección de conductores eléctricos*

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	AIRE (A)			DIRECTAMENTE ENTERRADO			DUCTO (A)		
	3 cables unipolar plano	3 cables unip. triang.	1 cable trip.	3 cables unip. plano	3 cables unip. Triang.	1 cable trip.	1 cable unip. ducto	3 cables unip. ducto	1 cable trip.
1,5	24	19,	17	32	26	22	26	21	17
2,5	32	26	24	42	34	32	34	27	25
4	43	35	32	55	45	41	44	36	32
6	54	46	41	68	58	52	54	46	41
10	74	63	57	92	78	71	74	62	56
16	98	85	76	111	101	91	94	81	71
25	130	112	10	15	127	11	120	102	92
35	161	138	12	18	152	14	144	122	11
50	196	168	15	18	178	17	145	142	13
70	250	213	19	26	217	21	208	174	16
95	306	258	23	30	252	24	246	202	19
120	356	299	26	34	287	27	280	230	22
150	408	344	30	39	320	31	317	256	24
185	470	392	35	43	357	34	350	286	27
240	562	461	41	50	406	39	405	325	30
300	646	523	46	56	450	42	455	360	33
400	778	626	53	66	526	48	543	421	38
500	895	713	—	74	578	—	610	462	—

Tipo de cable: NYY 0,6/1kV

Temperatura ambiente 30°C al aire libre; 25°C directamente enterrado o en ducto

Fuente: CELSA (2020), p.87

Para efectos de cálculo, el presente análisis considera conservadoramente el modelo de menor rendimiento, esto es, cable tendido en ducto – un cable tripolar.

Los resultados obtenidos se muestran en Tabla 39:

**Tabla 39**

*Selección de conductores eléctricos para interconexión de dispositivos*

Equipo entrega	Equipo recibe	Potencia (Wp)	Tensión (Vcc)	Corriente (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Corriente admisible (A)
	Controlador de					
Panel fv	carga	320	48	9,26	1,5	17
		6 x 320	48	55,56	10	56
Controlador de carga	Banco de baterías	4 800	48	100,00	35	110
Banco de baterías	Inversor de potencia	4 500	48	93,75	35	110

Fuente: Elaboración propia con datos de CELSA (2020)

Caída de tensión permisible

La caída de tensión en un circuito eléctrico puede ser cuantificada mediante la *Ecuación 20*: Caída de tensión en conductores eléctricos indicada con anterioridad:

$$S_{CABLE} = \frac{2x Lx I}{56 x \Delta V}$$

Donde,

Scable : Sección transversal del conductor eléctrico (mm<sup>2</sup>)

L : Longitud del conductor eléctrico (m)

I : Corriente eléctrica del circuito (A)

ΔV : Caída de tensión del circuito (V)

Los resultados se encuentran indicados en *Tabla 40*:



**Tabla 40***Caída de tensión en conductores eléctricos entre dispositivos*

Tramo entrega	Tramo recibe	Pot. (W)	Tensión (Vcc)	Corriente (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Longitud * (m)	Caída de tensión (V)
Panel FV	Control carga	320	48	9,26	1,5	2	(0,44) 0.92%
		6x320	48	55,6	120	25	(0,41) 0.86%
Control carga	Banco baterías	4800	48	100	50	6	(0,43) 0.89%
Banco baterías	Inversor potencia	4500	48	93,8	50	6	(0,40) 0.84%

(\*) Las longitudes indicadas son estimadas y corresponden al mayor distanciamiento que pudiera presentarse entre los dispositivos

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que la incidencia de la caída de tensión es determinante en la elección de los cables de energía por lo que se utilizara tipo NYY 0,6/1kV con los calibres indicados en la anterior *Tabla 24*.

#### ✓ Protección eléctrica

##### Protección contra sobre intensidad de corriente

Para evitar daños eléctricos en las instalaciones causados por sobrecarga o corto circuito, se utilizarán elementos fusibles, cuyo rango de actuación estará definido mediante la *Ecuación 21*: Capacidad de elementos fusible indicada con anterioridad:

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

Donde,

**$I_n$**  : Capacidad del elemento fusible (A)

**$I_b$**  : Corriente de línea (A)

**$I_{adm}$**  : Corriente máxima admisible del conductor eléctrico (A)

En *Tabla 41* se indican los calibres de conductores eléctricos seleccionados para interconexión de los dispositivos del sistema de generación, por lo que la

selección de elementos fusible para protección de dichos conductores se efectúa según la expresión matemática indicada.


**Tabla 41**

*Selección de elementos fusible entre dispositivos*

Tramo entrega	Tramo recibe	Corriente límite de trabajo (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Corriente admisible (A)	90% Iadm (A)	Elemento fusible (A)
Controlador						
Panel FV	de carga	55,6	120	220	198,0	160
Controlador carga	Banco de baterías	100,0	50	142	127,8	125
Banco baterías	Inversor potencia	93,75	50	142	127,8	125

Fuente: Elaboración propia

Los elementos fusibles seleccionados (160 A y 125 A) se puede obtener con los productos ofertados por DF Electric (2020) gPVNH para aplicación específica en sistemas fotovoltaicos. (ver *Figura 58*).



# PHOTOVOLTAIC


FUSE-LINKS & FUSE HOLDERS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS













**NH gPV**  
NH 1000V DC  
fuse links


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

They provide protection against overloads as well as short-circuits (gPV class according to IEC 60269 and UL348-19 Standards, with a minimum fusing current of 1,25 In. Made with ceramic body, with high withstand to internal pressure and thermal shock. Contacts are made in silver plated copper or brass and melting elements are made in pure silver in order to avoid the aging and thus keep unalterable the electric characteristics.

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



	In (A)	REFERENCE	PACKING Un./BOX
 1000V DC BREAKING CAPACITY 30kA STANDARDS 	25	373210 	1/30
	32	373215 	1/30
	40	373225 	1/30
	50	373230 	1/30
	63	373235 	1/30
	80	373240 	1/30
	100	373245 	1/30
	125	373250 	1/30
	160	373255 	1/30
	200	373260 	1/30



**Figura 58. Características de elementos fusible**

Fuente: DF ELECTRIC (2020), p.6

## Sistema de puesta a tierra

Las Puestas a tierra deberán cumplir lo establecido por MINEM DGE 031 (2003) cuyos valores máximos de resistencia óhmica en sistemas de 380-220 voltios debe ser 6 ohm, y en sistemas 440-220 voltios de 10 ohm. La sección mínima establecida para el conductor principal de aterramiento debe ser 16mm<sup>2</sup>

### ✓ Alumbrado publico

El servicio de alumbrado público se efectuará mediante lámparas fotovoltaicas autónomas individuales, dotadas de sus propios controladores tipo fotocelda. Esto es favorable en términos económicos por el menor dimensionamiento del sistema, además que se reducen los costos de mantenimiento por disminuir la carga en el banco de baterías (alto costo de reposición). Así mismo, será menor el costo de las redes de distribución secundaria al evitarse la instalación de circuitos específicos. El número de puntos de iluminación está establecido en Norma técnica MINEM DGE 031 (2003):

- Demanda por concepto de A.P. se calculará mediante la *Ecuación 1*:  
Demanda de energía por A.P. indicada con anterioridad:

$$CMAP = KALP \times NU$$

Donde,

CMAP : Demanda mensual A.P: (kWh)

KALP : del sector típico 4 = 3,3

UN : Número de Usuarios de la localidad = 42 (año 20)

Aplicando datos:  $CMAP = 3,3 \times 42 = 138,6$

Entonces,  $CMAP = 138,6 \text{ kWh/mes}$

- El número de luminarias A.P. para sistemas rurales se calculará mediante la *Ecuación 2*: Puntos de iluminación indicada con anterioridad:

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{(NHMAP \times PPL)}$$

Donde,

PI : Luminarias A.P.

CMAP : Demanda mensual A.P. = 138,6kWh

NHMAP : Tiempo mensual A.P. = 11 x 30 h/mes

PPL : Potencia unitaria de luminarias A.P. = 50W

Aplicando datos:  $PI = 138,6 \times 1\,000 / (11 \times 30 \times 50) = 8,4$

Entonces,  $PI = 9$  puntos de iluminación

Los dispositivos fotovoltaicos autónomos para Alumbrado Público se encuentran bastante difundidos, por lo que dentro de la oferta del mercado nacional se plantea como referencia Green Energy (2020) para su utilización en el presente proyecto. Esto, sin embargo, no deja de lado alternativas que superen las características técnicas y condiciones de competitividad económica.

### 3.1.4. Red de distribución secundaria y conexiones – Tallapampa.

Las redes de distribución previstas en el presente proyecto permitirán el suministro de energía eléctrica a los futuros usuarios del caserío Tallapampa, en nivel de tensión 220V-60Hz monofásico, las mismas que estarán diseñadas desde la salida del sistema de generación eléctrica fotovoltaica hasta el punto de empalme de las acometidas domiciliarias y de cargas especiales. En este diseño no se contempla el suministro para el servicio de alumbrado público, el mismo que será efectuado mediante artefactos de iluminación fotovoltaicos autónomos individuales de accionamiento automático.

Los cálculos siguientes se fundamentan en lo establecido por MINEM DGE 031 (2003) para el diseño de redes de distribución secundaria en 220V.

Ø Cálculos eléctricos

#### § Selección del conductor eléctrico por caída de tensión

La fórmula para calcular la sección transversal del conductor eléctrico en redes aéreas es la siguiente:

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3}$$

Donde:

**I** : Corriente eléctrica que recorre el circuito, en A

**L** : Longitud del tramo, en m

**K** : Factor de caída de tensión

*Ecuación 25: Caída de tensión en cables autoportados de red secundaria de distribución*

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.5

Los valores del factor K se pueden obtener de las siguientes *Tabla 42 y 43*:

**Tabla 42***Factores de caída de tensión y otros para cables auto soportados - A*

Formación	Resistencia del conductor de fase (O/km)		Resistencia del conductor de A.P.		Resistencia del conductor neutro (O/km)		Reactancia inductiva (O/km)	
	20°C	40°C	20°C	40°C	20°C	40°C	XL (30)	XL (10)
	3x35+16/5	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110
3x35/25	0,868	0,929			1,38	1,478	0,091	
3x25/25	1,200	1,285			1,38	1,478	0,095	
3x16/25	1,910	2,045			1,38	1,478	0,103	
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096
1x16/25	1,910	2,045			1,38	1,478		0,094

Fuente: MINEM DGE 031 (2003)

**Tabla 43***Factores de caída de tensión y otros para cables auto soportados - B*

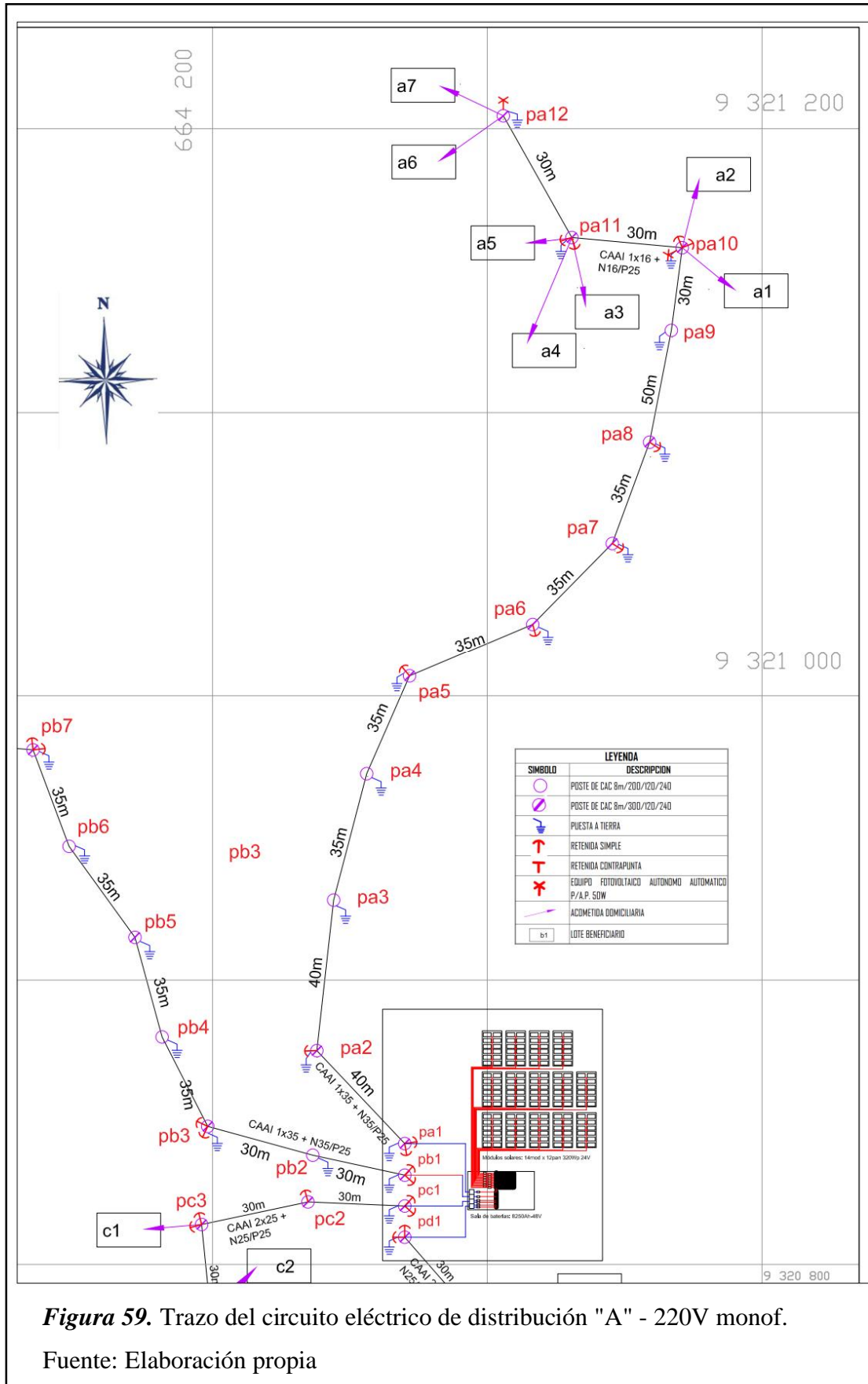
Formación	Factor de caída de tensión			Capacidad de corriente a 40°C	
	(380-220 V)	(440-220 V)	(220 VAP)	Fase	AP.
3x35+16/5	1,607		3,272	102	64
3x25+16/25	2,223		3,272	83	64
3x16+16/25	3,538		3,272	64	64
3x35/25	1,607			102	
3x25/25	2,223			83	
3x16/25	3,538			64	
2x35+16/25		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25		3,770	3,272	83	64
2x16+16/25	3,538	3,765	3,272	64	64
1x16/25			3,272	04	

Fuente: MINEM DGE 031 (2003)

Respecto a ello se tendrán las siguientes condiciones:

- La caída de tensión entre el inicio de la red de distribución y el punto más alejado no superará 7,0%, que para el caso de tensión 220V será 15,4V.

Al aplicar dicha formulación a la red secundaria Tallapampa se obtienen los siguientes resultados: (ver *Figuras 59, 60, 61* y *Tablas 44, 45, 46, 47*).



**Figura 59.** Trazo del circuito eléctrico de distribución "A" - 220V monof.

Fuente: Elaboración propia

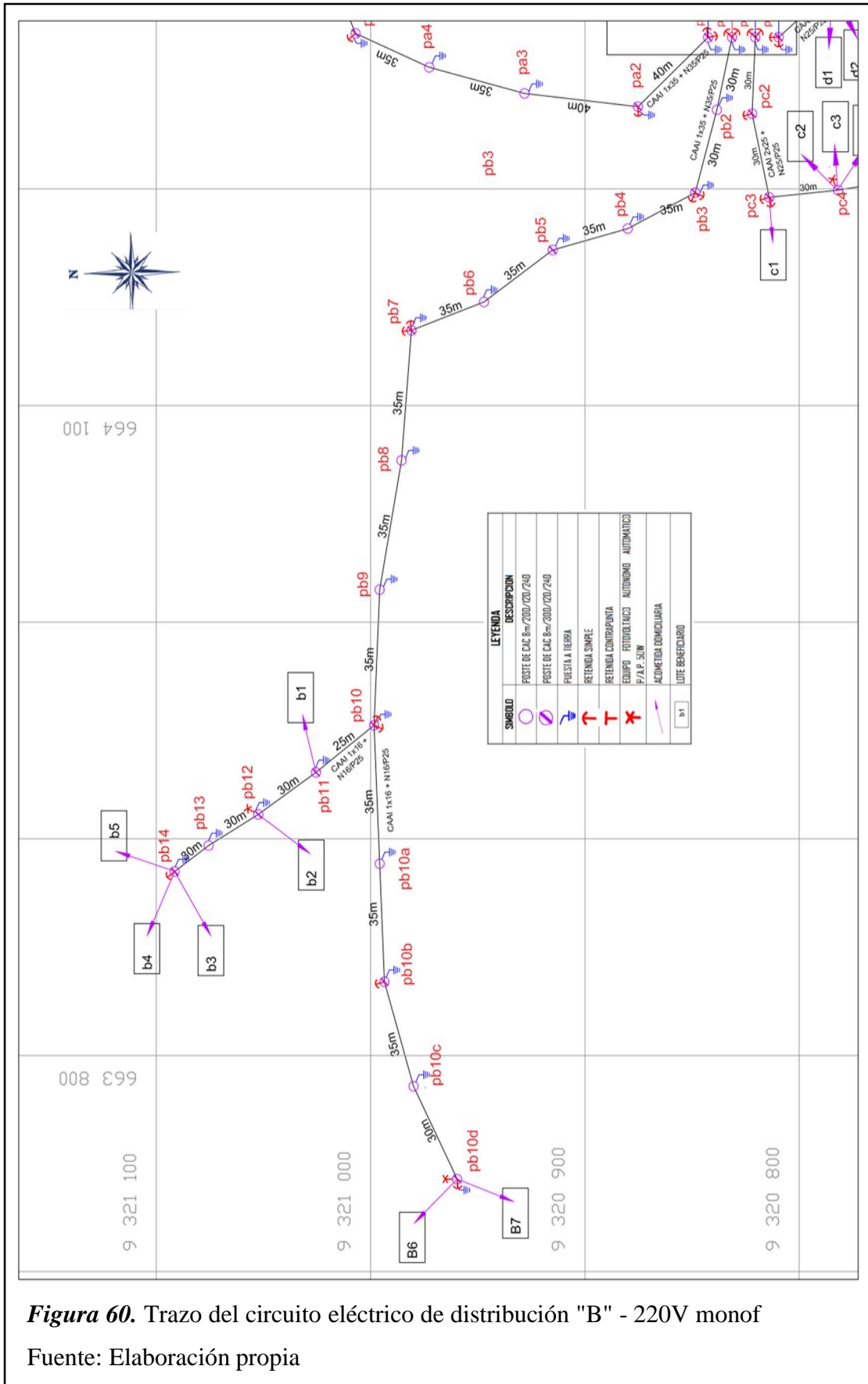


**Tabla 44***Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "A"*

Pt	N° lote	Carg esp.	I (A)	P (W)	$\sum I$ (A)	L (m)	Cond. (mm <sup>2</sup> )	F.C.T. (V/A-km)	$\Delta V$ (V)	$\sum \Delta V$ (V)	$\Delta V/V$ %
1					14,0	16,5	2x35	1,607	0,37	0,37	0,17
2					14,0	44,0	2x35	1,607	0,99	1,36	0,62
3					14,0	44,0	2x35	1,607	0,99	2,35	1,07
4					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	3,22	1,46
5					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	4,08	1,86
6					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	4,95	2,25
7					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	5,82	2,64
8					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	6,68	3,04
9					14,0	55,0	2x35	1,607	1,24	7,92	3,60
10	2		4	880	14,0	33,0	2x16	3,538	1,63	9,55	4,34
11	3		6	1320	10,0	33,0	2x16	3,538	1,17	10,72	4,87
12	2		4	880	4,0	33,0	2x16	3,538	0,47	11,19	5,09

Fuente: Elaboración propia

En el circuito A la máxima caída de tensión se presenta en la estructura 12 con 11,19 V que representa 5,09% respecto de la tensión nominal de 220V



**Figura 60.** Trazo del circuito eléctrico de distribución "B" - 220V monof

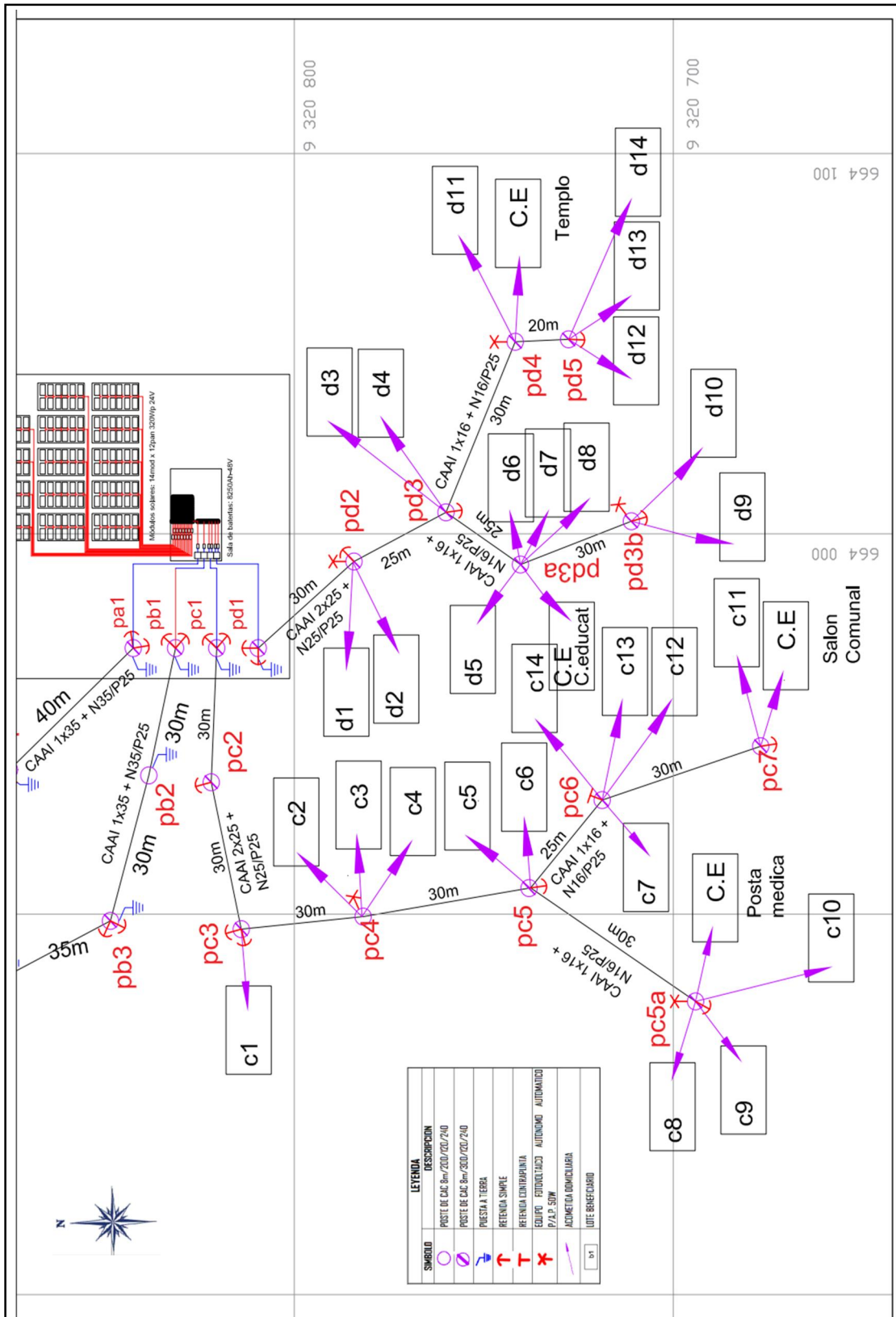
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45***Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "B"*

Pt	N° lote	Carg esp.	I (A)	P (W)	$\Sigma I$ (A)	L (m)	Cond. (mm <sup>2</sup> )	F.C.T. (V/A-km)	$\Delta V$ (V)	$\Sigma \Delta V$ (V)	$\Delta V/V$ %
1					14,0	16,5	2x35	1,607	0,37	0,37	0,17
2					14,0	33,0	2x35	1,607	0,74	1,11	0,51
3					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	1,98	0,98
4					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	2,85	1,29
5					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	3,71	1,69
6					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	4,58	2,08
7					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	5,44	2,47
8					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	8,31	2,87
9					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	7,18	3,26
10					14,0	38,5	2x35	1,607	0,87	8,04	3,66
11	1		2	440	10,0	27,5	2x16	3,538	0,97	9,02	4,10
12	1		2	440	8,0	33,0	2x16	3,538	0,93	9,95	4,52
13					6,0	33,0	2x16	3,538	0,70	10,65	4,84
14	3		6	1320	6,0	33,0	2x16	3,538	0,70	11,35	5,16
10a					4,0	38,5	2x16	3,538	0,54	8,59	3,80
10b					4,0	38,5	2x16	3,538	0,54	9,13	4,15
10c					4,0	38,5	2x16	3,538	0,54	9,68	4,40
10d	2		4	880	4,0	33,0	2x16	3,538	0,54	10,14	4,61

Fuente: Elaboración propia

En el circuito B la máxima caída de tensión se presenta en la estructura 14 con 11,35 V que representa 5,16% respecto de la tensión nominal de 220V



**Figura 61.** Trazo de circuitos eléctricos de distribución "C" y "D" - 220V monof. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46***Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "C"*

Pt	Nº lote	Carg esp.	I (A)	P (W)	$\sum I$ (A)	L (m)	Cond. (mm <sup>2</sup> )	F.C.T. (V/A-km)	$\Delta V$ (V)	$\sum \Delta V$ (V)	$\Delta V/V$ %
1					31,1	16,5	2x25	2,223	1,14	1,14	0,52
2					31,1	33,0	2x25	2,223	2,28	3,42	1,55
3	1		2	440	31,1	33,0	2x25	2,223	2,28	5,70	2,59
4	3		6	1320	29,1	33,0	2x25	2,223	2,13	7,83	3,56
5	2		4	880	29,1	33,0	2x25	2,223	1,69	9,52	4,33
6	4		8	1760	12,4	27,5	2x16	3,538	1,21	10,73	4,88
7	1	S.C.	4.4	977	4,4	33,0	2x16	3,538	0,52	11,25	5,11
5a	3	P.M.	10.6	2336	10,6	33,0	2x16	3,538	1,24	10,76	4,89

Fuente: Elaboración propia

En el circuito C la máxima caída de tensión se presenta en la estructura 7 con 11,25 V que representa 5,11% respecto de la tensión nominal de 220V

**Tabla 47***Caída de tensión en circuito eléctrico de distribución "D"*

Pt	Nº lote	Carg esp.	I (A)	P (W)	$\sum I$ (A)	L (m)	Cond. (mm <sup>2</sup> )	F.C.T. (V/A-km)	$\Delta V$ (V)	$\sum \Delta V$ (V)	$\Delta V/V$ %
1					31,7	16,5	2x25	2,223	1,15	1,16	
2	2		4	880	31,7	33,0	2x25	2,223	2,33	3,49	
3	2		4	880	27,7	27,5	2x25	2,223	1,69	5,18	2,36
4	1	Tplo.	3,6	781	9,6	33,0	2x16	3,538	1,12	1,12	0,51
5	3		6,0	1320	6,0	22,0	2x16	3,538	0,47	1,58	0,72
3a	4	C.E.	10,2	2234	14,2	27,5	2x16	3,538	1,38	1,38	0,63
3b	2		4,0	880	4,0	33,0	2x16	3,538	0,47	1,84	0,84

Fuente: Elaboración propia

En el circuito D la máxima caída de tensión se presenta en la estructura 3b con 1,84 V que representa 0,84% respecto de la tensión nominal de 220V

## § Selección del conductor eléctrico por capacidad de corriente

En los cuadros que anteceden, referidos a caída de tensión, se observa el amperaje circulante por cada tramo de conductor en cada circuito de distribución. Como puede apreciarse, en el presente proyecto se utilizarán cables autoportantes de tres calibres: 16mm<sup>2</sup>, 25mm<sup>2</sup> y 35mm<sup>2</sup>. El análisis siguiente se refiere a la verificación si el amperaje circulante en cada caso es esta comprendido en el rango de capacidad de la sección respectiva. El resultado se indica a continuación:

Calibre 16mm<sup>2</sup>: el máximo amperaje se presenta en el tramo de la estructura PD3a -circuito D, magnitud 14,2A. La capacidad del conductor 16mm<sup>2</sup> es 64 A, por lo tanto, la selección de este calibre es correcta.

Calibre 25 mm<sup>2</sup>: el máximo amperaje se presenta en el tramo de la estructura PD1 -circuito D, magnitud 31,7A. La capacidad del conductor 25 mm<sup>2</sup> es 83 A, por lo tanto, la selección de este calibre es correcta.

Calibre 35 mm<sup>2</sup>: el máximo amperaje se presenta en el tramo de las estructuras PA1 del circuito A y PB1 del circuito B, con magnitud 14 A en ambos casos. La capacidad del conductor 35mm<sup>2</sup> es 102 A, por lo tanto, la selección de este calibre es correcta.

Finalmente, entonces, se concluye que la selección de calibres para los conductores autoportados, para los 4 circuitos A, B, C y D es correcta, tanto por caída de voltaje como por capacidad de corriente.

## § Distancias de seguridad, desde el conductor a la superficie del terreno

- Zonas de acceso a peatones únicamente, 5,0m.
- Áreas de no acceso a personas o unidades móviles, 3,0m.
- Lugar donde exista circulación de máquinas de uso agrícola, 6,0m.
- En vías transitables de zona urbana, 6,0m.
- Avenidas, cruce calle y vías ferroviarias, 6,5m.

## Ø Cálculos mecánicos

La finalidad de estos cálculos es obtener las fuerzas y flechas en las distintas condiciones de operación de la red eléctrica.

## § Hipótesis de estado

Los parámetros existentes en el caserío Tallapampa son:

- Temperatura mínima : 17°C, se utilizará 5°C.
- Temperatura máxima : 31°C, se utilizará 40°C.
- Temperatura media anual : 22°C.

Las hipótesis serán las siguientes:

HIPÓTESIS 1- Condición máximo esfuerzo:

Temperatura: 5°C, Velocidad viento: 70 Km/h

HIPÓTESIS 2 - Condición mayor duración (EDS):

Temperatura 22° C, Velocidad de viento: Nula

HIPÓTESIS 3 - Condición de flecha máxima:

Temperatura: 40°C, Velocidad de viento: Nula

## § Esfuerzos mecánicos en el conductor portante

- Esfuerzo 52,3N/mm<sup>2</sup> (18% aprox. del esfuerzo de rotura).
- Esfuerzo máximo no mayor a 176N/mm<sup>2</sup>.
- En caso de presencia de hielo, si los esfuerzos del conductor portante superaran al valor máximo establecido, podrá el consultor utilizar esfuerzo EDS menor de 52,3N/mm<sup>2</sup>.

Las características de los conductores autoportantes se indican en *Tabla 48*:

**Tabla 48***Características de cables auto soportados*

Formación	Sección del conductor portante	Diámetro exterior total	Masa total (kg/m)	Módulo de elast. del portante	coeficien. de dilat. Térmica
3x35+16/25	25	20,0	0,481	60,82	21x10-6
3x25+16/25	25	18,5	0,397	60,82	21x10-6
3x16+16/25	25	16,5	0,310	60,82	21x10-6
3x35/25	25	20,0	0,419	60,82	21x10-6
3x25/25	25	18,5	0,336	60,82	21x10-6
3x16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x35+16/25	25	20,0	0,362	60,82	21x10-6
2x25+16/25	25	18,5	0,307	60,82	21x10-6
1x16+16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1x16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

Fuente: MINEM DGE 031 (2003)

**§** Vano básico

Los conductores entre dos estructuras de anclaje deberán tener igual esfuerzo en toda la longitud de tendido de la línea. Dicha magnitud se calcula según la siguiente expresión:

$$V_{basico} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

*Ecuación 26: Vano básico en red secundaria de distribución*

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.10

Los resultados se encuentran indicados en *Tablas 49, 50, 51 y 52:*



**Tabla 49***Vano básico circuito "A" 35mm<sup>2</sup>*

ESTRUCTURA	Vano m)	(Vano) <sup>3</sup>	Vano básico (m)
1	---	---	
2	40	64 000	
3	40	64 000	
4	35	42 875	
5	35	42 875	
6	35	42 875	
7	35	42 875	
8	35	42 875	
9	50	125 000	
10	30	27 000	
Sumatoria	335	494 375	38,4

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50***Vano básico circuito "B" 35mm<sup>2</sup>*

ESTRUCTURA	Vano (m)	(Vano) <sup>3</sup>	Vano básico (m)
1	---	---	
2	30	27 000	
3	35	42 875	
4	35	42 875	
5	35	42 875	
6	35	42 875	
7	35	42 875	
8	35	42 875	
9	35	42 875	
10	35	42 875	
Sumatoria	310	370 000	34,5

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51***Vano básico circuito "C" 25 mm<sup>2</sup>*

ESTRUCTURA	Vano (m)	(Vano) <sup>3</sup>	Vano básico (m)
1	---	---	
2	30	27 000	
3	30	27 000	
4	30	27 000	
5	30	27 000	
Sumatoria	120	108 000	30,0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52***Vano básico circuito "D" 25mm<sup>2</sup>*

ESTRUCTURA	Vano (m)	(Vano) <sup>3</sup>	Vano básico (m)
1	---	---	
2	30	27 000	
3	25	15 625	
Sumatoria	55	42 625	27,8

Fuente: Elaboración propia

Ahora ya con el vano básico calculado y teniendo en cuenta los datos de clima de nuestro centro poblado podemos reemplazar en la ecuación de cambio de estado.

### § Cálculo de cambio de estado

Se efectúan por aplicación de la siguiente expresión matemática:

$$T_2^3 - \left[ T_1 - \frac{d^2 E W_1^2}{24 S^2 T_1} - \alpha E (t_2 - t_1) \right] T_2^2 = \frac{d^2 E W^2}{24 S^2}$$

Donde :

$T_i$  = Esfuerzo horizontal en el conductor para la condición  $i$ , en N/mm<sup>2</sup>.

$d$  = Vano de cálculo, en m.

$E$  = Módulo de elasticidad final del conductor, en N/mm<sup>2</sup>

$S$  = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

$W_i$  = Carga en el conductor en la condición  $i$

$t_i$  = Temperatura en la condición  $i$

$\alpha$  = Coeficiente de dilatación (1/°C)

*Ecuación 27: Cambio de estado en cable portante*

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.9

La carga Unitaria Resultante del Conductor.

$$W_r = \sqrt{W_c^2 + W_v^2} \dots (32)$$

$$W_r = \frac{d \times P_v}{1000} \dots (33)$$

Donde:

$P_v$  : Presión del viento (Kg/m<sup>2</sup>)

$d$  : Diámetro del conductor (mm)

$W_c$  : Peso propio del conductor (Kg/m)

*Ecuación 28: Carga unitaria en conductor de cable autoportado*

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.10

Los resultados de cálculo se indican en *Tabla 53*:

**Tabla 53***Esfuerzos mecánicos en conductores de red secundaria*

<i>PARAMETRO</i>						
Vano (m)		30	31,36	40	50	60
HIP I	$\sigma$ (kg/mm <sup>2</sup> )		8,24	8,28	8,56	8,88
f (m)		0,23	0,26	0,40	0,61	0,84
HIP II	$\sigma$ (kg/mm <sup>2</sup> )		5,44	5,44	5,44	5,44
f (m)		0,15	0,17	0,26	0,42	0,61
HIP III	$\sigma$ (kg/mm <sup>2</sup> )		3,64	3,67	3,87	4,06
f (m)		0,23	0,25	0,39	0,57	0,79

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior podemos darnos cuenta que el máximo esfuerzo de nuestro vano de cálculo es 8,28 kg/mm<sup>2</sup> que se encuentra muy por debajo del valor máximo permitido por la norma<sup>49</sup> que es 17,33 kg/mm<sup>2</sup>

§ flecha del Conductor:

$$f = \frac{W_r \times L^2}{8A\sigma}$$

Donde:

$W_r$  : Peso resultante del conductor (Kg/m).

$L$  : Vano (m)

$A$  : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : Esfuerzo en la hipótesis considerada (Kg/mm<sup>2</sup>)

*Ecuación 29:* Flecha en cable autoportado de red secundaria de distribución

Fuente: MINEM DGE 031 (2003), p.10

§ Altura de postes:

$$\text{Atura de empotramiento} = \frac{H}{10} + 0,2$$

La altura necesaria del poste será:

$$H = \frac{H}{10} + 0,2 + D_{min} + F_{max} + H_c$$

Donde:

**H** : Altura del poste (m)

**D<sub>min</sub>** : distancia mínima al terreno (m)

**F<sub>max</sub>** : Flecha máxima (m)

*Ecuación 30: Altura de postes*

Fuente: MINEM DGE 374 (1978), p.12

La altura de postes queda definida de la siguiente manera:

- Distancia vértice poste - inicio perno gancho = 0,30 m.
- Flecha máxima del conductor = 0,85 m.
- La altura mínima del conductor al suelo. = 5,50 m.

La altura de empotramiento para postes de C.A.C. en terrenos normales según MINEM DGE 324 (1978).

Para:  $D_{mín} = 5,5$  m y  $F_{máx} = 1,20$  m. Tenemos  $H = 7,8$  m.

$H = 0,10H + 0,60$  m.

$H = 0,30 + 0,05 + 0,80 + 5,50 + (0,10H + 0,60)$

$H = 8,05$  m

De acuerdo a esto un poste de 8 m cumple perfectamente con los requisitos pedidos.

Las características técnicas de postes se indican en *Tabla 54*:

**Tabla 54***Características de postes de concreto armado*

DESCRIPCION	DATO 1	DATO 2
Longitud del poste (m)	8	8
Longitud de empotramiento del poste (m)	1,0	1,0
Diámetro mínimo en la cabeza (mm)	120	120
Diámetro mínimo en la base (mm)	240	240
Diámetro de empotramiento (mm)	225	225
Altura donde se aplica la fuerza del viento (m)	3,14	3,14
Carga de trabajo a 0,15 m de la cabeza (kg)	200	300
Carga de rotura (kg)	400	400
Masa por unidad (kg)	385	406

Fuente: Elaboración propia

### § Accesorios de soporte del cable aéreo:

Se utilizarán accesorios establecidos en MINEM DGE 023 (2003) que establece las especificaciones de tales elementos en aplicaciones de electrificación rural.

### 3.1.5. Evaluación económica del Proyecto.

#### Presupuesto de inversión inicial

La inversión inicial está relacionada directamente con los costos de instalación del Sistema de generación y redes de distribución, incluido conexiones domiciliarias y cargas especiales, monto que asciende a S/.1 180 177,45 que incluye costo directo (CD), gastos generales (GG 10%CD), utilidad de ejecución de obra (U 10%CD) e impuesto general a las ventas (IGV 18%ST).

En los cuadros siguientes (*Tablas 55, 56 y 57*) se resume los montos correspondientes, en tanto que los presupuestos específicos pueden ser consultados en anexos del presente.

**Tabla 55***Valor referencial - Sistema de generación fotovoltaica*

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO REFERENCIAL S/.
A	Suministro de materiales	597 593,26
B	Montaje electromecánico	62 443,50
C	Flete - transporte de materiales	25 000,00
COSTO DIRECTO		685 036,76

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 56***Valor referencial - Red secundaria y conexiones individuales*

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO REFERENCIAL S/.
A	Suministro de materiales	112 341,44
B	Montaje electromecánico	30 630,45
C	Flete - transporte de materiales	5 450,00
COSTO DIRECTO		148 421,89

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 57***Valor referencial - Generación fotovoltaica, Distribución y Conexiones*

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO REFERENCIAL S/.
A	Sistema de generación	685 036,76
B	Red de distribución y conexiones	148 421,89
C	Total, costo directo	833 458,65
D	Gastos generales (10%)	83 345,86
E	Utilidades (10%)	83 345,86
F	Sub total	1 000 150,38
C	I.G.V.	180 027,07
COSTO TOTAL		1 180 177,45

Fuente: Elaboración propia

Ø Presupuesto por reinversión en año 10:

El tiempo de vida útil de las baterías es del orden de 10 años, según especificaciones de fabricantes. Por lo tanto, el costo por reposición e instalación de nuevas baterías asciende a S/. 277 040,40 que incluye 18% de IGV, el cual deberá ser efectuado en el año 10 del horizonte del proyecto. (ver *Tabla 58*).

**Tabla 58**

*Monto de reinversión en año 10 – Reposición de equipos*

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	TOTAL S/. / año
<b>REINVERSION POR REPOSICION DE EQUIPOS</b>			
BATERIA DE 929AH - 6VDC	72	und	218 400,00
Servicio espec. de instalación de Baterías	1	gbl	16 380,00
Sub Total			234 780,00
IGV 18%			42 260,40
<b>TOTAL</b>			<b>277 040,40</b>

Fuente: Elaboración propia

Ø Ingresos:

Los ingresos económicos del Sistema fotovoltaico “Tallapampa” se deben exclusivamente a la comercialización de energía a los usuarios del servicio eléctrico. Para efecto de la evaluación económica, se está considerando el peor escenario, el mismo que ocurriría si es que no se presenta el crecimiento poblacional proyectado, esto es, que las conexiones domiciliarias se mantienen en 31 viviendas. En el mismo sentido, no ocurriría la expansión proyectada del 10%.

Con relación a la venta de energía, se considera la tarifa establecida por OSINERGMIN-Tarifa fotovoltaico (2020). El monto por venta de energía anualizado asciende a S/. 25 013,85 que incluye 18% de IGV. (ver *Tabla 59*).



**Tabla 59***Resumen de ingresos por venta de energía*

Sum.	Nº (u)	Pot (W)	kWh /día	kWh /mes	kWh /año	Tarifa S./. kWh	Total S./. /mes	Total S./. /año
Viv.	31	12400	76.9	2306	27666			
S.C.	1	396	1958	59	705			
T.	1	252	504	15	182			
C.E.	1	350	2516	76	906			
P.M.	1	750	4022	121	1448			
				2577	30907	0,6859	1767	21198
IGV								
18%								3816
TOT								25014

Tarifa: Osinergmin tarifa fotovoltaico (2020)

Fuente: Elaboración propia

## Ø Egresos:

Los egresos económicos del Sistema fotovoltaico “Tallapampa” están relacionados con los costos para operar y mantener el mismo. Por concepto de operación se requerirá dos (2) servidores con formación técnica en electricidad, uno de los cuales hará las veces de administrador del sistema. Si bien es cierto que las instalaciones tienen un horizonte de existencia de 20 años calendario, sin embargo, el componente Baterías tiene un ciclo de vida inferior, por lo que según indicaciones de los fabricantes se espera su reposición en 10 años. Esto significa que en el análisis de rentabilidad se tendrá que considerar como flujo del año 10 la reinversión por reposición del total de baterías, cuyo costo se estima en el mismo valor de adquisición e instalación previsto en el presupuesto inicial (año 0).

Para mantenimiento, se considera insumos varios cuyo costo anual de estima en 5% del valor de venta anual de energía. Incluye servicios de terceros para efectos de inspección y calibración del sistema con periodicidad anual y costo equivalente al

10% de valor de venta anual de energía. Costos varios en previsión de contingencias en monto fijo.

De acuerdo a ello, el monto anual de egreso por operación y mantenimiento es de S/. 33 102,08 que incluye 18% de IGV por concepto de materiales, servicios de terceros y reserva por contingencia. Se hace la salvedad, en este punto, que no se incluye ningún concepto de liquidación ni beneficios sociales del recurso humano, el mismo que tendría que ser asumido en la modalidad de servicios no personales. Si se analiza la estructura de costos de operación y mantenimiento se podrá apreciar que el rubro RRHH tiene alta incidencia en el mismo, e inclusive supera a los ingresos por venta de energía. Este aspecto debe ser analizado en forma específica para asegurar la continuidad del servicio. (ver *Tabla 60*).

**Tabla 60**

*Estructura de costos por operación y mantenimiento*

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	TOTAL S./ año
<b>A. RECURSOS HUMANOS</b>			
Tco. electricista - administrador	1	pers	14400
Ayudante de electricista	1	pers	12000
<b>B. MATERIALES</b>			
Insumos varios de manten. (i)	1	gbl	1060
<b>C. SERVICIOS DE TERCEROS</b>			
Inspección y calibración anual (ii)	1	gbl	2120
Contingencia	1	gbl	2500
Sub Total A			26400
Sub Total B+C			5680
IGV 18% (B+C)			1022
<b>TOTAL</b>			<b>33102</b>

(i), (ii) 5% del valor de venta anual de energía

Fuente: Elaboración propia

Ø Evaluaciones VAN, TIR y B/C:

En el análisis VAN, TIR y B/C se ha utilizado como base la tasa de descuento de 13%; mediante la aplicación de *Ecuación 22*: Valor Actual Neto – VAN y *Ecuación 23*: Tasa Interna de Retorno indicadas con anterioridad, los resultados son los siguientes:

- ✓ En las condiciones de participación totalmente privada, el proyecto resulta no viable, por cuanto su indicador VAN es negativo. AL respecto se observa que el monto de inversión inicial y de reinversión en el periodo 10 por efecto de reposición de baterías es de magnitud considerable, en comparación con el flujo anual por concepto de venta de energía. De acuerdo a ello, el presente proyecto debe conceptualizarse como aplicación social. Los indicadores de evaluación económica se presentan en *Tabla 61*:

**Tabla 61***Evaluación económica del proyecto*

AÑO	A: INVERS.	B: REINVERS.	C: OP-MANT	D: VTA.E.	E: FL.CAJA
0	1 180,18				-1 180,18
1			33,10	25,01	-8,09
2			33,10	25,01	-8,09
3			33,10	25,01	-8,09
4			33,10	25,01	-8,09
5			33,10	25,01	-8,09
6			33,10	25,01	-8,09
7			33,10	25,01	-8,09
8			33,10	25,01	-8,09
9			33,10	25,01	-8,09
10		277,04	33,10	25,01	-285,13
11			33,10	25,01	-8,09
12			33,10	25,01	-8,09
13			33,10	25,01	-8,09
14			33,10	25,01	-8,09
15			33,10	25,01	-8,09
16			33,10	25,01	-8,09
17			33,10	25,01	-8,09
18			33,10	25,01	-8,09
19			33,10	25,01	-8,09
20			33,10	25,01	-8,09

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

Tasa de descuento (TD) : 13,00%

Valor actual neto (VAN) : -1 318,61

Tasa Interna de retorno (TIR) : ----

Beneficio/Costo (B/C) : 0,11

- ∨ En el escenario del financiamiento sin retorno de la inversión (por ejemplo, participación del estado o algún ONG), se requeriría que la inversión inicial, así como la reinversión en año 10 (reposición de equipos) debería considerarse como no recuperable, de tal forma que no incida en el flujo de caja. Además de ello, tal como se ha indicado, el costo del recurso humano para operación y mantenimiento del sistema de generación es de alta incidencia, por lo que se requeriría que el concepto “Tco. Electricista y administrador” sea asumido en el tiempo de duración proyectada (20 años) por algún órgano competente externo al sistema de generación, tal como la municipalidad distrital de Salas, jurisdicción a la cual pertenece el caserío Tallapampa. En dicho escenario, los indicadores económicos arrojan: VAN S/. 8 930.00; TIR 17%; Beneficio/Costo 1,03, lo que deja la viabilidad favorable del proyecto. Los indicadores de evaluación económica en el escenario indicado se presentan en Tabla 62:

**Tabla 62***Evaluación económica con ajuste de inversión y reinversión*

AÑO	A: INVERS.	B: REINVERS.	C: OP-MANT	D: VTA.E.	E: FL.CAJA
0	35,41				-35,41
1			18,70	25,01	6,31
2			18,70	25,01	6,31
3			18,70	25,01	6,31
4			18,70	25,01	6,31
5			18,70	25,01	6,31
6			18,70	25,01	6,31
7			18,70	25,01	6,31
8			18,70	25,01	6,31
9			18,70	25,01	6,31
10		0,00	18,70	25,01	6,31
11			18,70	25,01	6,31
12			18,70	25,01	6,31
13			18,70	25,01	6,31
14			18,70	25,01	6,31
15			18,70	25,01	6,31
16			18,70	25,01	6,31
17			18,70	25,01	6,31
18			18,70	25,01	6,31
19			18,70	25,01	6,31
20			18,70	25,01	6,31

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

Tasa de descuento (TD) : 13,00%

Valor actual neto (VAN) : 8 930,00

Tasa Interna de retorno (TIR) : 17,1 %

Beneficio/Costo (B/C) : 1,03

### 3.2. Discusión de resultados

El presente trabajo de investigación tiene como lugar de aplicación el caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque, para lo cual se realizó un viaje al lugar que permitió obtener información directa sobre el estado situacional respecto del acceso a los servicios de energía eléctrica. Se constató que los pobladores no cuentan con dicho servicio, por lo que utilizan velas y lámparas artesanales para sus actividades en ausencia de la iluminación solar; esto, además de limitar considerablemente su desarrollo personal y familiar, también atenta contra su seguridad por los riesgos que acarrea el uso de fuego en interiores. En circunstancias excepcionales, recurren a linternas alimentadas con baterías que logran adquirir en la localidad de Salas, lugar bastante apartado no solo por la distancia sino también por lo accidentado de las vías de acceso.

Luego de levantar información de campo, tal como: datos de población, vivienda y actividad económica de sus habitantes, se procedió con los cálculos preliminares en concordancia con la normatividad del sub sector eléctrico emitida por el MINEM, que en sector rural tipo II asigna nivel de potencia de 400 vatios por lote domiciliario y permite el cálculo de cargas especiales al consultor del diseño, que para este caso no difieren demasiado por tratarse de pequeños servicios como salón comunal, posta médica, centro educativo y templo religioso.

Para efectos de cuantificar el potencial solar de la zona, visto que el requerimiento es de menor magnitud para aplicación de uso doméstico, se ha considerado de suficiente precisión la información proporcionada por la NASA principalmente, como organismo de presencia mundial especializado en la materia y que dispone de datos de alta confiabilidad, a través de su portal web. Ello, sin embargo, no descartó la posibilidad de contar con otros datos comparativos como el atlas solar del Perú elaborado por SENAHMI, aunque de cierta antigüedad, y de información provista por software de origen español de buena confiabilidad (Solarius PV).

Respecto del cálculo de los módulos generadores, aun cuando los pobladores del caserío Tallapampa manifiestan que el recurso solar es intenso y permanente durante gran parte del año, sin embargo, en el diseño conceptual se han adoptado

factores de reserva para los paneles solares, banco de baterías, reguladores de carga e inversores de potencia eléctrica, de tal forma que la autonomía del sistema pueda asegurar el suministro eléctrico con alta fiabilidad y continuidad. Se ha considerado también criterios de crecimiento poblacional y de expansión eléctrica para el horizonte del proyecto, establecido en veinte (20) años; esto en el criterio de que la zona es paisajística y natural, por lo que bien podría ser foco turístico que sería espléndidamente aceptado con el uso de energías renovables, tal como la energía solar.

El diseño conceptual del presente proyecto se fundamenta en captar la energía irradiada por el sol a través de ondas electromagnéticas, la misma que por aplicación tecnológica (efecto fotoeléctrico) es introducida y acumulada en baterías de alto rendimiento. Durante la presencia solar, estando las baterías con energía acumulada suficiente, se produce la alimentación de las cargas eléctricas de los usuarios, tal como equipos de televisión y receptores de señal satelital, equipos de audio e inclusive equipos de procesamiento de información tipo PC y laptop, y electrodomésticos, que favorece en su conjunto la calidad de vida y formación humana. El sistema fotovoltaico cuenta con dispositivos inversores de potencia eléctrica que permiten suministrar energía en 220 voltios, lo que permite la utilización de artefactos de uso difundido y asequibles en mercados locales. Es necesario resaltar que cada uno de los dispositivos y equipo complementario han sido seleccionados en base a criterios de reserva y expansión futura, además de ser un diseño modular que permite su ampliación según necesidad. Ello no significa de ninguna manera el sobre dimensionamiento que origine inversiones onerosas, sino por el contrario se ha tomado en cuenta la racionalización económica de los recursos disponibles y que bien puede ser solventado por el estado en su función social primordial, paralelamente a la existencia de organismos no gubernamentales (ONG) que abogan por el uso de las energías “verdes” y el desarrollo de las poblaciones marginales o vulnerables.

A discrepancia de Acevedo (2016), en cuyo trabajo propone suministrar energía eléctrica a centro poblado rural de la república de Colombia con sistemas individuales, uno por cada vivienda, en el presente proyecto se considera que el fraccionamiento en la generación podría originar desasosiego entre los pobladores,



visto desde la óptica social, por cuanto, si se llegara a deteriorar o presentar desperfecto en algún componente de uno de los generadores fotovoltaicos, no se activaría el concepto de participación de la comunidad, lo que induciría en cierta manera al individualismo entre pobladores. Visto desde la óptica técnica, consideramos que los sistemas de generación individual no tienen la reserva suficiente para cualquier demanda pico que eventualmente presente algún usuario, lo que es fácilmente absorbible por un sistema que atienda varios suministros a la vez, no todos operando en simultaneo con su máxima demanda. En el mismo sentido, un banco de baterías para un sistema como el diseñado para el caserío Tallapampa, presenta autonomía mucho más sólida y confiable por la magnitud total de energía almacenada, en comparación con pequeñas baterías individuales.

A diferencia de Bardales (2016) cuyo diseño tiene por finalidad suministrar energía eléctrica a centro poblado rural conformado por 41 viviendas, muy similar al caserío Tallapampa, pero que pretende efectuar la distribución de energía eléctrica utilizando un único inversor de potencia, de magnitud 20kW; en tal circunstancia, el eventual desperfecto de dicho dispositivo, que podría ocurrir por falla en las redes eléctricas (caída de poste y cortocircuito, rayos atmosféricos con picos de tensión u otros) dejaría inoperativo todo el sistema de generación eléctrica, hasta que se efectuare la posible reparación, si eso ocurre. De este lado, el presente diseño está conformado por seis (06) inversores de potencia eléctrica conectados independientemente a igual número de circuitos (4 principales y 2 derivados) para distribución secundaria, que en determinado caso pueden aislarse unos de otros sin dejar fuera de servicio el resto de usuarios. Téngase en cuenta también, que el sistema Tallapampa es tipo modular, por lo que puede ampliarse o acceder a innovación tecnológica en forma progresiva, de manera individual por cada circuito eléctrico, ya que no existe interferencia entre uno y otro; esta circunstancia es sumamente favorable, considerando la velocidad con que ocurren los cambios tecnológicos y que este tipo de proyectos tienen horizonte largo de vida (20 años como mínimo).

De acuerdo con Valdera (2016) quien en su trabajo resalta el rol subsidiario del estado como función social (el estado invertiría el monto total al año cero, sin recuperación monetaria de la inversión), ya que en esas condiciones el proyecto resulta económicamente viable. Téngase en cuenta que su diseño lo aplica a un centro

poblado de características similares, en cuanto a zona y volumen poblacional, como el caserío Tallapampa. También menciona, y en eso coincidimos plenamente, que se realice el análisis detallado de las cargas eléctricas, y sus tiempos de utilización, a fin de lograr la racionalidad y eficiencia en el uso.

Nuestro diseño guarda también simetría con lo propuesto por Díaz (2018), en cuya concepción establece claramente, en términos ambientales, el beneficio por la no emisión de gases contaminantes al utilizarse energía solar. Además de ello, se logra favorecer las condiciones de vida de los habitantes, tanto en sus aspectos sociales como de economía familiar. En los asuntos técnico-científicos, tanto la investigación de Díaz (2018) como la presente, promueven el uso de energías no convencionales, aunque si bien en su diseño adopta igualmente equipos de capacidades menores, sin embargo, no establece claramente la finalidad de ello; por nuestra parte, el sistema para el caserío Tallapampa se basa en criterio netamente modular, tal como ya lo hemos indicado, habilitado para la desactivación de determinadas líneas de generación sin afectar a las demás, así como de encontrarse apto para incorporación progresiva de nuevos dispositivos con innovación tecnológica.

### **3.3. Aporte práctico**

El presente proyecto representa aporte importante en la búsqueda de soluciones frente a la ausencia de la energía eléctrica en muchos centros poblados del país, los mismos que por ubicarse en áreas alejadas, se encuentran al margen de los servicios que prestan las concesionarias eléctricas públicas. A partir de esta propuesta técnica, la oferta energética se ve ampliada notablemente, ya que los montos de inversión económica resultan, de lejos, mucho más favorables en sistemas de generación fotovoltaica que a través del despliegue de redes eléctricas convencionales. Mas aun, cuando las demandas de estos centros poblados alejados son ínfimas, por lo que el valor de retorno o de recuperación de la inversión es exiguo.

En términos prácticos, la ejecución física de este proyecto, permitirá a los pobladores del caserío Tallapampa acceder a la energía eléctrica que activará sus dispositivos de iluminación, equipos de información tipo radio y televisión satelital, preservación de vacunas en cajas refrigeradas como prevención de salud, uso de

equipos de procesamiento de datos tipo PC y Laptop, impresión y fotocopiado de textos, entre muchas aplicaciones más. Ello se traduce en calidad de vida personal y familiar, integración social y de identidad nacional; por ultimo y tal vez lo más importante, oportunidades de desarrollo y formación de la niñez, como fuente inagotable para futuro de la humanidad.

No dejamos de mencionar, que el presente aporte no solamente beneficia a los pobladores del caserío Tallapampa, sino también y en cierta medida, a los habitantes del planeta en general, ya que, tal como se ha mencionado a lo largo de todo este estudio, el uso de la energía solar evita la emisión de gases contaminantes que afectan a la humanidad y a la bio diversidad.

### **3.3.1. Fundamentación del aporte práctico.**

Para el desarrollo del presente proyecto fue necesario identificar la necesidad directamente del campo, esto es, en el lugar mismo del caserío Tallapampa. Con esta información, se pudo cuantificar la necesidad de sus pobladores; cuanta energía eléctrica requieren para satisfacer sus necesidades primarias. En este sentido, el aporte de este proyecto consiste en solventar dichas necesidades, tal como ya se indicó.

A partir de allí, se dio inicio al proceso de investigación consistente en la recopilación de información procedente de libros y publicaciones afines, trabajos de investigación tipo tesis, artículos científicos e inclusive ofertas técnicas de fabricantes de dispositivos y equipos en la materia. En este nivel, la sistematización y ordenamiento de la información por tipo fue fundamental, en la búsqueda del logro de objetivos apoyado por las guías metodológicas.

Finalmente, la información obtenida se plasmó a través de determinados diseños según formulaciones de ingeniería mecánica eléctrica, en el marco establecido por la normatividad técnica y legal del sub sector electricidad del Perú.

En este sentido, el aporte del presente proyecto se fundamenta en la ejecución de actividades físicas e intelectuales, las cuales a través de procesos metodológicos han permitido obtener el diseño del Sistema de generación eléctrica fotovoltaica,

redes de distribución secundaria y conexiones individuales, como un modelo integral aislado no conectado a red externa (off-grid) para el caserío Tallapampa

### **3.3.2. Construcción del aporte práctico.**

En términos técnicos, este sistema de generación fotovoltaica que es la materialización del presente proyecto de investigación, tiene diseño modular, de tal forma que la eventual paralización de uno de sus circuitos eléctricos no impedirá que los otros sigan operando, e inclusive, con el advenimiento de nuevos avances tecnológicos, puede efectuarse la renovación parcial de determinados dispositivos, ya que no interfieren entre unos y otros. Prueba de ello es, que el sistema de control de carga de baterías cuenta con módulos solares y dispositivos de control acoplados en paralelo y en número de 14; de igual forma, los equipos inversores de potencia que transforman la corriente eléctrica continua 48V en corriente alterna 220V se encuentran separados por circuitos y sub circuitos, en número de cuatro y dos respectivamente, sin interferir unos a otros.

Esta concepción técnica, resultado de los procesos investigativos antes mencionados, representa el marco a partir del cual se ha construido el aporte, que tiene por finalidad atender las necesidades del caserío Tallapampa en cuanto a la falta de energía eléctrica de sus pobladores.

### **3.4. Valoración y corroboración de los Resultados**

La problemática del caserío Tallapampa, en cuanto al no acceso a la energía eléctrica, no es exclusiva de ellos, sino de una importante porción de la población del Perú, específicamente de aquellos que radican en centros poblados rurales alejados de las ciudades.

Este proyecto, materializado en un diseño para suministrar electricidad a partir de fuente solar, representa una herramienta importante para los pobladores del caserío Tallapampa, la cual se torna en ventaja comparativa al momento de presentarse ante los entes gubernamentales frente a las audiencias para presupuestos participativos, en las cuales ellos, los pobladores de Tallapampa y su dirigencia, podrán mostrar elementos alcanzables y no solo ideas o peticiones. Un proyecto en mano con su presupuesto referencial, obliga a las autoridades competentes para actuar diligentemente según sus disponibilidades y en caso extremo a gestionar los

recursos económicos necesarios ante nivel central, para atender las necesidades de las comunidades bajo su jurisdicción. Al respecto podríamos argumentar a favor de nuestro proyecto ideas como: ¿De qué sirve la información si no se convierte en un instrumento efectivo para resolver problemas?, y ese sentido, este proyecto sí puede resolver problemas.

Proyectos de electrificación fotovoltaica, como el presente, forman parte de un conjunto de acciones de investigación dispersas, muchas de las cuales ya han sido concretadas con resultados favorables para centros poblados alejados y hasta poco conocidos. Prueba de ello es, que el gobierno central emitió en junio del 2006 la Ley N° 27849, específica para la electrificación rural en el Perú, que aunque tiene muchas limitaciones burocráticas, sin embargo establece la participación privada en este aspecto, lo que denota en si mismo la relevancia del uso de energías renovables, tal como la energía solar.

Estas aplicaciones y proyectos puestos en marcha a nivel nacional, corroboran el beneficio e importancia de proyectos que al igual que el presente coadyuvan a favorecer las condiciones de vida y posibilitar acceso a los medios de modernidad e integración de la población, a los cuales todos tenemos absoluto derecho.

#### **3.4.1 Valoración de los resultados (criterio de especialistas en el tema, etc.).**

En este aspecto, el presente trabajo ha contado con la supervisión de profesionales de amplio conocimiento y experiencia en la materia: un especialista metodológico y un especialista en aspectos de ingeniería. De otro lado, se incluye en anexo n°4: Instrumentos de validación no experimental por juicio de expertos, el juicio de valor emitido por profesionales en ingeniería mecánica eléctrica que dan fortaleza al presente proyecto.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. La Máxima Demanda del caserío Tallapampa proyectada al año 20 será de 21,09kW y demanda diaria de energía de 127,94kWh/día, por 46 suministros eléctricos que comprenderán: 42 viviendas, un centro educativo nivel primaria, un templo de culto religioso, una posta médica y un salón comunal, considerando tasa anual de crecimiento poblacional de 1,45%
- b. Se calculó y seleccionó los componentes del sistema de generación fotovoltaica autónomo tipo off-grid (no conectado a red externa), lo que dio un total de ciento sesenta y ocho (168) Paneles fotovoltaicos de 320Wp-24V, seis (6) Inversores de potencia monofásicos 4,5KW-220Vca cada uno, setenta y dos (72) baterías de 929Ah-6V de capacidad cada una y catorce (14) Reguladores de carga 5,8kW-48Vcc por equipo, que conforman el sistema de generación fotovoltaica propiamente dicho. Además de ello, se ha incluido en el proyecto la Red de distribución secundaria de configuración radial de 1380m de longitud total, conformada por cuatro (4) circuitos principales y dos (2) circuitos derivados, todos monofásicos; cables de energía tipo auto soportado CAAI de 35, 25 y 16mm<sup>2</sup> distintamente, 45 postes c.a.c. 8m y 45 puestas a tierra tipo varilla Cu. Además de ello, 46 conexiones individuales que incluye cada una su acometida de cable concéntrico, caja porta medidor y medidor monofásico digital.
- c. Los resultados de la evaluación económica determinan lo siguiente: El costo total de inversión del Sistema de generación fotovoltaica autónomo (incluido redes secundarias y conexiones individuales) asciende a S/. 1 180 177,07 más reinversión en el año 10 por reposición de baterías ascendente a S/. 277 40,40; cuyo gasto por operación y mantenimiento es S/.33 102,08 al año. El análisis de rentabilidad financiera genera un VAN negativo de -S/. 1 318 608,11; TIR sin existencia; B/C 0,11. Esto indica que el proyecto en términos financieros no es rentable y consecuentemente no viable. Sin embargo, si se logra la participación de un inversionista social que aporte el 100% de los montos de inversión inicial y de reinversión por reposición de equipos en el año 10, tal como se indica en el estudio, debiendo además reajustar los gastos en recursos humanos (Técnico electricista solventado por terceros), se obtendría la viabilidad del proyecto con indicadores TIR de 17,1%; VAN de S/. 8 933,32 y B/C 1,03. Todos los montos indicados incluyen

IGV 18% y los indicadores económicos han sido calculados con tasa de descuento del 13%.

Para la consecución física del presente proyecto, es determinante la participación del estado peruano basado en su rol inclusivo social, que se pondría de manifiesto como actor inversionista aportante del 100% del costo de instalación y reposición de equipos en año 10, sin expectativa de retorno de la inversión. En este sentido, se recomienda que los representantes del caserío Tallapampa efectúen las gestiones pertinentes ante el GORE Lambayeque y/o MD Salas, jurisdicción a la cual pertenecen, de forma tal que se les incluya en los presupuestos participativos de dichos entes de gobierno, e inclusive que este proyecto sea considerado dentro de los planes de electrificación que establece LGER (2006).

Alternativamente, se recomienda que los representantes del caserío Tallapampa efectúen gestiones pertinentes ante algún ONG vinculado con la protección medioambiental, de tal forma que pudieran admitir el presente proyecto, el mismo que se fundamenta en la utilización de energías amigables con la naturaleza. En este aspecto, resaltar la condición social y de ubicación rural alejada y no vinculada al servicio público de electricidad regional, es determinante.

Con relación a los aspectos netamente técnicos, se recomienda que el expediente técnico definitivo para ejecución del presente proyecto sea elaborado por profesionales especializados en la materia, que incorporen equipos y dispositivos de última generación, ya que, siendo esta tecnología de vanguardia, ocurre la permanente innovación de los diversos equipos y dispositivos por parte de sus fabricantes. Se debe entender así mismo, que este sistema de generación fotovoltaica puede ser ampliado en forma modular, por lo que el eventual crecimiento de la demanda no representa limitación alguna, criterio que debe tenerse presente.

## REFERENCIAS

- Acevedo, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. (tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD José Acevedo y Gómez. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/11352/10097742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acuerdo de París (2015). *Paris Agreement*. 12 de diciembre de 2015. Recuperado de [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf)
- Aguiar, I., Diaz, N., García, Y., Hernández, M., Ruiz, M., Santana, D. y Verona, M. (2006). *Finanzas corporativas en la práctica*. (1a ed.). Madrid, España: Delta. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=kLbHgcDyv0IC&pg=PA7&dq=van+tir&hl=es&sa=X&ved=ahUKEwir4vji1O\\_OAhUBXR4KHWxoCKwQ6AEIGjAA#v=onepage&q=van%20tir&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=kLbHgcDyv0IC&pg=PA7&dq=van+tir&hl=es&sa=X&ved=ahUKEwir4vji1O_OAhUBXR4KHWxoCKwQ6AEIGjAA#v=onepage&q=van%20tir&f=false)
- Bardales, J. (2016). *Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas, 2016*. (tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo. Cajamarca, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8935/bardales\\_ej.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/8935/bardales_ej.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Canadian Solar (2020). *MAXPoWER CS6U-315/320/325/330P*. Lima, Perú: Delta Volt SAC. Recuperado de <https://deltavolt.pe/documentos/canadian-solar-datasheet-maxpower-CS6U-P.pdf>
- Cantos, J. (2016). *Configuración de Instalaciones solares fotovoltaicas*. (1a ed.). Madrid, España: Paraninfo S.A. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=EHDICwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=instalaciones+solares+fotovoltaicas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQ1Jf59crrAhVS1VkKHcVHBBsQ6AEwAnoECAQQAg#v=onepage&q=instalaciones%20solares%20fotovoltaicas&f=false>
- Castejón, A. y Santamaria, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. (1a ed.). Madrid, España: Editex S.A. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=ayq8AwAAQBAJ&dq=instalaciones+solares+fotovoltaicas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwix8NPx9srrAhXMwFkKHZg2Aoc4ChDoATAAegQIABAC>
- CELSA (2020). *Conductores eléctricos*. Lima, Perú: Conductores Eléctricos Lima S.A. Recuperado de <https://www.celsa.com.pe/Celsa.pdf>
- DF Electric (2020). *Fusibles y bases fotovoltaicas*. Barcelona, España: DF Electric. Recuperado de <https://dfelectric.es/documentacion/documentos-fotovoltaicos/fusibles-y-bases-fotovoltaicos.pdf>



- Díaz, 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*. (tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2502>
- Erossa, V. (2004). *Proyectos de inversión en ingeniería*. (1a ed.). México D.F., México: Limusa S.A. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=radgq2zQxH0C&printsec=frontcover&dq=proyectos+de+inversion+en+ingenieria&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipgL6v9fDOAhXEWSYKHdf2CLkQ6AEIMjAA#v=onepage&q=proyectos%20de%20inversion%20en%20ingenieria&f=false>
- Gamio, P. (2017). *Energía: Un cambio necesario en el Perú*. *Revista Kawsaypacha* (1), 93-135. doi:10.18800/kawsaypacha.201701.004 Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/19646/19740>
- Generatuluz-MPPT (2020). Generatuluz. *Regulador solar MPPT*. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/que-es-un-regulador-solar-mppt/>
- Generatuluz-PWM (2020). Generatuluz. *Regulador solar PWM*. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-Carga/reguladores/funciones-regulador-solar-pwm/>
- Generatuluz-PWM MPPT (2020). Generatuluz. *Comparativa reguladores PWM – MPPT*. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/comparativa-entre-reguladores-pwm-y-mppt/>
- Huancas, I. (2019). *Diseño de una microred híbrida eólico solar para suministrar con energía eléctrica al centro poblado Señor de la Humildad del distrito de Incahuasi – Ferreñafe Lambayeque*. (tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8133>
- Green Energy (2020). *Alumbrado público solar*. A & A Ingenieros & cia. E.I.R.L.: Lima, Perú. Recuperado de <http://greenenergy.com.pe/alumbrado-publico-solar/>
- Huancas, J. (2020). *Diseño de una microred híbrida eólico solar para suministrar con energía eléctrica al centro poblado Señor de la Humildad del Distrito de Incahuasi - Ferreñafe - Lambayeque*. (tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/8133/BC-4526%20HUANCAS%20RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEI (2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Censos Nacionales: 1993 IX de Población y IV de Vivienda; 2007 XI de Población y VI de Vivienda; 2017 XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/Censos1993/redatam/>

<http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IDSE/> ;  
<http://censos2017.inei.gob.pe/pubinei/index.asp>

Invierte.pe/SNIP (2020). Sistema nacional de Inversión Pública. *Proyecto de Inversión Pública: Promover las energías renovables para generar energía eléctrica en la localidad de Tallapampa, distrito de salas, provincia Lambayeque – Lambayeque, formato SNIP-03: ficha de registro - banco de proyectos*. Recuperado de <http://ofi4.mef.gob.pe/bp/ConsultarPIP/frmConsultarPIP.asp?accion=consultar&txtCodigo=154530>

Iza, J. (2020). *Diseño de una central fotovoltaica para abastecimiento de energía eléctrica del campus de la escuela técnica nacional*. (tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20749/1/CD%2010267.pdf>

LCE (1992). Decreto Ley N° 25844 - Ley de Concesiones Eléctricas. *El Peruano*. Lima, 19 de noviembre de 1992. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/dl25844.pdf>

LGER (2006). Ley N° 28749- Ley General de Electrificación Rural. *El Peruano*. Lima, 1 de junio de 2006. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/L28749.pdf>

LOGR (2002). Ley N° 27867.- Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. *El Peruano*. Lima, 18 de noviembre de 2002. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2\\_uibd.nsf/67DAE9FB43F0233205257853006501EC/\\$FILE/Ley\\_27867.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/67DAE9FB43F0233205257853006501EC/$FILE/Ley_27867.pdf)

LOM (2003). Ley N° 27972.- Ley Orgánica de Municipalidades. *El Peruano*. Lima, 27 de mayo de 2003. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/BCD316201CA9CDC A05258100005DBE7A/\\$FILE/1\\_2.Compendio-normativo-OT.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDC A05258100005DBE7A/$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf)

Manzana (2017) *Diseño y aplicaciones de energía solar fotovoltaica*. (1a ed.). Lima, Perú: Ambperú. Recuperado de <https://ambperu.com/descargas/energia/201730>

MINEM (2016). Ministerio de Energía y Minas. *Anuario Ejecutivo de Electricidad 2016*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/publicacionesDownload.php?idPublicacion=571>

MINEM DGE 003 (2007). Resolución Directoral N° 003-2007-EM/DGE- Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y Sus Componentes para Electrificación Rural. *El Peruano*. Lima, 22 de febrero de 2007. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rd003-2007.pdf>

MINEM DGE 017 (2003). Resolución Directoral N° 017-2003-EM/DM- Alumbrado de vías públicas en áreas rurales. *El Peruano*. Lima, 31 de enero de 2004. Recuperado de

<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd017-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 020 (2003). Resolución Directoral N° 020-2003-EM/DM- Especificaciones técnicas de montaje de redes secundarias con conductor autoportante para electrificación rural. *El Peruano*. Lima, 31 de enero de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd020-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 023 (2003). Resolución Directoral N° 023-2003-EM/DGE- Especificaciones técnicas de soportes normalizados para líneas y redes secundarias para electrificación rural. *El Peruano*. Lima, 31 de enero de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd023-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 025 (2003). Resolución Directoral N° 025-2003-EM/DGE- Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural. *El Peruano*. Lima, 31 de enero de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd025-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 026 (2003). Resolución Directoral N° 026-2003-EM/DGE- Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de líneas y redes primarias para Electrificación Rural. *El Peruano*. Lima, 31 de enero de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd026-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 030 (2005). Resolución Directoral N° 030-2005-EM/DGE - Reglamento Técnico especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp. *El Peruano*. Lima, 20 de mayo de 2005. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/Reglamento Paneles Solares.pdf>

MINEM DGE 031 (2003). Resolución Ministerial N° 031-2003-EM/DGE- Norma DGE "Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para Electrificación Rural". *El Peruano*. Lima, 2 de marzo de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd031-2003-EM.pdf>

MINEM DGE 034 (2008). Resolución Directoral N° 034-2008-EM/DGE; sobre: Modifican numerales y Tablas de Datos Técnicos Garantizados de la "Especificación Técnica ETS-RS-01" y de la "Especificación Técnica ETS-LP-01 Postes de Concreto Armado". *El Peruano*. Lima, 21 de octubre de 2008. Recuperado de [http://www.gacetajuridica.com.pe/servicios/normaspdf\\_2008/octubre/21-10-2008/21-10-2008.pdf](http://www.gacetajuridica.com.pe/servicios/normaspdf_2008/octubre/21-10-2008/21-10-2008.pdf)

MINEM DGE 055 (2010). Resolución Directoral N° 055-2010-EM/DGE - Sustituyen Especificaciones Técnicas sobre Material para Puesta a Tierra. *El Peruano*. Lima, 28 de setiembre de 2010. Recuperado de

[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R\\_D\\_%20N%C3%82%C2%BA%2005-2010-EM-DGE.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R_D_%20N%C3%82%C2%BA%2005-2010-EM-DGE.pdf)

MINEM DGE 080 (1978). Resolución Directoral N° 080-78-EM- Norma de Conexiones para Suministro de Energía Eléctrica hasta 10 Kw. *El Peruano*. Lima, 16 de marzo de 1978. Recuperado de [http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/011-CE\\_1.pdf](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/011-CE_1.pdf)

MINEM DGE 091 (2002). Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME - Aprueban Norma DGE Terminología en Electricidad y Norma DGE-Símbolos Gráficos en Electricidad. *El Peruano*. Lima, 11 de febrero de 2002. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rm091-2002-em.pdf>  
[http://intranet2.minem.gob.pe/web/electricidad/normas\\_nortersimbo.asp](http://intranet2.minem.gob.pe/web/electricidad/normas_nortersimbo.asp)

MINEM DGE 127 (2005). Resolución Ministerial N° 127-2005-DM- Resolución restituye la vigencia de la norma DGE 011-1 de Conexiones para Suministros de Energía Eléctrica hasta 10 KV. *El Peruano*. Lima, 4 de abril de 2005. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rm127-2005.pdf>

MINEM DGE 203 (2015). Resolución Directoral N° 203-2015-MEM/DGE - Norma DGE “Especificación Técnica para Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural”. *El Peruano*. Lima, 24 de setiembre de 2015. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/EETT%20Sistemas%20Fotovoltaicos%20y%20Componentes.pdf>

MINEM DGE 272 (2016). Resolución Directoral N° 272-2016-MEM/DGE que aprueba la Norma DGE "Especificaciones Técnicas y el Procedimiento de Evaluación de un Sistema Pico Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural". *El Peruano*. Lima, 11 de noviembre de 2016. Recuperado de [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/RD\\_N\\_272-2016-MEM-DGE-VF.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/RD_N_272-2016-MEM-DGE-VF.pdf)

MINEM DGE 324 (1978). Resolución Directoral N° 324-78-EM/DGE - Norma de postes, crucetas y ménsulas de madera y concreto armado para redes de distribución. *El Peruano*. Lima, 20 de octubre de 1978. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/normas/dge015-pd-1.pdf>

MINEM DGE 442 (2004) Resolución Ministerial N° 442-2004-MEM/DM- Sustituyen la Norma DGE 011-CE-1 por la Norma DGE “Conexiones Eléctricas en Baja Tensión en Zonas de Concesión de Distribución”. *El Peruano*. Lima, 30 de octubre de 2004. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rm442-2004.pdf>

NASA-Climat (2017). National Aeronautics and Space Administration. *NASA, NOAA Data Show 2016 Warmest Year on Record Globally - NASA Report*: 18 de enero de

2017. Recuperado de <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-data-show-2016-warmest-year-on-record-globally>
- NASA-Power (2020). National Aeronautics and Space Administration. *Power data access viewer*. Recuperado de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- OSINERGMIN (2017). Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*: Febrero 2017. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf)
- OSINERGMIN (2019). Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*: Noviembre 2019. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf)
- OSINERGMIN-Tarifa fotovoltaico (2020). Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. *Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos - sábado, 04 de julio del 2020*. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/gart/PliegosTarifarios/TFBT8\\_04072020.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gart/PliegosTarifarios/TFBT8_04072020.pdf)
- Passos, M., Alarcon, A. y Dalaison, W. (2018). *Guía práctica para la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de infraestructura social*. (1a ed.). Madrid, España: BID. Recuperado de [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/\\_-SOL--LUZ-Gu%C3%ADa-pr%C3%A1ctica-para-la-implementaci%C3%B3n-de-sistemas-fotovoltaicos-en-proyectos-de-infraestructura-social.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/_-SOL--LUZ-Gu%C3%ADa-pr%C3%A1ctica-para-la-implementaci%C3%B3n-de-sistemas-fotovoltaicos-en-proyectos-de-infraestructura-social.pdf)
- Pérez, M. y Rodríguez, Y. (2019). *Installation of a Photovoltaic Power Plant at Health Center*. Universidad de ciencias pedagogicas Enrique J. Varona. Cuba. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/335700797\\_Installation\\_of\\_a\\_Photovoltaic\\_Power\\_Plant\\_at\\_Health\\_Center](https://www.researchgate.net/publication/335700797_Installation_of_a_Photovoltaic_Power_Plant_at_Health_Center)
- Protocolo de KYoto (1997) . *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. 11 de diciembre de 1997. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- RLCE (1993). Decreto Supremo N° 009-93-EM - Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. *El Peruano*. Lima, 27 de mayo de 2003. Recuperado de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/ds009-93.pdf>
- RLGER (2007). Decreto Supremo N° 025-2007-EM Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural. *El Peruano*. Lima, 3 de mayo de 2007. Recuperado de

<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/ds025-2007.pdf>

Rodríguez, M., Vázquez, A., Vélez, A. y Saltos, W. (2018). *Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales*. Revista Científica, 33(3), 265-274. Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>

Rolls Battery Engineering (2020). *Product Line – Renewable Energy*. Nova Scotia, Canada: Surrette Battery Company Ltd. Recuperado de <https://rollsbattery.com/wp-content/uploads/2019/11/RE-sheet.pdf>

Sánchez, A., Martínez, D., Santos, R., Ortega, J. y Sánchez, P. (2017). *Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. (1a ed.). México: UNAM-IER Recuperado de [http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/produccion\\_cientifica\\_libro\\_fotovoltaico\\_4.html](http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/produccion_cientifica_libro_fotovoltaico_4.html)

SENAHMI (2003). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. *Proyecto per/98/g31: electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú - Atlas de energía solar del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/343>

SFE SOLAR (2020). Sunfields Europe. *Energía fotovoltaica: Radiación, Irradiancia, Azimut y Hora sol Pico*. Edición 5 de junio de 2018 Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

Solaris PV (2020). *Software Solaris PV*. Avellino, Italia: ACCA software. Recuperado de <https://www.accasoftware.com/es/software-calculo-instalacion-fotovoltaica>

Valdera, F. (2016). *Propuesta de un diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el c.p. Calerita - Chiclayo, 2016*. (tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10092/valdera\\_sf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10092/valdera_sf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Victron Energy-MPPT (2020). *Controladores de carga smart solar*. Almere, The Netherlands: Victron Energy B.V. Recuperado de <https://www.victronenergy.com/es/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>

Victron Energy-RS (2020). *Inversor RS solar*. Almere, The Netherlands: Victron Energy B.V. Recuperado de <https://www.victronenergy.com/es/upload/documents/Datasheet-Inverter-RS-Smart-ES.pdf>

Wikipedia-Astronomía (2020). Wikipedia en español. *Altura (astronomía)*. Edición 27 de julio de 2020 a las 06:00. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Altura\\_\(astronom%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Altura_(astronom%C3%ADa))

Wikipedia-Crecimiento poblacional (2020). Wikipedia en español. *Cálculo de Crecimiento poblacional*. Edición 27 de agosto de 2020 a las 22:12. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento\\_poblacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_poblacional)

Wikipedia-Espectro electromagnético (2020). Wikipedia en español. *Espectro electromagnético*. Edición 28 de agosto de 2020 a las 22:08. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

Wikipedia-GEI (2020). Wikipedia en español. *Gases de efecto invernadero – Definición*. Edición 25 de agosto de 2020 a las 20:37. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Gas de efecto invernadero](https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_de_efecto_invernadero)

Wikipedia-RER (2020). Wikipedia en español. *Recurso energético*. Edición 12 de agosto de 2020 a las 22:33. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Recurso\\_energ%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Recurso_energ%C3%A9tico)

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Operacionalización de las variables.

Anexo 3: Instrumentos

Anexo 4: Validación de instrumentos por juicio de expertos

Anexo 5: Información técnica

5.1 Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales

5.2 Metrados y presupuesto

5.3 Ubicación, planos y láminas de detalle

Anexo 6: Información complementaria

6.1 Pliego tarifario fotovoltaico zona rural – Osinergmin

6.2 Anexo 3 – SNIP 154530



**ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Manifestaciones del problema	Afectación en la calidad de vida de los pobladores del caserío Tallapampa del distrito Salas provincia y departamento Lambayeque, por acceso limitado a la información, cultura, integración nacional, servicios de salud, entre otros, por no disponer del servicio de energía eléctrica.
Problema	¿Mediante el diseño de un Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), se podrá suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque?
Causas que originan el Problema	La ausencia del servicio público de electricidad en el caserío Tallapampa tiene su motivación por encontrarse geográficamente ubicado fuera de los polígonos de atención de la concesionaria Electronorte S.A. (concesionaria en la región Lambayeque). Así mismo, los elevados costos de la infraestructura eléctrica convencional para empalmarse a las redes de la concesionaria (distante a más de 15 kilómetros) y la limitada disponibilidad de recursos económicos de sus pobladores, imposibilitan que el suministro eléctrico pueda ser efectuado convencionalmente por sus propios medios.
Objeto de la Investigación	Sistema de generación fotovoltaica autónomo no interconectado, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales)
Objetivo General de la Investigación	Efectuar el diseño de un Sistema para generación eléctrica fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), para suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Calcular la Máxima Demanda del caserío Tallapampa.</li> <li>b. Diseñar el Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales) para el caserío Tallapampa.</li> <li>c. Efectuar la evaluación económica del Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y</li> </ul>

	conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales) para el caserío Tallapampa.
Campo de la investigación	Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente
Título de la Investigación	“Diseño de sistema fotovoltaico off-grid, red secundaria y conexiones domiciliarias para suministro eléctrico al caserío Tallapampa, distrito Salas, provincia Lambayeque”
Hipótesis	Mediante el Sistema de generación fotovoltaica autónomo no conectado a red externa, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales), se puede suministrar energía eléctrica al caserío Tallapampa, del distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque.
Variables	§ Independientes: Sistema de generación fotovoltaica autónomo, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales). § Dependientes: Suministro de energía eléctrica

**ANEXO N° 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Sistema de generación fotovoltaica autónomo, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales)	Instalación que transforma de manera directa la radiación solar en energía eléctrica. (Manzana, 2017, p. 27).	Capacidad del banco de baterías	Amperios hora	Razón
		Determinar la radiación solar	Kilowatts por metro cuadrado	Razón
		Potencia instalada	Vatios	Razón
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Suministro de energía eléctrica	Equipos y materiales para el suministro de energía (MINEM DEG 031, 2003, p. 3) eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.	Demanda de energía de la población	Kilovatios-hora	Razón
		Perdidas de distribución	Kilovatios-hora	Razón

Fuente: Elaboración propia

**VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Sistema de generación fotovoltaica autónomo, redes de distribución secundaria y conexiones a viviendas (incluido a cargas especiales)

**VARIABLE DEPENDIENTE:**

Suministro de energía eléctrica

**ANEXO N° 3 INSTRUMENTOS**

<b>GUIA DE OBSERVACION</b>					
LOCALIDAD	CASERIO TALLAPAMPA				
Finalidad	Determinar la necesidad de energia electrica de lapoblacion				
<b>1 UBICACIÓN</b>					
1.1 Departamento:	LAMBAYEQUE	Provincia:	LAMBAYEQUE	Distrito:	SALAS
1.2 Altitud	1375 m.s.n.m.				
1.3 Latitud	664 235 m E	6° 8'31.81" S	-6.142170°		
1.4 Longitud	9 320 852 m S	79°30'56.74" O	-79.515760°		
<b>2 GEOGRAFIA</b>					
2.1 Perfil del terreno	Accidentado. Cerros				
2.2 Zona inundable	No				
2.3 disponibilidad de area	Si				
<b>3 CLIMA</b>					
3.1 Tipo de clima	Caluroso, semi seco				
3.2 Presencia solar	Si. 75%				
<b>4 POBLACION</b>					
4.1 Numero total de viviendas	31				
4.2 Numero total de habitantes	134				
<b>5 VIVIENDA</b>					
5.1 Tipo de vivienda	Propia				
5.2 Numero de habitaculos	4				
5.3 Material predominante	Adobe/madera				
<b>6 SALUD</b>					
6.1 Existe puesto de salud en la localidad	Si. Posta medica				
6.2 Cual otro mas cercano	Salas				
<b>7 EDUCACION</b>					
7.1 Existe centro de educacion en la localidad	Si. Primaria				
7.2 Cual otro mas cercano	Salas				
<b>8 ACTIVIDADES ECONOMICAS</b>					
8.1 Agricultura	Si	Principales productos	Maiz, panllevar, alverja		
8.2 Ganaderia	Si	Tipo de ganado	Vacuno, porcino		
8.3 Comercio	No	Tipo de comercio			
8.4 Otra actividad	Si	Tipo de actividad	Artesania		
<b>9 SERVICIOS BASICOS</b>					
9.1 Red Agua potable	No	Red Alcantarillado	No		
9.2 Energia electrica	No	Energia solar	No	Energia eolica	No
9.3 Telefono	No	Internet	No	TV Cable	No
<b>10 SERVICIOS BASICOS</b>					
10.1 Templo de culto	Si				
10.2 Salon comunal	Si				
10.3 Otros	---				

## ANEXO N° 4 INSTRUMENTO DE VALIDACION NO EXPERIMENTAL POR JUICIO DE EXPERTOS

**FICHA DE VALIDACIÓN  
DE LA ESTRATEGIA**
**Anexo**
**I. INFORMACION GENERAL**

- 1.1. Nombres y apellidos del validador: .....
- 1.2. Cargo e institución donde labora: .....
- 1.3. Autor del instrumento: .....

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Revisar cada uno de los ítems de la estrategia y marcar con una cruz dentro del recuadro (X), según la calificación que asigne a cada uno de los indicadores.

1. **Deficiente** (si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador)
2. **Regular** (si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador)
3. **Buena** (si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador)

Aspectos de validación del instrumento		1	2	3	Observaciones Sugerencias
Crterios	Indicadores	D	R	B	
• PERTINENCIA	La estrategia posibilita transformar lo previsto en los objetivos de investigación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• COHERENCIA	Las acciones planificadas y los indicadores de evaluación responden a lo que se debe medir en la variable, sus dimensiones e indicadores.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• CONGRUENCIA	Cada parte de la estrategia es congruentes entre sí y con los conceptos que se miden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• SUFICIENCIA	Las etapas de la estrategia son suficientes en cantidad para transformar la práctica expresada en la variable, sus dimensiones e indicadores.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• OBJETIVIDAD	Cada una de las etapas posibilita contrastar los comportamientos y acciones observables, que serán modificadas según el diagnóstico fáctico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• CONSISTENCIA	Las partes de la estrategia se han formulado en concordancia a los fundamentos epistemológicos (teóricos y metodológicos) de la variable a modificar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• ORGANIZACIÓN	Las etapas y sesiones de la estrategia han sido elaboradas secuencialmente y distribuidas de acuerdo a dimensiones e indicadores de cada variable, de forma lógica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• CLARIDAD	Las etapas o sesiones de la estrategia están redactados en un lenguaje científicamente asequible para los sujetos a evaluar. (metodologías aplicadas, lenguaje claro y preciso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• FORMATO	Cada una de las partes o sesiones de la estrategia que se evalúa están escritos respetando aspectos técnicos exigidos para su mejor comprensión (tamaño de letra, espaciado, interlineado, nitidez, coherencia).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
• ESTRUCTURA	La estrategia gerencial cuenta con los fundamentos, diagnóstico, objetivos, planeación estratégica y evaluación de los indicadores de desarrollo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>CONTEO TOTAL</b>					
(Realizar el conteo de acuerdo a puntuaciones asignadas a cada indicador)		<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>Total</b>

Coefficiente de validez :  $\frac{A+B+C}{30} =$

Intervalos	Resultados
0.00 – 0.49	Validez nula
0.50 – 0.59	Validez muy baja
0.60 – 0.69	Validez baja
0.70 – 0.79	Validez aceptable
0.80 – 0.89	Validez buena
0.90 – 1.00	Validez muy buena

**III. CALIFICACIÓN GLOBAL**

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

## **ANEXO N° 5 INFORMACION TECNICA**

### **Anexo 5.1 Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales**

- a. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Panel fotovoltaico
- b. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Batería (acumulador eléctrico)
- c. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Controlador (regulador) de carga eléctrica
- d. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Inversor de potencia
- e. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Medidor de energía eléctrica
- f. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Cables y conductores eléctricos
- g. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Postes y accesorios

### **Anexo 5.2 Metrados y presupuesto**

- a. Planilla de metrados poste por poste Red Secundaria “Tallapampa”
- b. Presupuesto referencial Red Secundaria “Tallapampa” – Suministro de materiales
- c. Presupuesto referencial Red Secundaria “Tallapampa” – Montaje electromecánico
- d. Presupuesto referencial Sistema de generacion electrica “Tallapampa” – Suministro de materiales
- e. Presupuesto referencial Sistema de generacion electrica “Tallapampa” – Montaje electromecánico
- f. Resumen consolidado de Presupuestos referenciales: Sistema de generacion electrica y Red Secundaria “Tallapampa”

### **Anexo 5.3 Ubicacion, planos y láminas de detalle**

- a. Ubicacion georegerenciada caserio Tallapampa, distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque
- b. Lamina general Red Secundaria “Tallapampa” 220V 1Ø
- c. Sala de control “Tallapampa” 8361Ah 48V
- d. Patio de módulos fotovoltaicos “Tallapampa” 26,88kWp 48V
- e. Laminas de diseño referencial Resolucion Ministerial 442 -2004-MEM/DM

## Anexo 5.1 Equipos y materiales






### a. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Panel fotovoltaico



## MAXPOWER CS6U-315 | 320 | 325 | 330P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

#### KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency of up to 16.97 %
-  Outstanding low irradiance performance of up to 96.0 %
-  No. 1 PTC High PTC rating of up to 91.55 %
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

**25** years linear power output warranty

**10** years product warranty on materials and workmanship

#### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2008 / Quality management system  
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

#### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CQC / MCS / INMETRO / CEC AU  
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)  
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE  
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1  
IEC 60068-2-68: SGS  
Take-e-way



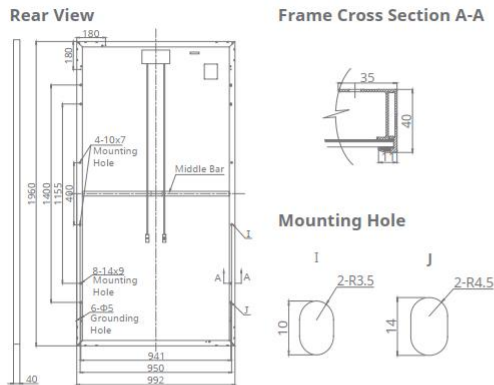
\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 17 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

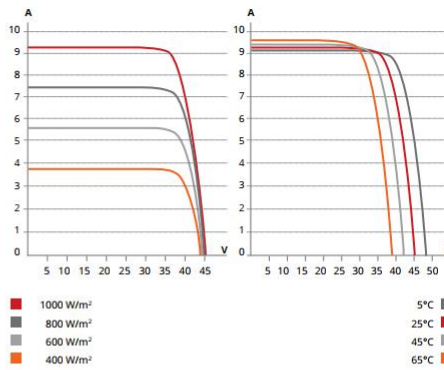
#### CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com), [support@canadiansolar.com](mailto:support@canadiansolar.com)

## ENGINEERING DRAWING (mm)



## CS6U-320P / I-V CURVES



## ELECTRICAL DATA | STC\*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

## MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6×12)
Dimensions	1960×992×40 mm (77.2×39.1×1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

## ELECTRICAL DATA | NOCT\*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 A

\* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

## PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.0 % from irradiances, between 1000 W/m² and 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

## PARTNER SECTION



CANADIAN SOLAR INC. Jan. 2017. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.531\_EN

Fuente: <https://deltavolt.pe/documentos/canadian-solar-datasheet-maxpower-CS6U-P.pdf>



**b. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Batería (acumulador eléctrico)**



FLOODED	MODEL	BCI	20 HR	100 HR	TERMINAL	DIMENSIONS	WEIGHT
2VOLT							L x W x H (incl terminal)
SERIES 4000	S2 L16	L16	1169	1344	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 43.2 cm	54.5 kg
SERIES 4000	S2 L16-HC	L16	1335	1535	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 43.2 cm	57.5 kg
SERIES 4000	S2 L16-SC	L16	1503	1728	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 43.2 cm	59 kg
SERIES 4500	S2 L16-EX	L16	1040	1342	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 43.2 cm	58 kg
SERIES 5000	2 KS 33P	SPEC	1837	2369	FLAG	39.2 cm x 21.1 cm x 63.0 cm	94 kg
SERIES 5000	2 OS 33P	SPEC	1955	2522	FLAG	39.2 cm x 21.1 cm x 63.0 cm	100.5 kg
SERIES 5000	2 YS 27P	SPEC	2190	2825	FLAG	35.6 cm x 22.9 cm x 80.3 cm	111.5 kg
SERIES 5000	2 YS 31P	SPEC	2527	3260	FLAG	39.4 cm x 22.9 cm x 80.3 cm	129 kg
SERIES 5000	2 YS 62P	SPEC	5054	6520	FLAG	69.5 cm x 22.9 cm x 80.3 cm	258.5 kg
4VOLT							L x W x H (incl terminal)
SERIES 5000	4 CS 17P	SPEC	568	733	FLAG	36.5 cm x 21.0 cm x 46.4 cm	58 kg
SERIES 5000	4 KS 21P	SPEC	1148	1481	FLAG	40.0 cm x 23.8 cm x 62.9 cm	121 kg
SERIES 5000	4 KS 25P	SPEC	1404	1811	FLAG	40.0 cm x 27.0 cm x 62.9 cm	142.5 kg
SERIES 5000	4 KS 27P	SPEC	1518	1959	FLAG	40.0 cm x 27.0 cm x 62.9 cm	153.5 kg
6VOLT							L x W x H (incl terminal)
SERIES 4000	S6 GC2	GC2	210	269	DT	25.9 cm x 18.1 cm x 27.9 cm	28 kg
SERIES 4000	S6 GC2-HC	GC2	230	294	DT	25.9 cm x 18.1 cm x 27.9 cm	31.5 kg
SERIES 4000	S6 145	GC2H	250	320	DT	25.9 cm x 18.1 cm x 29.0 cm	32 kg
SERIES 4000	S6 L16	L16	390	449	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 42.5 cm	51 kg
SERIES 4000	S6 L16-HC	L16	445	512	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 42.5 cm	55.5 kg
SERIES 4000	S6 L16-SC	L16	487	580	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 42.5 cm	56.5 kg
SERIES 4500	S6 L16-EX	L16	371	479	LT	31.8 cm x 18.1 cm x 42.5 cm	59 kg
SERIES 5000	6 CS 17P	SPEC	568	733	FLAG	55.9 cm x 21.0 cm x 46.4 cm	100 kg
SERIES 5000	6 CS 21P	SPEC	710	916	FLAG	55.9 cm x 24.8 cm x 46.4 cm	122.5 kg
SERIES 5000	6 CS 25P	SPEC	853	1100	FLAG	55.9 cm x 28.6 cm x 46.4 cm	144 kg
SERIES 5000	6 CS 27P	SPEC	929	1198	FLAG	55.9 cm x 28.6 cm x 46.4 cm	155 kg
8VOLT							L x W x H (incl terminal)
SERIES 5000	8 CS 17P	SPEC	568	733	FLAG	71.8 cm x 21.0 cm x 46.4 cm	133 kg
SERIES 5000	8 CS 25P	SPEC	853	1100	FLAG	71.8 cm x 28.6 cm x 46.4 cm	192 kg
SERIES 5000	8 CS 27P	SPEC	929	1198	FLAG	71.8 cm x 28.6 cm x 46.4 cm	207 kg
12VOLT							L x W x H (incl terminal)
SERIES 4000	S12 24	24	85	106	DT	27.9 cm x 17.1 cm x 23.8 cm	21.5 kg
SERIES 4000	S12 27	27	105	140	DT	32.1 cm x 17.1 cm x 23.8 cm	24.5 kg
SERIES 4000	S12 31	31	130	173	DT	33.0 cm x 17.1 cm x 24.1 cm	29.5 kg
SERIES 4000	S12 GC	GC12	155	206	UTL	33.3 cm x 18.2 cm x 27.4 cm	37.5 kg
SERIES 4000	S12 185	921	210	279	DT	39.1 cm x 17.8 cm x 36.5 cm	52 kg
SERIES 5000	12 CS 11P	SPEC	357	504	FLAG	55.9 cm x 28.6 cm x 46.4 cm	123 kg

SERIES 4000 - 3 year full replacement  
 SERIES 4500 - 4 year full replacement  
 SERIES 5000 - 5 year full replacement

# Rolls



## FLOODED DEEP CYCLE BATTERY

### 6 CS 27P



Series	5000	Warranty	See Warranty Terms
Volts	6	BCI	SPEC
Cells	3	Plates/Cell	27
Terminal Type	Flag		
Included Hardware	S/S Hex Cap Screw, Nut, Lock & Flat Washer		
Size & Thread	5/16"-18		

Charge	
Charge Voltage Range	2.45-2.5 V/cell @ 25°C (77°F)
Float Voltage Range	2.25 V/cell @ 25°C (77°F)
Self-Discharge Rate	5%-10% per month at 25°C (77°F)

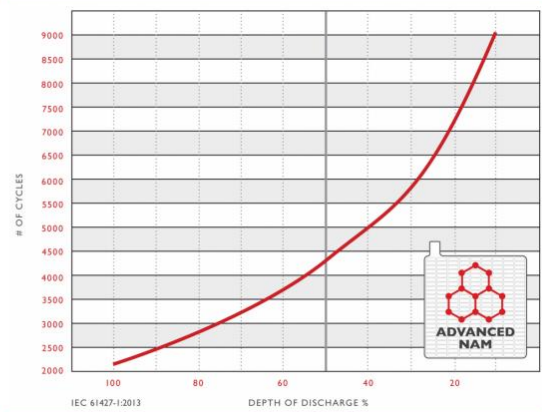
Capacity	
Cold Crank Amps (CCA) 0°F / -17°C	2264
Marine Crank Amps (MCA) 32°F / 0°C	2830
Reserve Capacity (RC @ 25A)	2229 Minutes
Reserve Capacity (RC @ 75A)	743 Minutes

Hour Rate	Capacity / AMP Hour	Current / AMPs
@ 100 Hour Rate	<b>1198 AH</b>	<b>11.98 A</b>
@ 72 Hour Rate	<b>1133 AH</b>	<b>15.74 A</b>
@ 50 Hour Rate	<b>1073 AH</b>	<b>21.45 A</b>
@ 20 Hour Rate	<b>929 AH</b>	<b>46.44 A</b>
@ 15 Hour Rate	<b>864 AH</b>	<b>57.58 A</b>
@ 10 Hour Rate	<b>827 AH</b>	<b>82.66 A</b>
@ 8 Hour Rate	<b>799 AH</b>	<b>99.84 A</b>
@ 5 Hour Rate	<b>743 AH</b>	<b>148.60 A</b>
@ 1 Hour Rate	<b>418 AH</b>	<b>417.92 A</b>

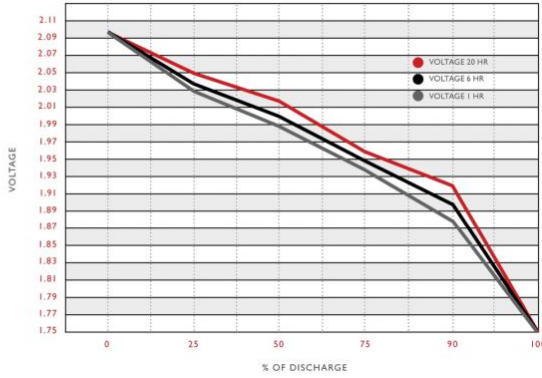
Amphere hour capacity ratings based on specific gravity of 1.280 at 25°C (77°F). Reduce capacities 5% for specific gravity of 1.265 and 10% for 1.250.

Specifications		
<b>Certified System</b>  <b>ISO 9001 Quality</b>	Weight	155 kg      341.5 lbs
	Length	55.9 cm      22"
	Width	28.6 cm      11.25"
	Height Inc. Term.	46.4 cm      18.25"
	Electrolyte Reserve	95 mm      3.75"
Container (Inner)	Polypropylene	
Cover (Inner)	Polypropylene - heat sealed to inner container	
Container (Outer)	High Density Polyethylene	
Cover (Outer)	High Density Polyethylene snap fit to outer container	
Handles	Molded	

### Cycle Life vs. Depth of Discharge

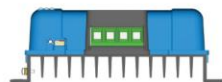
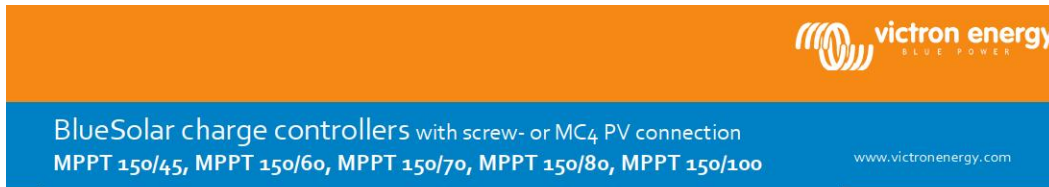


### Voltage vs. Depth of Discharge



Fuente: <https://www.rollsbattery.com/battery/6-cs-27p/?pdf=7924>

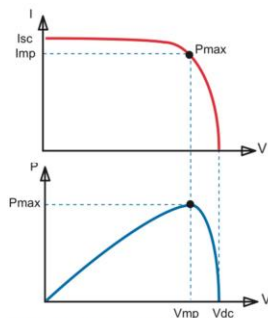
## c. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Controlador (regulador) de carga eléctrica



Solar charge controller  
MPPT 150/70-Tr



Solar charge controller  
MPPT 150/70-MC4



Maximum Power Point Tracking

**Upper curve:**  
Output current (I) of a solar panel as function of output voltage (V).  
The maximum power point (MPP) is the point Pmax along the curve where the product  $I \times V$  reaches its peak.

**Lower curve:**  
Output power  $P = I \times V$  as function of output voltage.  
When using a PWM (not MPPT) controller the output voltage of the solar panel will be nearly equal to the voltage of the battery, and will be lower than Vmp.

### Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a cloudy sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

### Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve.

Conventional MPPT's tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP.

The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

### Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%.

### Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight preprogrammed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

### Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.

PV short circuit and PV reverse polarity protection.

PV reverse current protection.

### Internal temperature sensor

Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

### Real-time data display options

- Apple and Android smartphones, tablets and other devices:

see the VE.Direct to Bluetooth Smart dongle

- ColorControl panel



BlueSolar charge controller	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Battery voltage	12 / 24 / 48 V Auto Select (software tool needed to select 36 V)				
Rated charge current	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Maximum PV power, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Maximum PV power, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Maximum PV power, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum				
Maximum efficiency	98 %				
Self-consumption	10 mA				
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (adjustable)				
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (adjustable)				
Charge algorithm	multi-stage adaptive				
Temperature compensation	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C				
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature				
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)				
Humidity	95 %, non-condensing				
Data communication port and remote on-off	VE.Direct (see the data communication white paper on our website)				
Parallel operation	Yes (not synchronized)				
<b>ENCLOSURE</b>					
Colour	Blue (RAL 5012)				
PV terminals 2)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (Tr models), or Dual MC4 connectors (MC4 models)				
Battery terminals	35 mm <sup>2</sup> / AWG2				
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)				
Weight	3 kg			4,5 kg	
Dimensions (h x w x d)	Tr models: 200 x 250 x 95 mm MC4 models: 230 x 250 x 95 mm			Tr models: 216 x 295 x 103 mm MC4 models: 246 x 295 x 103 mm	
<b>STANDARDS</b>					
Safety	EN/IEC 62109				
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum.					
1b) PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter minimum PV voltage is Vbat + 1V					
2) MC4 models: several splitter pairs will be needed to parallel the strings of solar panels					

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40  
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Fuente: <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>

## d. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Inversor de potencia



### Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Phoenix Inverter  
24/5000

#### SinusMax - Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

#### Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

#### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

#### Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

#### Interfaz para el ordenador

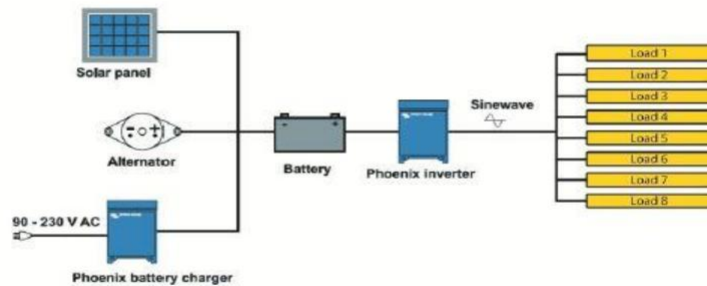
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VECfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com), se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VENEt, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

#### Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com).



Phoenix Inverter Compact  
24/1600



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 9700 | Fax: +31 (0)36 535 9740  
E-mail: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com) | [www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
<b>INVERSOR</b>					
Rango de tensión de entrada (VDC)	9.5 – 17V 19 – 23V 28 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0.1% (I)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12 / 24 / 48V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
<b>GENERAL</b>					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VEBus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerador por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
<b>CARACTERÍSTICAS</b>					
Características comunes	Material y color aluminio (azul PAL5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1.5 metros se incluye		Pernos M8		2+2 Pernos M8
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST 18		Abrazadera resorte		Bornes a tornillos
Peso (kg)	10		12		18 30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125		362x258x218 444x328x240
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC		2004/104/EC		2004/104/EC
1) Puede ajustarse a 60 Hz, ya 240V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subcarga o de C/D como sistema arrancado un generador es necesario el interruptor MK2 y el software VIconfigure. Capacidad nominal CA 2.39V / 4k. Capacidad nominal ICC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta a 60VDC.	4) Protección: a Cortocircuito de salida b Sobrecarga c Tensión de la batería demasiado alta d Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



**Panel de Control para Inversor Phoenix**  
También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.



**Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador**  
Hay varias interfaces disponibles:  
- Convertidor MK2.2 VEBus a RS232  
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VIconfigure")  
- Convertidor MK2-USB VEBus a USB  
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VIconfigure)  
- Convertidor VEBus a VE.Bus  
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)  
- Convertidor VEBus a NMEA 2000  
- Victor Global Remote  
El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron Multi. Cuando el inversor es una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.  
- Victor Ethernet Remote  
Para conectar a Ethernet.



**Monitor de baterías BMV**  
El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de batería).

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40  
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Fuente: <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Phoenix-Inverter-1200VA-5000VA-ES.pdf>

e. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Medidor de energía eléctrica

ACSA



FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO  
Características

Medidor digital monofásico 2 hilos 220V/5(60)A DDS5558  
TKL



COD. 14160

Diagrama de conexión

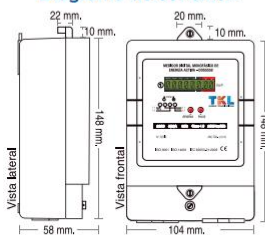
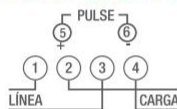


Diagrama de conexión



Descripción del producto:	Alta calidad y mayor durabilidad. Medición de energía activa. Sistema compacto de alta confiabilidad. Alta inmunidad al ruido. Fácil de usar
Operatividad:	El led de pulso brilla indicando que el medidor detecta impulso de energía. Registro de energía: 999999.99 kWh Los registros energéticos se mantienen durante 10 años después del corte de energía al medidor.
Estándar de referencia:	IEC 62053-21
Precisión:	Clase 1
Medición de alcance:	Energía activa (kWh)
Trabajo neto:	1 fase 2 hilos
Tensión nominal:	220V - 240V
Voltaje de operación:	80-110% $\mu$ n
Corriente básica:	5A
Corriente máxima:	60A
Frecuencia nominal:	60Hz
Contador constante:	2000imp/kWh
Intensidad de arranque:	0.004lb
Rastreo:	Ninguna corriente menor a una salida de impulsos
Consumo de energía:	Corriente de circuito: 0.05VA Circuito de tensión: 1.0W
Temperatura de funcionamiento:	-25 C° a +70 C° (IEC62052-11)
Temperatura de almacenamiento:	-40 C° a +70 C° (IEC62052-11)

Instalación:

- \* El producto debe ser instalado por un electricista experimentado o un técnico profesional que haya leído las indicaciones en el empaque.
- \* Debe ser instalado en un ambiente seco y ventilado. Soportado a una pared con resistencia al fuego e inamovible a una altura de 1.8m
- \* El medidor deberá ser instalado dentro de un tablero que le proteja contra el polvo o posible daño mecánico.
- \* La conexión debe concordar con el diagrama a continuación o el dibujo en la cubierta adicional.
- \* Utilizar conductores de bronce en la entrada para evitar que el metro sea quemado debido a algún contacto suelto.

## f. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Cables y conductores eléctricos



### CAAI / CAAI-S

#### Usos

Para redes de distribución aérea urbana y rural, con tensiones hasta 1000 V.

#### Descripción

Los cables CAAI-S y CAAI están conformados por dos o tres conductores de fase más uno o dos conductores para alumbrado cableados alrededor de un soporte (portante).

Los conductores de fase y de alumbrado son de aluminio temple duro. El soporte es un cable de acero galvanizado, clase A, tipo Extra High Strength (EHS) para cables tipo CAAI-S y de aleación de aluminio para los cables tipo CAAI. Los conductores y el soporte son aislados con Polietileno Reticulado (XLPE). Los conductores de fase son diferenciados por nervaduras extruídas longitudinalmente sobre el aislamiento.

#### Características

Disminuye el hurto de energía, el polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente, alta resistencia de aislamiento, menor reactancia inductiva que con conductores desnudos, usados en líneas de distribución aérea. Mayor seguridad por la resistencia mecánica y dureza del aislamiento. No se requiere el uso de aisladores para su instalación. Resistente a la abrasión, intemperie, rayos solares.

#### Marcación

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

#### Calibres

10 mm<sup>2</sup> hasta 240 mm<sup>2</sup>

#### Embalaje

En carretes de madera; en longitudes requeridas.

#### Colores

Negro



**Norma(s) de Fabricación**  
NTP 370.254  
**Tensión de servicio**  
0.6/1 kV  
**Temperatura de operación**  
90°C

**TABLA DE DATOS TECNICOS CAAI**

FORMACION	CONDUCTOR DE FASE			CONDUCTOR ADICIONAL (ALUMBRADO)		
	RESISTENCIA OHMICA Rcc 20°C	ESPESOR AISLAMIENTO	CAPACIDAD CORRIENTE	RESISTENCIA OHMICA Rcc 20°C	ESPESOR AISLAMIENTO	CAPACIDAD CORRIENTE
Nº x mm2	Ohm/Km	mm	A*	Ohm/Km	mm	A*
1 x 16 + N25	1.91	1.15	85			
1 x 25 + N25	1.2	1.15	114			
2 x 16 + N25	1.91	1.15	85			
2 x 25 + N25	1.2	1.15	114			
2 x 35 + N25	0.868	1.15	141			
2 x 50 + N35	0.641	1.53	171			
2 x 70 + N50	0.443	1.53	215			
2 x 95 + N70	0.32	1.53	265			
3 x 16 + N25	1.91	1.15	85			
3 x 25 + N25	1.2	1.15	114			
3 x 35 + N25	0.868	1.15	141			
3 x 50 + N35	0.641	1.53	171			
3 x 70 + N50	0.443	1.53	215			
3 x 95 + N70	0.32	1.53	265			
2 x 16 + 1 x 16 + N25	1.91	1.15	85	1.91	1.15	85
2 x 25 + 1 x 16 + N25	1.2	1.15	114	1.91	1.15	85
2 x 35 + 1 x 16 + N25	0.868	1.15	141	1.91	1.15	85
2 x 50 + 1 x 16 + N35	0.641	1.53	171	1.91	1.15	85
2 x 70 + 1 x 16 + N50	0.443	1.53	215	1.91	1.15	85
2 x 95 + 1 x 16 + N70	0.32	1.53	265	1.91	1.15	85
3 x 16 + 1 x 16 + N25	1.91	1.15	85	1.91	1.15	85
3 x 25 + 1 x 16 + N25	1.2	1.15	114	1.91	1.15	85
3 x 35 + 1 x 16 + N25	0.868	1.15	141	1.91	1.15	85
3 x 50 + 1 x 16 + N35	0.641	1.53	171	1.91	1.15	85
3 x 70 + 1 x 16 + N50	0.443	1.53	215	1.91	1.15	85
3 x 95 + 1 x 16 + N70	0.32	1.53	265	1.91	1.15	85
3 x 120 + 1 x 16 + N70	0.253	2.04	305	1.91	1.15	85

\* TEMPERATURA MAXIMA DEL CONDUCTOR= 90°C  
 TEMPERATURA AMBIENTE= 30°C  
 VELOCIDAD DEL VIENTO= 2Km/h  
 CONDUCTORES AISLADOS CABLEADOS (TRENZADOS)

Fuente: [https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es\\_PE/navigate\\_241625/Cables\\_de\\_distribuci\\_n.html](https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es_PE/navigate_241625/Cables_de_distribuci_n.html)



## SET 0,6/1 kV

Conexiones a medidores de energía eléctrica.

### Descripción

#### Aplicación:

Conexiones a medidores de energía eléctrica, acometida aérea a medidores y salidas de éstos a interruptores de servicios, para evitar el robo de energía eléctrica.

#### Construcción:

1. Conductor: Cobre blando, clase 1 (alambre) ó 2 (cableado).
2. Aislamiento: Compuesto de PVC.
3. Conductor concéntrico: Alambres de cobre aplicadas helicoidalmente.
4. Cubierta externa: Compuesto de PVC.

#### Principales características:

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, intemperie, adecuada resistencia a las grasas y al calor. No propaga la llama. Resistencia a los rayos solares.

#### Sección:

Desde 4 mm<sup>2</sup> hasta 16 mm<sup>2</sup>.

#### Marcación:

INDECO S.A. SET 0.6/1 kV - (Nro. conductores+ 01 cond. concéntrico) x sección  
- Año - Metrado secuencial.

#### Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

#### Color:

Aislamiento: Blanco, negro.

Cubierta externa: Negro.



#### Norma

**Internacional** IEC 60228;  
IEC 60332-1; IEC 60502-1;  
IEC 60811-1-1; IEC 60811-1-2;  
IEC 60811-1-3; IEC 60811-1-4;  
IEC 60811-3-1; IEC 60811-3-2

**Nacional** NTP-IEC 60228; NTP-  
IEC 60502-1; UL 1581

#### Normas nacionales

**NTP-IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**NTP-IEC 60502-1:** Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.



## SET 0,6/1 kV

### Datos Técnicos SET 0,6/1 kV

Nro Condu ct.	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Diam. Conductor [mm]	Min. espes. Aislam. [mm]	Sec.Cond.Concéntrico [mm <sup>2</sup> ]	Min. espes. Cubierta [mm]	Diám. sobre cubierta [mm]	Peso aprox. [kg/km]	Amperaje aire 30°C [A]
1	4	2,22	1,0	4	1,2	7,6	122	37
1	6	2,71	1,0	6	1,2	8,3	162	48
1	10	3,52	1,0	10	1,2	10,1	261	66
1	10	3,52	1,0	10	1,8	11,4	293	66
2	6	2,71	1,0	6	1,2	15,1	386	43
2	16	4,88	1,0	16	1,2	19,4	781	80
3	10	3,52	1,0	10	1,2	17,6	627	51

### Lista de Productos

☎=Realizar pedido, 📦=Reservar stock

Ref. Nexans	Nombre	Nro Conduct.	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diam. Conductor (mm)	Min. espes. Aislam. (mm)	Sec.Cond.Concéntrico (mm <sup>2</sup> )	Diám. sobre cubierta (mm)
📦 P00001420-2	SET 0,6/1 kV 2x4 mm <sup>2</sup>	1	4	2,22	1,0	4	7,6
📦	SET 0,6/1 kV 2x6 mm <sup>2</sup>	1	6	2,71	1,0	6	8,3
📦	SET 0,6/1 kV 2x10 mm <sup>2</sup>	1	10	3,52	1,0	10	10,1
📦 P00014762-0	SET 0,6/1 kV 2x10 mm <sup>2</sup>	1	10	3,52	1,0	10	11,4
📦	SET 0,6/1 kV 3x6 mm <sup>2</sup>	2	6	2,71	1,0	6	15,1
📦	SET 0,6/1 kV 3x16 mm <sup>2</sup>	2	16	4,88	1,0	16	19,4
📦 P00004210-0	SET 0,6/1 kV 4x10 mm <sup>2</sup>	3	10	3,52	1,0	10	17,6

☎ = Realizar pedido, 📦 = Reservar stock

--	--	--	--	--	--

Fuente: [https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es\\_PE/pdf-family\\_30321/NYY\\_80\\_600\\_V\\_Unipolar\\_ICEA\\_S\\_95\\_658.pdf](https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es_PE/pdf-family_30321/NYY_80_600_V_Unipolar_ICEA_S_95_658.pdf)

g. Especificaciones técnicas de dispositivos y materiales - Postes y accesorios



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

Designación	Longitud Total L1 (m)	Carga De Trabajo F (kgs)	Diámetro en mm		Peso Aprox. (Kgs)
			Cima Ø Ca (mm)	Cima Ø Bz (mm)	
Postes	5.00	70	90	165	130
Postes	6.00	70	90	180	190
Postes	7.00	100	120	225	300
Postes	7.00	200	120	225	315
Postes	7.00	300	120	225	325
Postes	8.00	200	120	240	450
Postes	8.00	300	120	240	485
Postes	8.00	300	150	270	600
Postes	9.00	200	120	255	530
Postes	9.00	250	140	275	615
Postes	9.00	300	120	255	545
Postes	9.00	300	150	285	650
Postes	9.00	400	150	285	675
Postes	11.00	200	120	285	825
Postes	11.00	300	120	285	950
Postes	11.00	200	150	315	980
Postes	11.00	300	150	315	1050
Postes	11.00	400	150	315	1150
Postes	11.00	400	180	345	1300
Postes	11.00	500	180	345	1420
Postes	11.05	200	150	323	1050
Postes	11.05	400	180	353	1320
Postes	11.05	500	180	353	1350
Postes	12.00	200	120	300	1200
Postes	12.00	200	140	320	1050
Postes	12.00	300	150	330	1200
Postes	12.00	300	160	340	1270
Postes	12.00	400	150	330	1280
Postes	12.00	400	160	242	1450
Postes	13.00	200	140	335	1380
Postes	13.00	300	150	345	1400
Postes	13.00	300	165	360	1500
Postes	13.00	300	180	375	1750
Postes	13.00	400	150	345	1560
Postes	13.00	400	165	360	1600
Postes	13.00	400	180	375	1800
Postes	15.00	400	210	435	2500
Postes	15.00	500	210	435	2750

USO: Líneas aéreas hasta 22.9 KV. - baja tensión o media tensión.

Panamerica Norte Km. 28.5 Complejo Industrial - Puente Piedra  
 Telfs: 548 - 5151 / 548 8393  
 cel: 996 572 081 / 933 629 744 / 994 063 972 / 998 416 763  
 E-Mail: ventas@escarsa.com / ventas3@escarsa.com / www.escarsa.com





## b. Presupuesto referencial Red Secundaria “Tallapampa” – Suministro de materiales

SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS					
PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE		presupuesto 31/07/2020		JEC/FZG	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	CANT	P.UNIT S/	TOTAL S/
<b>1</b>	<b>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</b>				
1.01	POSTE DE CAC 8m/200/120/240	u	12	475.54	5706.48
1.02	POSTE DE CAC 8m/300/120/240	u	33	595.60	19654.80
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>25361.28</b>
<b>2</b>	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</b>				
2.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2x35/P25	m	742.5	16.50	12251.25
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2x16/P25	m	550	4.65	2557.50
2.03	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 3x25/P25	m	225.5	11.50	2593.25
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>17402.00</b>
<b>3</b>	<b>ACCESORIOS DE CABLES AUTO PORTANTES</b>				
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mmr	u	26	13.20	343.20
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm=	u	42	15.45	648.90
3.03	CONECTOR BIMETÁLICO , PARA Al 25mm=/Cu 4-10 mm=. PARA NEUTRO DESNUDO. TIPO CUÑA	u	16	5.57	89.12
3.04	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	146	0.35	51.10
3.05	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	12	6.25	75.00
3.06	CINTA AISLANTE	u	26	3.60	93.60
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>1300.92</b>
<b>4</b>	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE</b>				
4.01	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm2, CUBIERTA NEGRA	m	20	11.76	235.20
4.02	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2x4 mmf , CON AISLAMIENTO Y CUBERTA DE PV	m	0		0.00
4.03	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm=	m	0		0.00
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>235.20</b>
<b>5</b>	<b>LUMINARIAS. LAMPARAS Y ACCESORIOS</b>				
5.01	PASITORAL TUBO A'G <sup>8</sup> 38 mm t, INI.; 500mm AVANCE HORIZ.; /20 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION. PPROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	0		0.00
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	0		0.00
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	0		0.00
5.04	EQUIPO FOTOVOLTAICO AUTONOMO AUTOMATICO P/A.P. 50W	u	9	3755.60	33800.40
5.05	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	0		0.00
5.06	CONECTOR BIM ETÁLICO PARA Al 25 mm= /Cu 4-10 mm=, PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	87	5.92	515.04
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>34315.44</b>
<b>6</b>	<b>RETENIDAS Y ANCLAJES</b>				
6.01	RETENIDA SIMPLE P/POSTE CAC 8M 10m Cable de acero grado siemens martin, de 10 mm o, 7 hilos 1u Perno angular con ojal-guardacabo de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 16 mm o x 203 mm, provisto de tuerca y contratuerca 1u Varilla de anclaje de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> de 16 mm 0 x 2.40 m, prov. de ojal guard. en un extremo; toa y ctca en el otro 1u Arandela de anclaje, de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 102 x 102 x 5 mm. agujero de 18 roma 1u Mordaza preformada de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> para cable de 10 mm o 1u Arandela cuadrada curva de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 57 x 57 x 5 mm, agujero de 18 mma 3m Alambre de acero n <sup>8</sup> 12, para entorchado 1u Bloque de concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	cjt	25	215.63	5390.75
6.02	RETENIDA CONTRAPUNTA P/POSTE CAC 8M 10m Cable de acero grado siemens martin, de 10 mm o, 7 hilos 1u Perno angular con ojal-guardacabo de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 16 mm o x 203 mm, provisto de tuerca y contratuerca 1u Varilla de anclaje de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> de 16 mm 0 x 2.40 m, prov. de ojal guard. en un extremo; toa y ctca en el otro 1u Arandela de anclaje, de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 102 x 102 x 5 mm. agujero de 18 roma 1u Mordaza preformada de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> para cable de 10 mm o 1u Arandela cuadrada curva de a <sup>8</sup> g <sup>8</sup> , 57 x 57 x 5 mm, agujero de 18 mma 1u Soporte de contrapunta de 51 mm0x1000mm de long. con abrazadera partida en un extremo 3m Alambre de acero n <sup>8</sup> 12, para entorchado 1u Bloque de concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	cjt	6	258.69	1552.14
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>6942.89</b>

...viene Presupuesto referencial Red Secundaria “Tallapampa” – Suministro de materiales

SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS						
PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE			presupuesto 31/07/2020		JEC/FZG	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	CANT	P.UNIT S/.	TOTAL S/.	
<b>7</b>	<b>ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS</b>					
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT... LON	u		9.8	0.00	
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT... LON	u	38	10.8	410.40	
7.03	PERNO DE A*G* DE 13mm Ø. PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	38	8.2	311.60	
7.04	PERNO CON OJAL, DE A*G* DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	49	11.2	548.80	
7.05	TUERCA-OJAL DE A*G° PARA PERNO DE 16 mmØ	u	18	8.3	149.40	
7.06	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA. 40 cm LONGITUD	u	36	6.58	236.88	
7.07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm. AGUJERO DE 18mmØ	u	78	2	156.00	
7.08	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BAR	u	16	185	2960.00	
7.09	PORTALINEA UNIPOLAR DE A*G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	76	4.28	325.28	
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>5098.36</b>	
<b>8</b>	<b>PUESTA A TIERRA</b>					
8.01	PUESTA A TIERRA CON VARILLA	u	45	278.63	12538.35	
	1u Varilla copperweld 5/8" x 2.40m					
	12m Conductor Cu desnudo 16mm2					
	1u conector AB					
	1u caja c.a. p/puesta a tierra c/lapa					
	50kg tierra de chacra					
	50kg Sal industrial					
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>12538.35</b>	
<b>9</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>					
9.01	TUBO DE A*G* STANDARD f REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m. PROVISTO DE CODO	u	42	33.49	1406.58	
9.02	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm f x 64mm DE LONGITUD	u	42	1.2	50.40	
9.03	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x50 mm	u	42	0.66	27.72	
9.04	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12	m	35	1.80	63.00	
9.05	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA AI 25 mmYCu 4-10 mm=. PARA FASE AISLADA. UPO PERFORACIÓN	u	11	10.5	115.50	
9.06	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA AI 25 mnr/Cu 4-10 mrrr. PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	15	4.3	64.50	
9.07	TEMPLADOR DE A*G°	u	42	2.1	88.20	
9.08	CAJA METÁLICA PORTAMEDCOR. EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	42	60	2520.00	
9.09	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 X 32A	u	42	34.9	1465.80	
9.10	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	42	79.65	3345.30	
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>9147.00</b>	
<b>10</b>	<b>VARIOS</b>					
	FLETE TRANSPORTE DE MATERIALES (5% CD)	gbl	1	5450	5450.00	
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>5450.00</b>	
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>117791.44</b>	

Fuente: Elaboracion propia

### c. Presupuesto referencial Red Secundaria “Tallapampa” – Montaje electromecánico

MONTAJE ELECTROMECHANICO DE REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS  
 PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE presupuesto 31/07/2020 JEC/FZG

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	CANT	P.UNIT S/.	TOTAL S/.
<b>1</b>	<b>INSTALACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>				
	COMPRENDE EXCAVACION, IZAJE Y CIMENTACION DE ESTRUCTURAS C.A.C.				
1.01	POSTE DE CAC 8m/200/120/240	u	12	85.50	1026.00
1.02	POSTE DE CAC 8m/300/120/240	u	33	85.50	2821.50
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>3847.50</b>
<b>2</b>	<b>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</b>				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
2.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2x35/P25	m	742.50	0.91	675.68
	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2x16/P25		550.00	0.50	275.00
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 3x25/P25	m	225.50	0.65	146.58
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>1097.25</b>
<b>3</b>	<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>				
3.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	u	45	32.50	1462.50
3.02	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	45	20.55	924.75
3.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	u	45	45.60	2052.00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>4439.25</b>
<b>4</b>	<b>INSTALACIÓN DE RETENIDAS</b>				
4.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	u	31	32.50	1007.50
4.02	INSTALACION DE RETENIDAS EN POSTE DE CONCRETO	u	31	20.55	637.05
4.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA	u	31	45.60	1413.60
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>3058.15</b>
<b>5</b>	<b>PASTORALES. LUMINARIAS Y LAMPARAS</b>				
5.01	INSTALACION DE EQUIPO FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA A.P.	u	9	275.00	2475.00
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>2475.00</b>
<b>6</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE CONPRENDE:				
6.01	INSTALACION DE ACOMETIDA DOMICILIARIA (SIN MEDIDOR)	u	42	35.50	1491.00
6.02	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	42	12.55	527.10
6.03	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA ELECTRÓNICO	u	42	25.00	1050.00
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>3068.10</b>
<b>7</b>	<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</b>				
7.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	gbl	1	1500.00	1500.00
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>6145.20</b>
<b>8</b>	<b>VARIOS</b>				
8.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE OBRA	gbl	1	500.00	500.00
8.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS	gbl	1	3000.00	3000.00
8.03	EXPEDIENTE TECNICO DE REPLANTEO	gbl	1	3000.00	3000.00
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>6500.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>30630.45</b>

Fuente: Elaboracion propia



#### d. Presupuesto referencial Sistema de generacion electrica “Tallapampa” – Suministro de materiales

SUMINISTRO DE MATERIALES PARA SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO					
PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE			presupuesto 31/07/2020	JEC/FZG	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	CANT	P.UNIT S/.	TOTAL S/.
<b>1</b>	<b>DISPOSITIVOS Y EQUIPO COMPLEMENTARIO</b>				
1.01	PANEL SOLAR TIPO POLICRISTALINO 320WP MaxPower CS6U-320P	u	168	945.00	158760.00
1.02	REGULADOR DE CARGA MPPT 150/100 VE	u	14	6300.00	88200.00
1.03	BATERIA DE 929AH - 6VDC	u	72	3033.33	218400.00
1.04	INVERSOR DE POTENCIA rs samrt solar 48/6000	u	6	8750.00	52500.00
1.05	TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION 4C-25KW-220V	u	1	12250.00	12250.00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>517860.00</b>
<b>2</b>	<b>CABLES Y CONDUCTORES ELECTRICOS DE COBRE</b>				
2.01	NY Y 0,6/1kV 1x1,5 mm2	m	84	0.85	71.40
2.02	NY Y 0,6/1kV 1x50 mm2	m	120	23.30	2796.00
2.03	NY Y 0,6/1kV 1x120 mm2	m	770	51.50	39655.00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>42522.40</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURAS METALICAS Y ACCESORIOS</b>				
3.01	ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE PANELES SOLARES	gbl	14	1250.00	17500.00
3.02	CANALIZACIONES	gbl	1	3500.00	3500.00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>17500.00</b>
<b>4</b>	<b>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</b>				
4.01	POSTE DE CAC 8m/200 PARA LUMINARIA FOTOVOLTAICA	u	4	475.54	1902.16
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>1902.16</b>
<b>5</b>	<b>LUMINARIAS. LAMPARAS Y ACCESORIOS</b>				
5.01	EQUIPO FOTOVOLTAICO AUTONOMO AUTOMATICO P/A.P. 50W	u	4	3755.60	15022.40
5.02	MATERIAL DE USO ELECTRICO	gbl	1	750.00	750.00
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>15022.40</b>
<b>6</b>	<b>PUESTA A TIERRA</b>				
6.01	PUESTA A TIERRA CON VARILLA	u	10	278.63	2786.30
	1u Varilla copperweld 5/8" x 2.40m				
	12m Conductor Cu desnudo 16mm2				
	1u conector AB				
	1u caja c. a. p/puesta a tierra c/tapa				
	50kg tierra de chacra				
	50kg Sal industrial				
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>2786.30</b>
<b>7</b>	<b>VARIOS</b>				
7.01	FLETE TRANSPORTE DE MATERIALES (5% CD)	gbl	1	25000	25000.00
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>25000.00</b>
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>622593.26</b>

Fuente: Elaboración propia

**e. Presupuesto referencial Sistema de generacion electrica “Tallapampa” – Montaje electromecánico**

MONTAJE ELECTROMECHANICO DE SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO					
PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE			presupuesto 31/07/2020	JEC/FZG	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	CANT	P.UNIT S/.	TOTAL S/.
<b>1</b>	<b>INSTALACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>				
	COMPRENDE EXCAVACION, IZAJE Y CIMENTACION DE ESTRUCTURAS C.A.C.				
1.01	POSTE DE CAC 8m/200	u	4	85.50	342.00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>342.00</b>
<b>2</b>	<b>INSTALACION DE DISPOSITIVOS Y EQUIPO COMPLEMENTARIO</b>				
2.01	MONTAJE Y CONEXIONADO DE PANELES SOLARES EN ESTRUCTURAS METALICAS	u	160	70.88	11340.00
2.02	MONTAJE Y CONEXIONADO DE BATERIAS	gbl	1	16380.00	16380.00
2.03	INSTALACION Y CONEXIONADO DE REGULADOR DE CARGA	gbl	1	8820.00	8820.00
2.04	INSTALACION Y CONEXIONADO DE INVERSOR DE POTENCIA	gbl	1	5250.00	5250.00
2.05	MONTAJE Y CONEXIONADO DE TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION	gbl	1	1225.00	1225.00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>43015.00</b>
<b>3</b>	<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>				
3.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	u	10	32.50	325.00
3.02	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1	u	10	20.55	205.50
3.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	u	10	45.60	456.00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>986.50</b>
<b>4</b>	<b>EQUIPO DE ILUMINACION INTERIOR</b>				
4.01	INSTALACION DE EQUIPO FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA ILUMINACION INTERNA	u	4	275.00	1100.00
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>1100.00</b>
<b>5</b>	<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</b>				
5.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	gbl	1	3500.00	3500.00
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>3500.00</b>
<b>6</b>	<b>VARIOS</b>				
6.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DE OBRA	gbl	1	500.00	500.00
6.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINAS Y EQUIPOS	gbl	1	3000.00	3000.00
6.03	EXPEDIENTE TECNICO DE REPLANTEO	gbl	1	3000.00	3000.00
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>13500.00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>62443.50</b>

Fuente: Elaboración propia

**f. Resumen consolidado de Presupuestos referenciales: Sistema de generacion electrica y Red Secundaria “Tallapampa”**

**RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS**

PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE

presupuesto 31/07/2020 JEC/FZG

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	COSTO REFERENCIAL S/.
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	112341.44
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	30630.45
C	FLETE - TRANSPORTE DE MATERIALES	5450.00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		<b>148421.89</b>

Fuente: Elaboración propia

**RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA**

PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE

presupuesto 31/07/2020 JEC/FZG

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	COSTO REFERENCIAL S/.
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	597593.26
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	62443.50
C	FLETE - TRANSPORTE DE MATERIALES	25000.00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		<b>685036.76</b>

Fuente: Elaboración propia

**RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICA, DISTRIBUCION Y CONEXIONES**

PROYECTO: SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA TALLAPAMPA - LAMBAYEQUE

presupuesto 31/07/2020 JEC/FZG

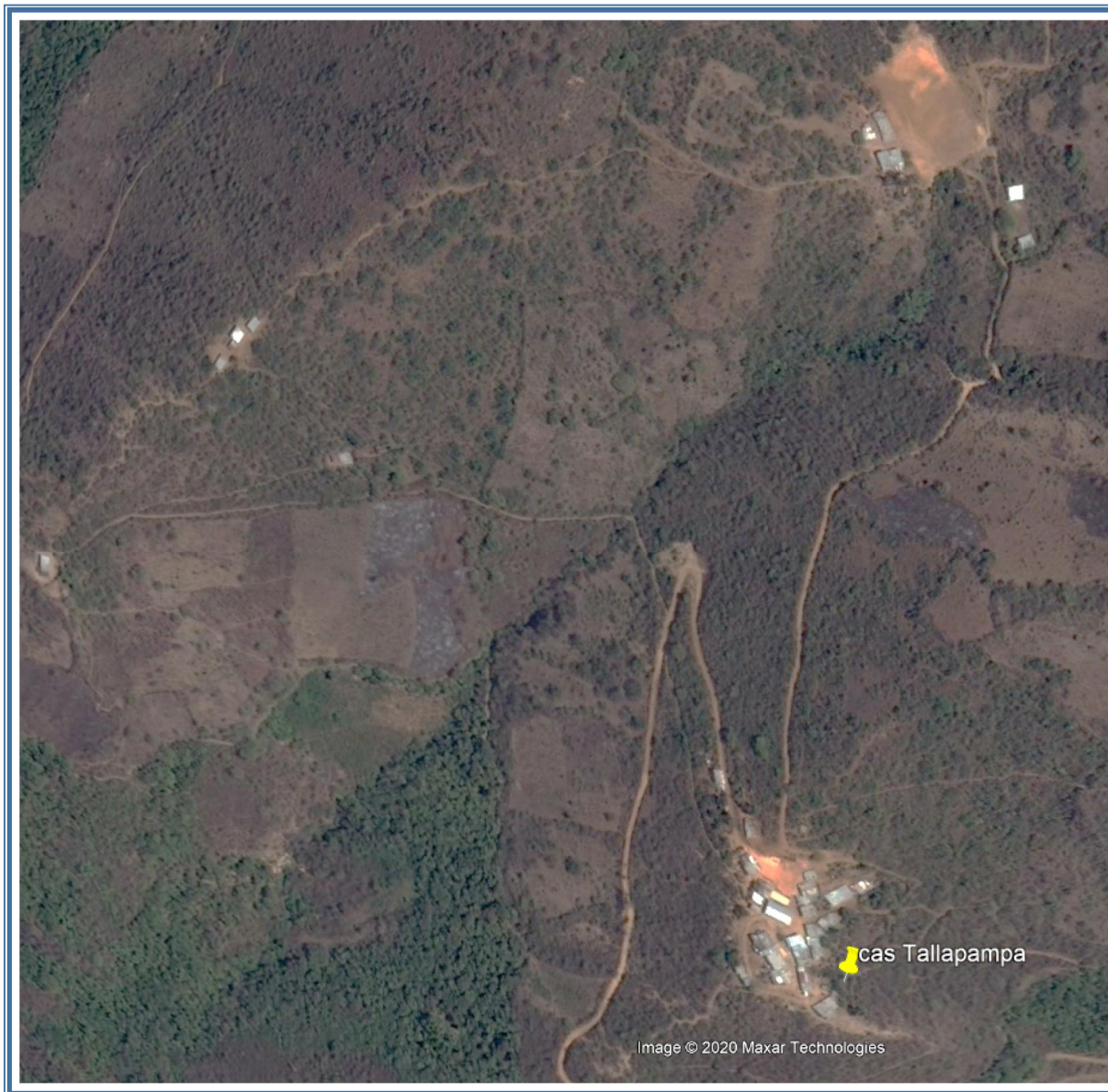
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	COSTO REFERENCIAL S/.
A	PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE GENERACION	148421.89
B	PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION Y CONEXIONES	685036.76
C	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>833458.65</b>
D	GASTOS GENERALES (10%)	83345.86
E	UTILIDADES (10%)	83345.86
F	<b>SUB TOTAL</b>	<b>1000150.38</b>
C	I.G.V.	180027.07
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1180177.45</b>

Fuente: Elaboración propia

1180177.45

## Anexo 5.3 Ubicacion, planos y láminas de detalle

### a. Ubicacion georegerenciada caserío Tallapampa, distrito Salas, provincia y departamento Lambayeque



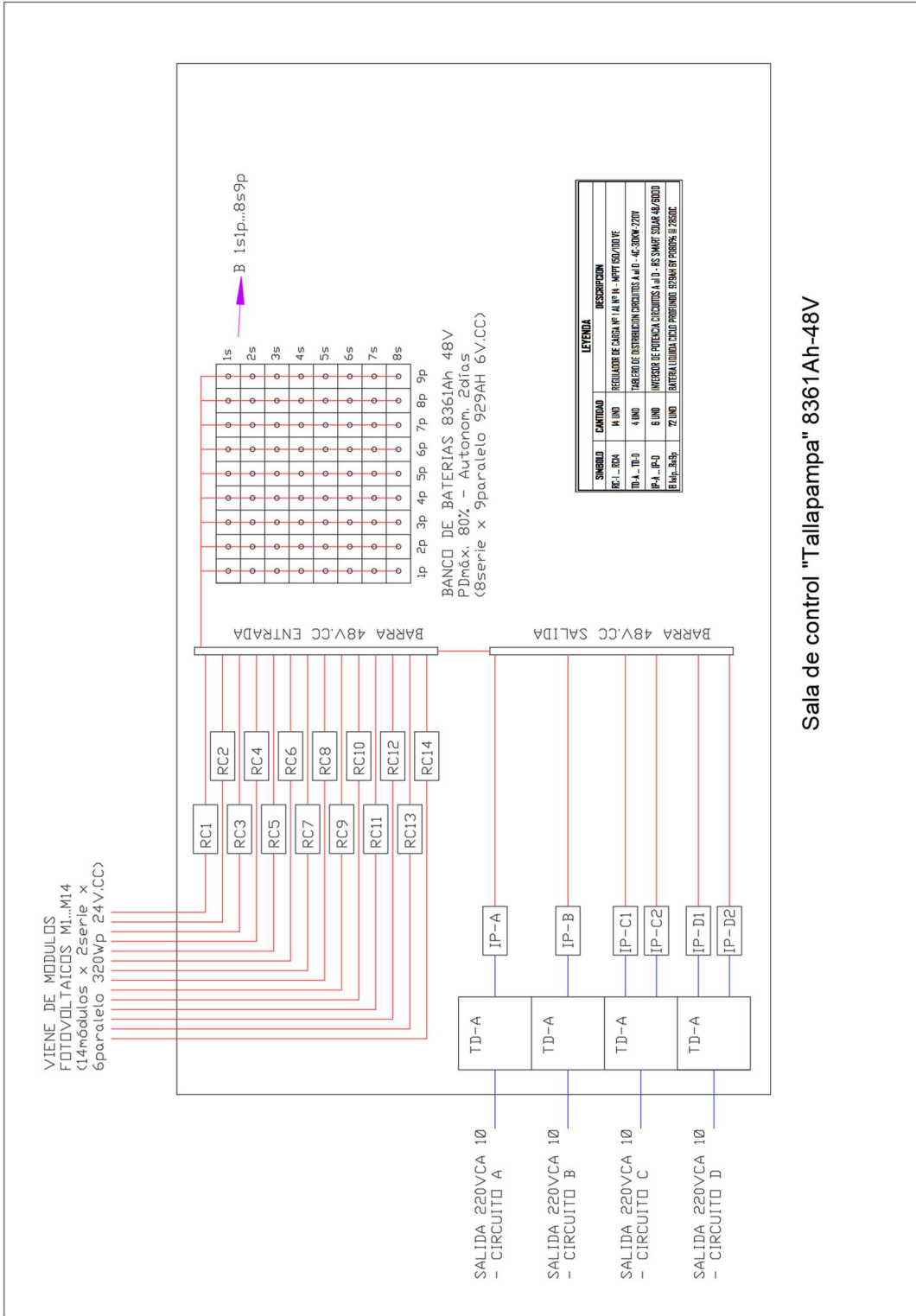
*Fuente: Google Earth, altura ojo 2.63km, fecha de captura 26/07/2020; cono de ubicación del caserío Tallapampa 664 235 m E – 9 320 852 m S*



*Fuente: Google Earth, altura ojo 1,68km, fecha de captura 26/07/2020; cono de ubicación del caserío Tallapampa 664 235 m E – 9 320 852 m S*



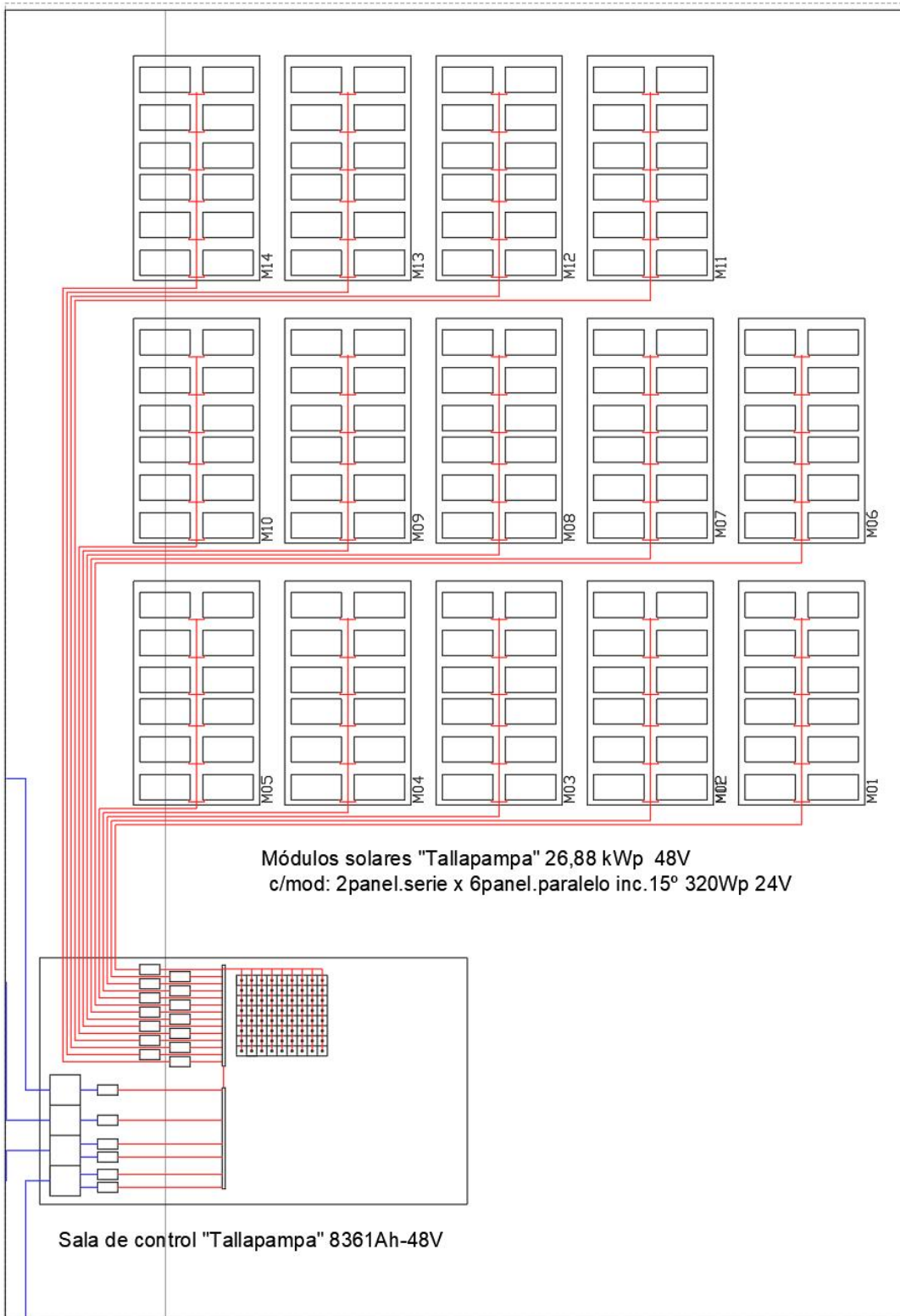
**c. Sala de control "Tallapampa" 8361Ah 48V**



Sala de control "Tallapampa" 8361Ah-48V

Fuente: Elaboración propia

**d. Patio de módulos fotovoltaicos "Tallapampa" 26,88kWp 48V**



Fuente: Elaboración propia



e. Laminas de diseño referencial Resolución Ministerial 442 -2004-MEM/DM



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

*Resolución Ministerial* Nº 442-2004-MEM/DM

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD

Lima, 22 de octubre 2004

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo con lo dispuesto en el inciso e) del artículo 31° del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, los titulares de las actividades eléctricas están obligados a cumplir con las disposiciones del Código Nacional de Electricidad y demás normas técnicas aplicables;

Que, el marco normativo vigente del subsector electricidad y los cambios tecnológicos producidos, hacen necesario modificar y actualizar la Norma DGE 011-CE-1 "Conexiones para suministros de energía eléctrica hasta 10 kV", aprobada con Resolución Directoral 080-78-EM-DGE del 16 de marzo de 1978;

Que, resulta necesario introducir directivas específicas que coadyuven a la seguridad con la que deben contar las instalaciones eléctricas al interior del predio del usuario;

Que, el proyecto de norma técnica denominado Norma DGE "Conexiones Eléctricas en Baja Tensión en Zonas de Concesión de Distribución", ha sido prepublicado en la Página Web del Ministerio de Energía y Minas, conforme a lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 162-2001-EM/SG del 5 de abril de 2001;

De conformidad con lo establecido por el Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo; el inciso c) del artículo 6° del Decreto Ley N° 25962, Ley Orgánica del Sector Energía y Minas; y, el literal g) del artículo 10° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas, aprobado por el Decreto Supremo N° 025-2003-EM;

Con la opinión favorable del Director General de Electricidad y del Viceministro de Energía;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1° - Sustitución de Norma DGE 011-CE-1**

Sustituir la Norma DGE 011-CE-1 "Conexiones para suministros de energía eléctrica hasta 10 kV" aprobada con Resolución Directoral 080-78-EM-DGE del 16 de marzo de 1978, por la Norma DGE "Conexiones Eléctricas en Baja Tensión en Zonas de Concesión de Distribución", cuyo texto forma parte integrante de la presente Resolución.

**Artículo 2° - Vigencia**

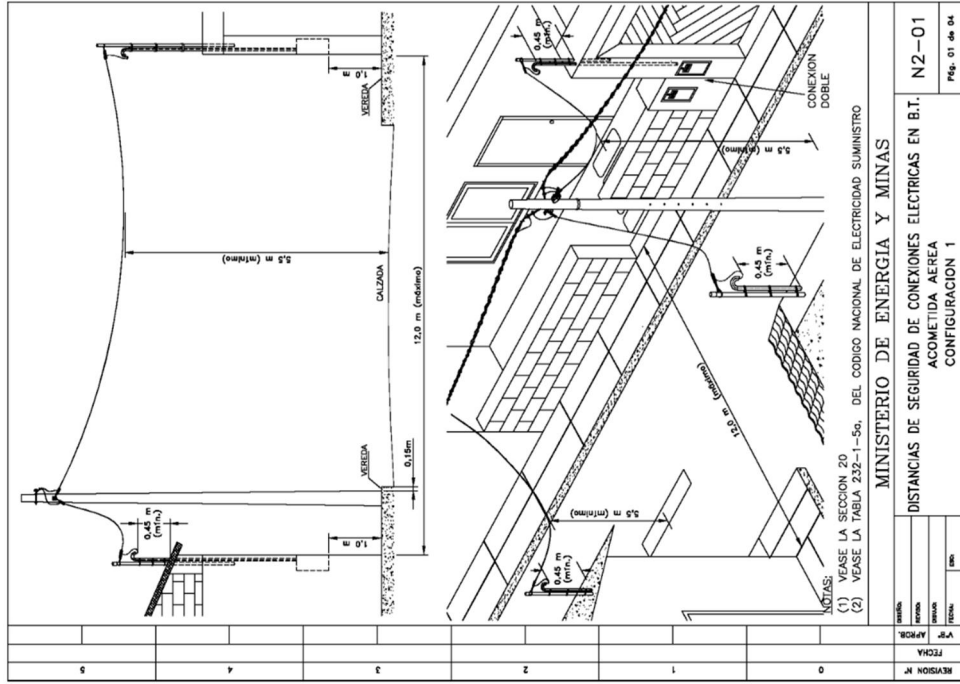
La presente Resolución Ministerial entrará en vigencia a partir del 01 de enero de 2005.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

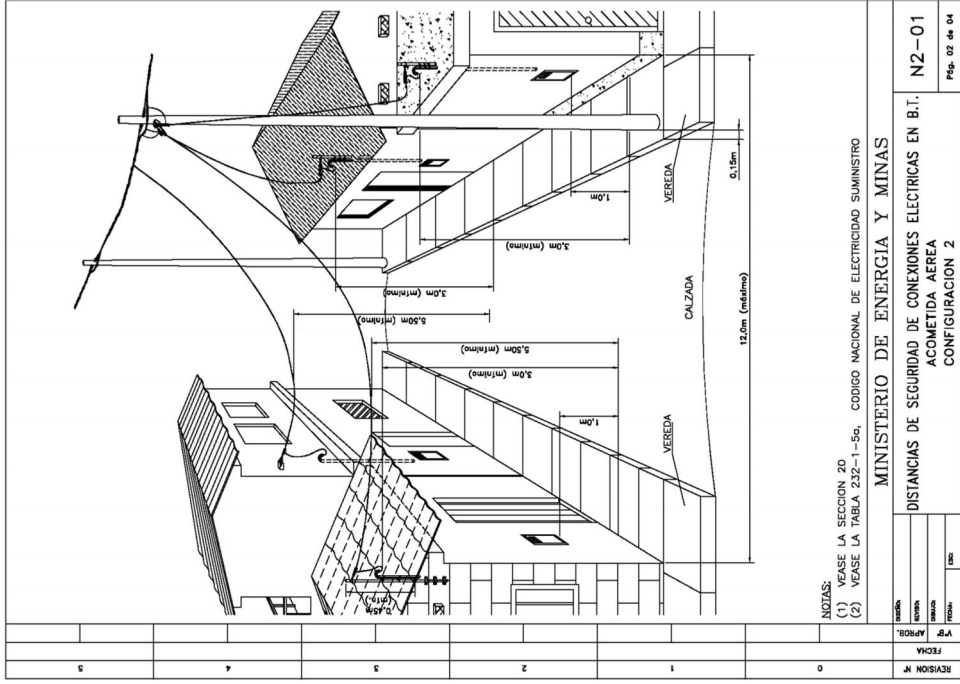


*Jaime Quiandria Salazar*  
JAIME QUIANDRIA SALAZAR  
Ministro de Energía y Minas

2004, octubre



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

(A) DERIVACION DESDE RED CON CABLE AUTOPORTANTE (REFERENCIAL)

(B) DERIVACION DESDE RED CON CABLE TIPO CPI (VER NOTA 1)

REVISION N°	FECHA	APROB.	VER.	DESCRIPCION
5				
4				
3				
2				
1				
0				

NOTAS:  
(1) SOLO PARA REEMPLAZO POR MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES  
(2) EN ZONAS CON ALTA HUMEDAD Y MEDIO CORROSIVO DEBERA PROTEGERSE

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	PORTALINA UNIPOLAR DE AT, PROVISTO DE PIN, SEGUN REQUERIMIENTO		-
2	PERNAS DE AT PROVISTO DE TUBERIA Y CONTRATUBERIA LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO		1
3	CONDUCTOR DE ALUMINIO LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO		6
4	SEPARADOR DE PVC (VER NOTA 2)		2
5	GRANPA BIFILAR DE C1		-
6	GRANPA BIFILAR DE C2		-
7	TEMPLAJADOR		(A)

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DETALLES DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN B.T.  
COMPONENTES DE DERIVACION  
PL-04  
Pág. 01 de 01

(1) INSTALACION EN MURITE

(2) INSTALACION EN FACHADA

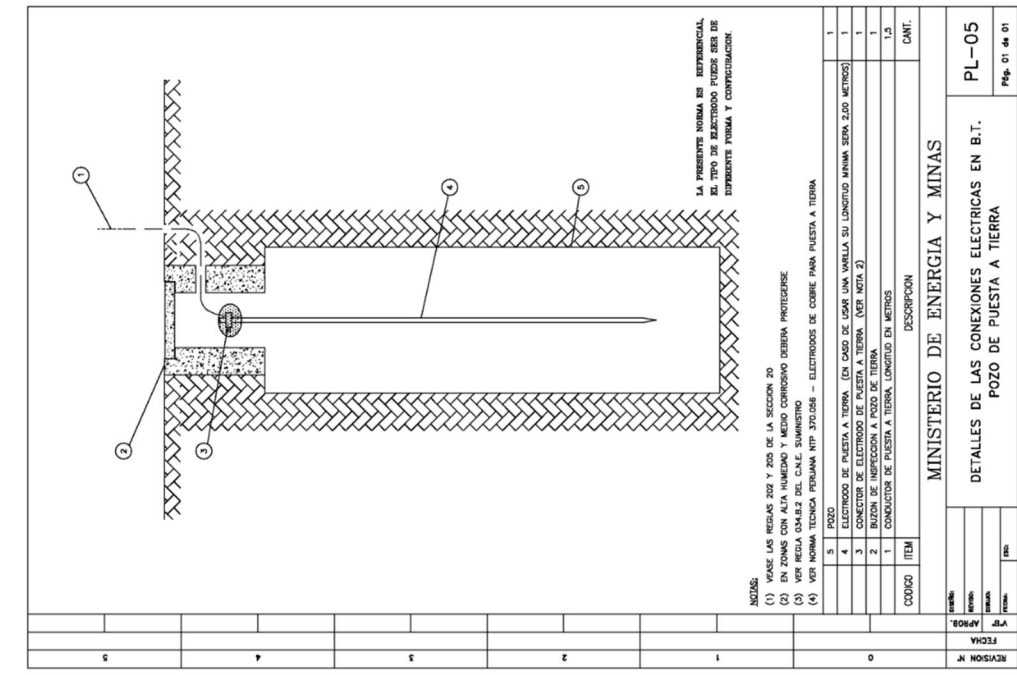
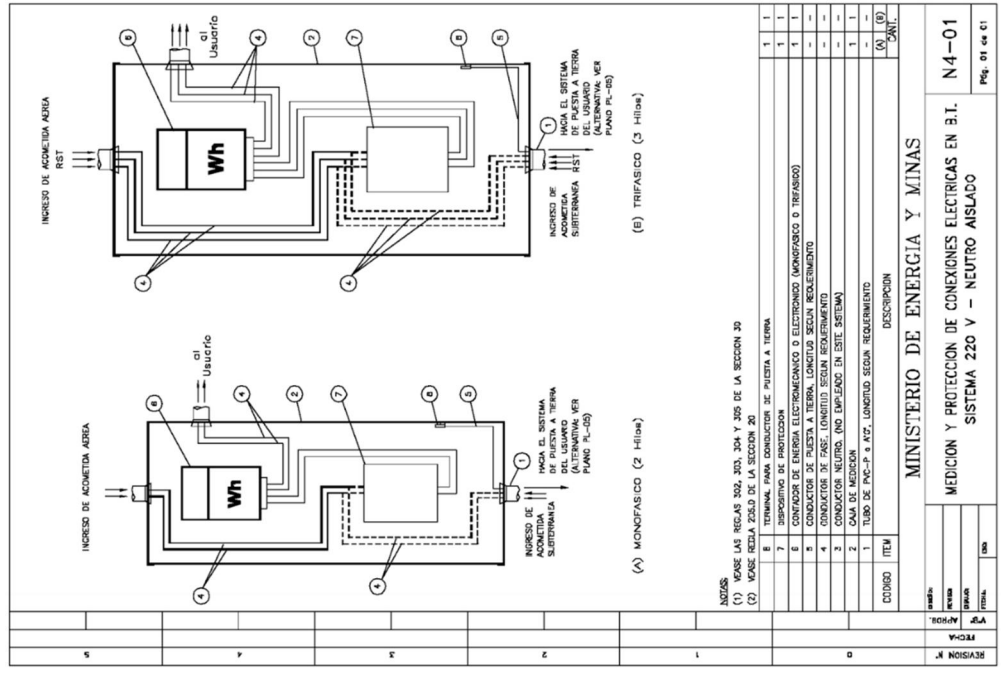
DETALLE DE ANCLAJE EN FACHADA

DETALLE DE ANCLAJE EN MURITE

REVISION N°	FECHA	APROB.	VER.	DESCRIPCION
5				
4				
3				
2				
1				
0				

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
1	CABLE O CONDUCTOR DE ALUMINIO LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO		-
2	TUBO CURVADO DE PVC Ø 40		1
3	ALUMBRADO PARA CAJA DE MEDICION		-
4	ALUMBRADO PARA CAJA DE MEDICION		-
5	TEMPLAJADOR PARA TUBO PVC Ø 40		1
6	TEMPLAJADOR		1
7	MANTIL		1
8	ANILLA		1
9	TARDEDO		-
10	CANTILLO DE NYLON, SEGUN REQUERIMIENTO		-

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DETALLES DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS EN B.T.  
CONEXIONES AERIAS EN FACHADA Y MURITE  
DIMENSIONES  
PL-03  
Pág. 01 de 01



REVISION N°	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	
VERIFICADO	
VALIDADO	
REVISADO	
REVISOR	
FECHA	
APROBADO	
DISEÑADO	
ELABORADO	





## ANEXO N° 6 INFORMACION COMPLEMENTARIA

### 6.1 Pliego tarifario para Sistemas fotovoltaicos rurales, al 04/jul/2020

**Tarifa Eléctrica Rural para Sistemas Fotovoltaicos**  
(No incluye IGV)

Vigente a partir del 04/Jul/2020

Inversiones	Region	Tipo de Módulo	Energía Promedio Mensual Disponible (kW.h)	Cargo Fijo Equivalente por Energía Promedio (ctm.Sl./kW.h)	
				Sin FOSE	Con FOSE
100% Estado	Costa	BT8-070	7,75	419,90	83,97
		BT8-100	10,36	364,35	72,86
		BT8-160	16,92	273,26	54,64
		BT8-240	25,37	239,60	47,91
		BT8-320	33,83	236,06	68,59
	Sierra	BT8-070	8,06	416,51	83,29
		BT8-100	10,77	359,78	71,94
		BT8-160	17,59	268,90	53,77
		BT8-240	26,39	234,61	46,91
		BT8-320	35,18	230,22	73,16
	Selva	BT8-070	6,46	606,78	121,34
		BT8-100	8,63	529,54	105,89
		BT8-160	14,09	394,98	78,98
		BT8-240	21,13	345,23	69,03
		BT8-320	28,17	358,77	71,74
	Amazonía (1)	BT8-070	6,46	651,38	130,25
		BT8-100	8,63	575,18	115,02
		BT8-160	14,09	432,82	86,55
		BT8-240	21,13	382,74	76,54
		BT8-320	28,17	399,30	79,85
100% Empresa	Costa	BT8-070	7,75	692,05	138,39
		BT8-100	10,36	594,16	118,81
		BT8-160	16,92	449,21	89,83
		BT8-240	25,37	401,06	80,20
		BT8-320	33,83	396,95	115,33
	Sierra	BT8-070	8,06	680,15	136,01
		BT8-100	10,77	582,34	116,45
		BT8-160	17,59	439,42	87,87
		BT8-240	26,39	391,05	78,20
		BT8-320	35,18	385,84	122,61
	Selva	BT8-070	6,46	942,04	188,38
		BT8-100	8,63	814,52	162,88
		BT8-160	14,09	612,19	122,42
		BT8-240	21,13	545,85	109,15
		BT8-320	28,17	558,72	111,73
	Amazonía (1)	BT8-070	6,46	1 024,43	204,85
		BT8-100	8,63	892,81	178,53
		BT8-160	14,09	676,50	135,28
		BT8-240	21,13	608,04	121,59
		BT8-320	28,17	623,94	124,77

(1) Aplicable en zonas de la amazonía bajo el ámbito de la Ley N° 27037

**Cargos de Corte y Reconexión - S/.**  
(No incluye IGV)

Vigente a partir del 04/Jul/2020

Cargo	Costa	Sierra	Selva	Amazonía (1)
Corte	4,54	6,78	11,42	11,42
Reconexión	6,65	8,50	14,72	14,72

(1) Aplicable en zonas de la amazonía bajo el ámbito de la Ley N° 27037

Fuente: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/gart/PliegosTarifarios/TFBT8\\_04072020.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gart/PliegosTarifarios/TFBT8_04072020.pdf)

## 6.2 Anexo 3 – SNIP 154530

Fecha de registro en el BP: 26 /05 /2010 08 :39 H

Nivel Min. Recom. OPI: PERFIL

154530

Código SNP del Proyecto de Inversión Pública :  
 Estado: **INACTIVO, PERFIL APROBADO**  
 Estado de Viabilidad: **VIALE DOCUMENTOS DE VIABILIDAD**  
 Asignación de la Viabilidad: **OPI ENERGIA**

**FORMATO SNIP 03:**  
**FICHA DE REGISTRO - BANCO DE PROYECTOS**  
 [La información registrada en el Banco de Proyectos tiene carácter de Declaración Jurada]

Fecha de la última actualización: 04/06/2013

1. IDENTIFICACIÓN
  - 1.1 Código SNP del Proyecto de Inversión Pública: **154530**
  - 1.2 Nombre del Proyecto de Inversión Pública: **PROMOVER LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA LOCALIDAD DE TALLAPAMPA, DISTRITO DE SALAS, PROVINCIA LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE**
  - 1.3 Responsabilidad Funcional del Proyecto de Inversión Pública:
- 1.4 Este Proyecto de Inversión Pública SI pertenece a un Programa de Inversión
  - Programa: **12 ENERGÍA**
  - Subprograma: **028 ENERGÍA ELÉCTRICA**
  - Responsable Funcional (según Anexo SNIP 04): **0057 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ENERGÍA Y MINAS**
- 1.5 Programa de Inversión: **PROG-52-2009-SNIP**
- 1.6 Nombre: **EURO-SOLAR**

Este Proyecto de Inversión Pública **NO** pertenece a un Conglomerado Autorizado

Localización Geográfica del Proyecto de Inversión Pública:

LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Provincia	SALAS	Distrito	Localidad
					TALLAPAMPA

Unidad Formuladora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	ENERGÍA Y MINAS
Pliego:	MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
Nombre:	DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODGER
Persona Responsable de Formular:	JORGE SUAREZ MIGUEL
Persona Responsable de la Unidad Formuladora:	JAIME LIZARDO RODRIGUEZ HINOSTROZA

Unidad Ejecutora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	ENERGÍA Y MINAS
Pliego:	M. DE ENERGÍA Y MINAS
Nombre:	MEM - DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL
Persona Responsable de la Unidad Ejecutora:	FERNANDO ROSSINELLI UGARELLI

### 2 ESTUDIOS

2.1 Nivel Actual del Estudio del Proyecto de Inversión Pública

Nivel	Fecha	Autor	Costo (Nuevos Soles)	Nivel de Calificación APROBADO
PERFIL	21/05/2010	ECO. ALEJANDRO BERNAGUA	1.000	

2.2 Nivel de Estudio propuesto por la UF para Declarar Viabilidad: PERFIL

### 3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

3.1 Planteamiento del Problema

LIMITADA PROVISIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA COMUNIDAD DE TALLAPAMPA, DISTRITO DE SALAS, LAMBAYEQUE LAMBAYEQUE

3.2 Beneficiarios Directos

3.2.1 Número de los Beneficiarios Directos 200 (N° de personas)

3.2.2 Característica de los Beneficiarios

LA LOCALIDAD DE TALLAPAMPA FORMA PARTE DE LAS MÁS DE 40 MIL COMUNIDADES DE NUESTRO PAÍS QUE SE ENCUENTRAN ASILADAS DE LA RED ELÉCTRICA, Y QUE SEGUN LAS PROYECCIONES DEL MEM NO CONTARÁN CON ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS PRÓXIMOS AÑOS.

3.3 Objetivo del Proyecto de Inversión Pública

EL OBJETIVO CENTRAL DEL PROYECTO ES PROMOVER LAS ENERGÍAS RENOVABLES PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA Y DE ESTE MODO CONTRIBUIR A LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE LA POBLACIÓN RURAL DE LA COMUNIDAD DE TALLAPAMPA, DISTRITO DE SALAS, LAMBAYEQUE; APOYÁNDOLA EN SU LUCHA CONTRA LA POBREZA; EN SUS NECESIDADES DE SALIR DEL ASLAMIENTO, DE LA EXCLUSIÓN Y DE LA MARGINACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA EN QUE SE ENCUENTRAN.

3.4 Análisis de la demanda y oferta

Tamaño	Longitud	ID	Costo por tamaño
--------	----------	----	------------------



4 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA  
(Las tres mejores alternativas)

4.1 Descripciones:  
(La primera alternativa es la recomendada)

Alternativa 1 (Recomendada)	Alternativa 2	Alternativa 3
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGIAS RENOVABLES (SOLAR Y EOLICO) PARA LA COMUNIDAD DE TALLAPAMPA. SE UTILIZARA UN SISTEMA HIBRIDO DE ENERGIAS RENOVABLES: COMPUESTO POR 1 MÓDULO FOTOVOLTAICO DE 1000 WATIOS (1000 WP) Y 1 AEROGENERADOR DE 400 VATIOS (400 W), CON UNA POTENCIA ELECTRICA TOTAL PARA TODA LA COMUNIDAD DE 1.4 KW.		
NO EXISTE		
NO EXISTE		

4.2 Indicadores

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Monto de la Inversión Total (Nuevos Soles)	152,072	0	0
A Precio de Mercado			
A Precio Social	127,791	0	0
Costo Beneficio (A Precio Social)	70,283		
Valor Actual Neto (Nuevos Soles)			
Tasa Interna Retorno (%)	24.00		
Costos / Eficiencia			
Ratio C/E			
Unidad de medida: (en caso C/E) (B/m, Beneficiario, alumno atendido, etc.)			

4.3 Analisis de Sostenibilidad de la Alternativa Recomendada

ESTE PROYECTO TIENE COMO FUENTE DE INGRESO INMEDIATO LAS CONTRAPRESTACIONES MONETARIAS POR UN MENÚ DE SERVICIOS QUE LA COMUNIDAD RURAL TALLAPAMPA PUEDE OFRECER A PARTIR DEL USO DE LA ENERGÍA DEL MÓDULO. POR TANTO, LAS TARIFAS QUE SE COBRAN DEBEN PERMITIR AL COMITÉ DE GESTIÓN CUMPLIR CON LOS GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, GARANTIZANDO QUE EL PROYECTO SEA SOSTENIBLE EN EL TIEMPO.

4.4 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN EL PIP (EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA)

4.4.1 Peligros identificados en el área del PIP

PELIGRO	NIVEL

4.4.2 Medidas de reducción de riesgos de desastres

4.4.3 Costos de inversión asociado a las medidas de reducción de riesgos de desastres

5 COMPONENTES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA  
(En la Alternativa Recomendada)

5.1 Cronograma de Inversión según Componentes:

COMPONENTES	Meses (Nuevos Soles)				Total por Componente
	Septiembre 2011	Octubre 2011	Noviembre 2011	Diciembre 2011	
SISTEMA HIBRIDO	66,625	0	2411	0	66,625
CARGAS	16,061	26,735	42,051	0	85,447
Total por periodo	83,286	26,735	42,051	0	152,072

5.2 Cronograma de Componentes Físicos:

COMPONENTES	Unidad de Medida	Meses				Total por Componente
		Septiembre 2011	Octubre 2011	Noviembre 2011	Diciembre 2011	
SISTEMA HIBRIDO	100	0	0	0	0	100
CARGAS	UNIDAD	19	31	50	0	100

5.4 Operación y Mantenimiento:

COSTOS	Años (Nuevos Soles)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Sin PIP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
Con PIP	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368	4,368

5.5 Inversiones por reposición:

Inversiones por reposición	Años (Nuevos Soles)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	0	124	31,665	124	0	37,789	0	9,424	31,665	6,324
Total por componente										116,715

Monto Total de Componentes: 112,840.00  
Monto Total del Programa: 152,072.00

5.6 Fuente de Financiamiento (Dato Referencial): DONACIONES Y TRANSFERENCIAS

5.9 Modalidad de Ejecución Prevista: --

6 MARCO LOGICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Fin	Indicador	Medios de Verificación	Supuestos
Contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades locales mediante la utilización de energías renovables y las nuevas tecnologías de información y de Comunicación.	Tasa de utilización de electricidad y de las tecnologías de información y comunicación	Participación activa de todos los actores del programa tanto públicos como privados	Participación activa de todos los actores del programa tanto públicos como privados
Dotar de una infraestructura autónoma y descentralizada para el suministro de energía eléctrica, y de esta forma desarrollar servicios comunitarios utilizando la herramienta de "conectividad" con el fin de que las organizaciones locales mejoren sus condiciones.	Instalación de atleador de 29 lits	Licitación, adjudicación, contratación y entregas de los equipos	Expresar manifestaciones de interés de las comunidades a través de los municipios

<b>Componentes</b>	La instalación y puesta en funcionamiento del equipamiento de impresión, computadores, teléfonos, educadores y de aplicaciones en el área de la salud.	Cuantificación del nombre de la persona o del gremio y de las horas de conexión a Internet.	Encuesta por parte de la Asistencia técnica.	Participación activa por parte de la contraparte nacional determinado para cada uno de los países del aporte de la conexión satelital.
<b>Actividades</b>	La comunidad o gremios de desarrollo local (ganaderos, agricultores, artesanos) a acceder a información del mercado nacional e internacional	Constatación de la instalación y funcionamiento del equipo informático.	Certificados de entrega de los ordenadores.	Participación activa de los gremios de padres de familia

**OBSERVACIONES DE LA UNIDAD FORMULADORA**

No se han registrado observaciones

**EVALUACIONES REALIZADAS SOBRE EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA**

Fecha de registro de la evaluación	Perfil	Estudio	Evaluación	Unidad Evaluadora	Notas
24/01/2011 10:57 Hrs.	PERFIL	OBSERVADO			No se han registrado Notas
23/02/2011 15:11 Hrs.	PERFIL	OBSERVADO			No se han registrado Notas
19/03/2011 10:57 Hrs.	PERFIL	OBSERVADO			No se han registrado Notas
20/02/2011 8:07 Hrs.	PERFIL	OBSERVADO			No se han registrado Notas
24/08/2011 15:21 Hrs.	PERFIL	OBSERVADO			No se han registrado Notas
30/09/2011 10:10 Hrs.	PERFIL	APROBADO			No se han registrado Notas

**DOCUMENTOS FÍSICOS**

**Documentos de la Evaluación**

Documento	Fecha	Tipo	Unidad
MEMORANDUM N° 369-2010-MEM/DGER	26/05/2010	SALIDA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 369-2010-MEM/DGER	26/05/2010	ENTRADA	OPI ENERGIA
Memorandum N 510-2010-MEM/OGP	06/07/2010	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 510-2010-MEM/OGP	08/07/2010	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 713-2010-MEM/DGER	18/11/2010	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 713-2010-MEM/DGER	18/11/2010	ENTRADA	OPI ENERGIA
Memorandum N 819-2010-MEM/OGP	29/12/2010	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 819-2010-MEM/OGP	30/12/2010	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 071-2011-MEM/DGER	27/01/2011	SALIDA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 071-2011-MEM/DGER	27/01/2011	ENTRADA	OPI ENERGIA
Memorandum N 071-2011-MEM/DGER	27/01/2011	ENTRADA	OPI ENERGIA
Memorandum N 041-2011-MEM/OGP	07/02/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 117-2011-MEM/DGER	11/02/2011	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 117-2011-MEM/DGER	14/03/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 095-2011-MEM/OGP	15/03/2011	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 095-2011-MEM/OGP	15/03/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 185-2011-MEM/DGER	21/07/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 185-2011-MEM/DGER	21/07/2011	ENTRADA	OPI ENERGIA
Memorandum N 0327-2011-MEM/OGP	10/08/2011	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 0327-2011-MEM/OGP	10/08/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum S31-2011-MEM/DGER	19/08/2011	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum S31-2011-MEM/DGER	26/08/2011	ENTRADA	DIRECCION DE PROYECTOS DE LA DIRECCION GENERAL DE ELECTRIFICACION RURAL DPRODER
Memorandum N 190-2011-MEM/OGP-PIG	27/09/2011	SALIDA	OPI ENERGIA
Memorandum N 190-2011-MEM/OGP-PIG	27/09/2011	ENTRADA	OPI ENERGIA

**Documentos Complementarios**

No se han registrado Documentos Complementarios

**DATOS DE LA DECLARATORIA DE VIABILIDAD**

N° Informe Técnico: INFORME N° 190-2011-MEM/OGP-PIG

Especialista que Recomienda la Viabilidad: Francisco Eugenio Alcántara De La Cruz  
 Jefe de la Entidad Evaluadora que Declara la Viabilidad: Heráclito Martínez Alvarado

Fecha de la Declaración de Viabilidad: 27/09/2011

**COMPETENCIAS EN LAS QUE SE ENMARCA EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA**

La Unidad Formuladora declaró que el presente PIP NO es de competencia Nacional.

Asignación de la Viabilidad a cargo de OPI ENERGIA

9.2

10

11

11.1

<<Regresar al anterior

Imprimir