

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO
EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA
ELÉCTRICA DEL CASERÍO
POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA**

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

**Autores : Bach. Jhan Carlos Gonzales Diaz
Bach. Keyber Yober Castillo Garcia**

**Asesores : Dr. Ing. Ricardo Angel Shimabuku Ysa
Mg. Ing. Jannier Alberto Montenegro Juárez**

JAÉN - PERÚ, NOVIEMBRE, 2022



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de DICIEMBRE del año 2022, siendo las 11:25 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Mario Félix Olivera Aldana

Secretario: Mg Walter Linder Cabrera Torres

Vocal: Mg. José Luis Piedra Tineo,

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA", presentado por los Bachilleres **Jhan Carlos Gonzales Diaz y Keyber Yober Castillo Garcia.**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

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

Siendo las 12:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Secretario

Presidente

Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
3.1. Marco teórico.....	9
3.1.1. Realidad problemática.....	9
3.1.2. La energía.....	10
3.1.2.1. La energía eólica	11
3.1.2.2. La energía solar.....	17
3.1.3. Instalación híbrida eólica - solar.....	20
3.1.3.1. La conversión eólica.....	20
3.1.3.2. La conversión solar.....	21
3.1.3.3. Elementos de una instalación híbrida eólica - solar	24
3.2. Ubicación del área de estudio.....	34
3.3. Población y Muestra.....	35
3.4. Variables de estudio	35
3.4.1. Variable dependiente.....	35
3.4.2. Variable independiente.....	35
3.4.3. Operacionalización de variables.....	36
3.5. Fuentes de Información	37
3.5.1. Recurso eólico disponible.....	37
3.5.2. Recurso solar disponible.....	37
3.6. Métodos, técnicas y procedimientos utilizados	37
3.6.1. Métodos.....	37
3.6.2. Técnicas.....	38

3.6.3.	Instrumentos de recolección de datos	39
3.6.4.	Procedimiento	39
3.7.	Metodología.....	40
3.7.1.	Materiales.....	40
3.8.	Desarrollo de la investigación.....	41
3.8.1.	Estimación de demanda eléctrica	41
3.8.2.	Evaluación del recurso eólico	49
3.8.3.	Evaluación del recurso solar	55
3.8.4.	Dimensionamiento del sistema híbrido.....	59
3.8.4.1.	Cálculo del generador eólico.....	60
3.8.4.2.	Balance de energía.....	63
3.8.4.3.	Cálculo del generador solar.....	64
3.8.4.4.	Cálculo del sistema de regulación fotovoltaico	67
3.8.4.5.	Cálculo del sistema de almacenamiento.....	69
3.8.4.6.	Cálculo del sistema convertidor de corriente DC/AC	72
3.8.4.7.	Dimensionamiento de los conductores.....	74
3.8.4.8.	Protección contra sobrecorrientes.....	76
3.8.5.	Dimensionamiento de la red secundaria.....	77
3.8.5.1.	Cálculos eléctricos.....	77
3.8.5.2.	Cálculos mecánicos.....	83
3.8.6.	Evaluación económica.....	88
3.8.6.1.	Precios privados	93
3.8.6.2.	Precios sociales	98
IV.	RESULTADOS	105
V.	DISCUSIÓN	109
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
6.1.	Conclusiones.....	112
6.2.	Recomendaciones.....	112
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	AGRADECIMIENTO	118
	DEDICATORIA.....	119
	ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Impacto Ambiental de las Diferentes Formas de Producir Electricidad.....	9
Tabla 2. Valores de β y z_0 para Distintos Terrenos	13
Tabla 3. Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 4. Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población Censada.....	41
Tabla 5. Tasa de Crecimiento para el Caserío Poza Seca	41
Tabla 6. Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Vivienda Particular.....	44
Tabla 7. Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para I.E Primaria.....	44
Tabla 8. Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Local Comunal.....	45
Tabla 9. Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Iglesia	45
Tabla 10. Demanda Eléctrica Total del Caserío Poza Seca	48
Tabla 11. Velocidad Promedio Mensual del Viento (Km/h).....	49
Tabla 12. Distribución de Frecuencias de la Velocidad del Viento.....	50
Tabla 13. Parámetros de Weibull.....	52
Tabla 14. Probabilidades de Velocidad de Viento	54
Tabla 15. Irradiación Promedio Mensual en el Caserío Poza Seca (kWh/m ² /día).....	56
Tabla 16. Irradiación Promedio Mensual para un Ángulo de 15° (kWh/m ² /día).....	57
Tabla 17. Factores de Pérdidas de Cada Componente Eléctrico	60
Tabla 18. Aerogeneradores del Mercado.....	61
Tabla 19. Energía Producida y Costo de Energía de cada Aerogenerador del Mercado	62
Tabla 20. Energía Entregada por el Aerogenerador HDL 5 kW	63
Tabla 21. Paneles Solares del Mercado.....	64
Tabla 22. Reguladores del Mercado	68
Tabla 23. Baterías del Mercado.....	70
Tabla 24. Inversores del Mercado.....	72
Tabla 25. Caída de Tensión por Tramo de la Planta de Generación.....	75
Tabla 26. Cálculo de la Sección Mínima de los Conductores Eléctricos por Tramo	76
Tabla 27. Fusibles por Tramo de la Planta de Generación.....	77
Tabla 28. Resistencia Eléctrica del Conductor Autoportante 2×16+16/25	78
Tabla 29. Reactancia Inductiva del Conductor Autoportante 2×16+16/25	79
Tabla 30. Parámetros y Factores de Caída de Tensión de los Cables Autoportantes.....	80
Tabla 31. Caída de Tensión para Servicio Particular	81
Tabla 32. Caída de Tensión para Alumbrado Público.....	82

Tabla 33. Características de los Cables Autoportantes.....	83
Tabla 34. Hipótesis de Estado para Cálculo Mecánico.....	86
Tabla 35. Esfuerzos Mecánicos, Tiro y Flecha en Conductores de Red Secundaria.....	87
Tabla 36. Costo Anual de Operación y Mantenimiento	92
Tabla 37. Presupuesto Referencial del Diseño del Sistema Híbrido a Precios Privados	93
Tabla 38. Renovación de Equipos a Precios Privados.....	93
Tabla 39. Costo Nivelado de Energía Eléctrica a Precios Privados.....	94
Tabla 40. Flujo de Caja a Precios Privados Proyectado en un Horizonte de 20 Años	96
Tabla 41. Presupuesto Referencial del Diseño del Sistema Híbrido a Precios Sociales.....	98
Tabla 42. Renovación de Equipos a Precios Sociales	98
Tabla 43. Tasa de Descuento Social	99
Tabla 44. Costo Nivelado de Energía Eléctrica a Precios Sociales	99
Tabla 45. Criterios de Descuento del Fondo de Compensación Social Eléctrica	100
Tabla 46. Flujo de Caja a Precios Sociales Proyectado en un Horizonte de 20 Años.....	103
Tabla 47. Resultados de Demanda Eléctrica.....	105
Tabla 48. Resultados del Potencial Eólico	105
Tabla 49. Resultados del Potencial Solar	106
Tabla 50. Resultados del Diseño del Sistema de Generación Eólica.....	106
Tabla 51. Resultados del Diseño del Sistema de Generación Solar.....	106
Tabla 52. Resultados del Diseño del Sistema de Regulación Fotovoltaica.....	107
Tabla 53. Resultados del Diseño del Sistema de Almacenamiento	107
Tabla 54. Resultados del Diseño del Sistema Convertidor	107
Tabla 55. Resultados de Indicadores Económicos del Proyecto a Precios Sociales	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfiles de Velocidad de Viento.....	12
Figura 2. Flujo a Través de un Disco	14
Figura 3. Flujo a Través del Rotor de un Aerogenerador	15
Figura 4. Límite de Betz	17
Figura 5. Espectro Electromagnético de la Radiación Solar	18
Figura 6. Tipos de Radiación Solar.....	19
Figura 7. Curva de Potencia de un Generador de 5 kW.....	20
Figura 8. Esquema de la Generación Fotovoltaica.....	22
Figura 9. Estructura de la Célula Solar.....	23
Figura 10. Componentes de un Sistema Híbrido Eólico - Solar.....	25
Figura 11. Diversos Componentes de un Aerogenerador	26
Figura 12. Aerogenerador de Eje Vertical (Darrieus).....	27
Figura 13. Aerogenerador de Eje Horizontal.....	28
Figura 14. Tipos de Bujes	29
Figura 15. Componentes de un Panel Fotovoltaico	32
Figura 16. Vista Satelital de la Zona de Investigación	34
Figura 17. Metodología de la Investigación	40
Figura 18. Plano Catastral del Caserío Poza Seca.....	43
Figura 19. Velocidad Promedio Mensual del Viento	49
Figura 20. Distribución de Frecuencias.....	51
Figura 21. Frecuencia Relativa Acumulada.....	51
Figura 22. Reajuste Lineal	53
Figura 23. Distribución de Weibull.....	55
Figura 24. Inclinación de una Superficie en el Hemisferio Norte	56
Figura 25. Irradiación Promedio Mensual para un ángulo de 15°	58
Figura 26. Distancia Mínima entre Filas de Módulos Instalados en el Mismo Plano	66
Figura 27. Topología del Sistema Híbrido Diseñado	73
Figura 28. Diagrama de Cargas Domiciliarias.....	79
Figura 29. Diagrama de Cargas de Alumbrado Público	82
Figura 30. Valor Actual Neto y Tasa de Descuento	104
Figura 31. Precio del Aerogenerador Seleccionado	170
Figura 32. Precio del Panel Seleccionado	171

Figura 33. Precio del Regulador Seleccionado	172
Figura 34. Precio de la Batería Seleccionada.....	173
Figura 35. Precio del Inversor seleccionado.....	174
Figura 36. Colegio de Educación Primaria del Caserío Poza Seca.....	176
Figura 37. Local Comunal del Caserío Poza Seca	177
Figura 38. Iglesia del Caserío Poza Seca.....	178
Figura 39. Vivienda Unifamiliar del Caserío Poza Seca	179
Figura 40. Recolección de Datos Geográficos del Caserío	180
Figura 41. GPS Utilizado para la Recolección de Datos Geográficos	184
Figura 42. Trabajo de Gabinete	185

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Medrado y Presupuesto.....	121
Anexo N° 2. Datos de Velocidad del Viento.....	128
Anexo N° 3. Ficha Técnica del Aerogenerador.....	139
Anexo N° 4. Ficha Técnica del Panel Solar.....	142
Anexo N° 5. Ficha Técnica del Regulador.....	144
Anexo N° 6. Ficha Técnica de La Batería.....	146
Anexo N° 7. Ficha Técnica del Inversor.....	150
Anexo N° 8. Ficha Técnica del Conductor.....	153
Anexo N° 9. Sistema Híbrido Eólico - Solar.....	156
Anexo N° 10. Láminas de Detalle de la Red Secundaria 220 V	158
Anexo N°11. Precios de Principales Equipos	169
Anexo N° 12. Panel Fotográfico.....	175

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló debido a la falta de energía eléctrica en el caserío Poza Seca del distrito Callayuc, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. El objetivo general fue diseñar un sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico - solar para atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca. La metodología de la investigación fue aplicada donde se analizó los datos de velocidad del viento brindados por el SENAMHI, también se analizó la irradiación solar considerando los datos de la NASA. La máxima demanda del caserío es 10 040 Wh/día con una potencia de 2 847 W. El resultado fue que el costo referencial del sistema híbrido eólico - solar junto con la red secundaria de distribución es de S/74,236.90 y está conformado por 1 aerogenerador HDL 5 kW, 16 Paneles Solares policristalino ERA 200W 12V, 1 controlador eólico, 2 controladores de carga MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON, 16 baterías Tensite AGM 12V 150Ah y 1 Inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V. Se concluye que el sistema híbrido a precios sociales es viable económicamente con un VAN de S/583.41, una TIR de 8.11%, un PR de inversión de 19.67 años y una RBC de 1.006.

Palabras clave: Sistema híbrido eólico - solar, velocidad del viento, irradiación solar, máxima demanda, potencia instalada, análisis económico.

ABSTRACT

This research work was developed due to the lack of electricity in the Poza Seca farmhouse in the Callayuc district, Cutervo province, Cajamarca department. The general objective was to design a hybrid wind-solar electric power generation system to meet the electricity demand of the Poza Seca farmhouse. The research methodology was applied where the wind speed data provided by SENAMHI was analyzed, solar irradiation was also analyzed considering NASA data. The maximum demand of the village is 10 040 Wh/day with a power of 2 847 W. The result was that the referential cost of the wind-solar hybrid system together with the secondary distribution network is S/74,236.90 and consists of a wind turbine HDL 5 kW, 16 ERA 200W 12V polycrystalline Solar Panels, 1 wind controller, 2 MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON charge controllers, 16 Tensite AGM 12V 150Ah batteries and 1 Must Solar 5kVA 4000W 48V inverter. It is concluded that the hybrid system at social prices is economically viable with a NPV of S/583.41, an IRR of 8.11%, an investment PR of 19.67 years and an RBC of 1,006.

Keywords: Wind - solar hybrid system, wind speed, solar irradiation, maximum demand, installed power, economic analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La electricidad es la forma de energía más versátil que tenemos en el Perú porque permite que las personas cuenten con iluminación, refrigeración, y otros medios en diversas actividades, utilizados en todas las instituciones u organizaciones; en particular escuelas y oficinas para poder acceder a los medios de comunicación a través de cable, radio e internet. El suministro de electricidad está directamente relacionado con la calidad de vida. Ante el crecimiento de la población mundial, para mejorar la calidad de vida de las personas se requiere aumentar su consumo eléctrico desde unos pocos cientos a algunos miles de kWh por persona y año. Para poder lograr esto algunas personas creen que la quema de combustibles fósiles y la energía nuclear son también algunas soluciones para el siglo XXI (aunque no se ha dado solución al problema de la liberación de grandes cantidades de CO₂, SO₂ y NO₂ o residuos radiactivos), mientras que otros opinan que las energías renovables son las energías que se deben desarrollar ya que no contaminan y existen en forma abundante como es el caso de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica. (Grupo NAP, 2002)

Este crecimiento poblacional también se da en las zonas rurales, donde existen localidades que no cuentan con el suministro de energía eléctrica debido a la lejanía o de difícil acceso que estos tienen de las redes eléctricas convencionales. Muchas de estas localidades cuentan con una población pequeña por lo que no resulta factible llevar energía eléctrica mediante sistema convencional, ya que requiere una gran inversión para atender una demanda eléctrica de consumo mínimo.

Entre estas localidades se encuentra el caserío Poza Seca ubicado en el distrito de Callayuc, en la provincia de Cutervo, en el departamento de Cajamarca. Los pobladores que pertenecen a este caserío no cuentan con una calidad de vida apropiada, además que la carencia de este servicio impide el desarrollo socio - económico de este caserío. Ante esta problemática, este trabajo de investigación se centró en aprovechar el potencial eólico y solar existente en la zona de estudio, para el diseño de un sistema híbrido eólico - solar y atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca, donde se realizó el dimensionamiento de dicho sistema, basándose en el crecimiento poblacional, la demanda eléctrica existente, velocidad del viento y radiación solar, luego se analizó la viabilidad energética y económica de dicho sistema.

1.1 Antecedentes

A nivel internacional

Quinzo (2019) en su trabajo de titulación de ingeniero Eléctrico - Mecánico desarrollado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, titulado “Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil”. El objetivo general fue estudiar y diseñar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho”. Se utilizó una metodología descriptiva y explicativa. Como resultados se obtuvo que la demanda del complejo es de 48 660 Wh/día con una potencia instalada de 4 350 W. Concluye que la energía solar con la eólica es una de las más utilizadas en el mundo, donde las comunidades alejadas de las ciudades se benefician de ellos, hasta las grandes industrias que optan por seguir con esta línea ecológica, siendo este recurso ilimitado, aunque en diferentes partes llegue con distintos niveles.

Portoviejo (2017) en su trabajo de investigación previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico desarrollado en la Universidad Católica de Cuenca, denominado “Análisis de factibilidad para la implementación de sistemas híbridos (Eólico-fotovoltaico) en las inmediaciones del centro patrimonial de Quingeo y zona arqueológica Curiquinga”. Como objetivo general se tuvo el realizar el estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de generación híbrida (eólica-fotovoltaica) en los sectores Curiquinga y Loma de Guamán de la Parroquia Quinge. Utilizó la metodología aplicada. Como resultado se tuvo que en base a 10 metros sobre la superficie de la tierra se tuvo una velocidad promedio mínima de 6.876 Km/h correspondiente al mes de enero y una velocidad promedio máxima de 9.828 Km/h correspondiente al mes de julio para el sector Cerro Guamán. Y se llegó a la conclusión de que el costo actual de los equipos dificulta la implementación del sistema y no se alcanzaría utilidad favorable en corto y mediano plazo, debido a la elevada inversión en la adquisición e instalación de los equipos; inclusive se estima que el valor del mantenimiento preventivo sería muy alto.

A nivel nacional

De La Cruz (2019) en su tesis para optar el título de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, titulado “Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío el Higuerón en Salas en el

departamento de Lambayeque” hizo uso de una metodología aplicada. El objetivo general fue dimensionar un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío el Higuerón en el distrito de Salas departamento de Lambayeque. Obtuvo que el sistema híbrido eólico fotovoltaico está compuesto por 1 Aerogenerador Enair 70PRO, 36 paneles YGE 60 Cell Series 2 de 295Wp, 16 Baterías Estacionarias 12V 840Ah Ultracell OPzS UZS840, 1 inversor PV3500 Series 8kW y 3 controladores SmartSolar MPPT 150V 85A VICTRON. Concluye que el sistema eólico fotovoltaico tiene un costo referencial de S/231,593.64.

Palacios (2019) en su tesis para optar el título de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad César Vallejo, denominado “Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe - Lambayeque” utilizó la metodología del tipo cuasi experimental. El objetivo general fue diseñar un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al Fundo Chucupe - Lambayeque. En el análisis económico de esta investigación influenciaron la inversión inicial, el flujo neto específico (proveniente de los ingresos y egresos anuales) y la tasa de interés anual, estos datos dieron resultados favorables de los indicadores determinándose un VAN de S/4,438.49 y una TIR de 14%, concluyendo que el proyecto es viable y rentable económicamente, además que se tiene de un valor RBC de 1.15.

Peredo (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo titulado “Diseño de un sistema de generación híbrido eólico solar para la electrificación rural al caserío Inneche del distrito de Morrope provincia y departamento de Lambayeque”, utilizó una metodología aplicada. El objetivo fue diseñar un sistema de generación híbrido eólico solar para la electrificación rural al caserío Inneche del distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque, donde obtuvo que la energía promedio diaria que demanda el caserío Inneche es de 45.773 kWh/día. Para 124 viviendas proyectadas, la potencia instalada es de 15.851 kW donde se consultaron tres fuentes de radiación solar que son el SENAMHI (Atlas 2003), el software METEONORM 7.3 y del software SOLARIUS PV, considerándose la radiación más desfavorable que es 4.52 kWh/m²/día. Determinó que el ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, bajo la latitud del caserío Inneche de -6.5117, es de 8.193°. Los datos de velocidad y dirección del viento de cada hora se obtuvieron de la estación meteorológica Fime-UNPRG a una altura de 20 m y se trabajó en el mes de marzo siendo el más

desfavorable. Concluyeron que el costo referencial del sistema híbrido eólico solar junto con la red de distribución secundaria es de S/593,644.56.

A nivel regional

Suárez (2021) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad Nacional de Jaén, titulado “Diseño de un aerogenerador eólico para cubrir la demanda eléctrica al laboratorio de ingeniería mecánica y eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén” utilizó una metodología aplicada con un nivel de investigación descriptivo. El objetivo general fue diseñar un aerogenerador eólico para cubrir la demanda eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén. En el análisis económico evaluó la factibilidad económica del proyecto, resultando el VAN igual a S/. -264,728.71, una TIR de -0.27% y la RBC de 0.55. Y llegó a la conclusión que el proyecto no es rentable debido a que la velocidad del viento es mínima, por lo que no existe forma de recuperar la inversión y que se debe rechazar el proyecto, según los indicadores económicos.

Ventura y Delgado (2020) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad Nacional de Jaén, titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la demanda eléctrica de la posta médica, centro poblado Urakusa provincia Condorcanqui, Amazonas - Perú” hizo uso de una metodología aplicada. El objetivo fue diseñar un sistema con energía solar fotovoltaica para la posta médica del Centro poblado Urakusa en la provincia Condorcanqui - Amazonas. Se obtuvo como resultados que el sistema fotovoltaico tiene una potencia instalada de 5.94 kW y está compuesto por 18 paneles solares policristalinos de la marca ERA Solar de 330W 24V, 1 regulador de carga de la marca Blue solar de 250/100A, 24 baterías de la marca Ultracell tipo Frontal 12V 250Ah, 2 inversores de corriente de la marca Victron Energy Phoenix 48V 3000VA, y llegaron a la conclusión que el proyecto propuesto es rentable a una tasa del 10% con un PR de 7 años.

A nivel local

Rufasto (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista desarrollado en la Universidad Nacional de Jaén titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén”. El objetivo general fue diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el

suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén. Se utilizó la metodología aplicada, donde obtuvo que la energía promedio diaria que demanda es de 59 520 Wh/día. Se determinó que la radiación solar en el mes más desfavorable para un ángulo de 5° es de 3.88 kWh/m²/día. Se concluye que el costo de inversión fue de S/246,249.02, mientras que el ahorro económico en 1 año sería de S/21,710.30, además el PR de la inversión será dentro del treceavo año de haber sido instalado el sistema.

Pérez y Delgado (2019) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista realizado en la Universidad Nacional de Jaén denominado “Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén - Cajamarca”. Cuyo objetivo general fue diseñar un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén - Cajamarca. El tipo de investigación fue aplicada, con un diseño de investigación de campo y gabinete (no experimental). Los resultados que obtuvieron fue que el sistema fotovoltaico aislado está conformado por 80 Paneles policristalino Era Solar de 320Wp de 24V, 40 baterías TFSU - Power 12V, 5 reguladores MPPT - Victron de 100A y 1 inversor Must Solar 5000VA MPPT. Para la distribución de redes secundarias en 220V, se utilizó conductor CAAI 2×16/25. Concluyeron que el proyecto es viable económicamente con un costo de ejecución del proyecto de S/155,846.447, recuperándose la inversión en 15 años además se dejará de emitir al medio ambiente un total de 7.10 toneladas de CO₂.

1.2 Problema

El consumo de energía de fuentes primarias y secundarias ha venido creciendo a nivel mundial a una tasa media anual del orden del 1.6% a.a. entre 1980 y 2006, mientras que la demanda de electricidad lo ha hecho al 3.3% o bien al 3% a.a. entre 1990 y 2007. Sin duda ello ha sido producto de una cantidad de factores interrelacionados entre sí como, por ejemplo, la creciente urbanización producida a escala mundial, el consiguiente cambio de la estructura productiva, el crecimiento del PBI, del ingreso por habitante, la innovación tecnológica y la expansión geográfica de los mercados mundiales especialmente en Asia. Tanto el consumo, como la generación de energía eléctrica han registrado pautas y dinámicas dispares en las distintas regiones. (Kozulj, 2010, p. 9)

En el Perú en el trimestre octubre-noviembre-diciembre del 2020, el 95.3% de la población tiene acceso a la energía eléctrica por red pública, según área de residencia, en el área urbana

fue el 99.0% y en el área rural el 80.8%. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020, p. 12)

Esto significa que, a pesar que ha aumentado el acceso al servicio eléctrico en las zonas rurales, todavía hay alrededor del 19.2 % de viviendas en esta área que le falta el acceso a este servicio básico.

El caserío Poza Seca ubicado en el distrito de Callayuc, en la provincia de Cutervo, en el departamento de Cajamarca, forma parte de ese porcentaje de localidades que no cuenta con el servicio básico. Este caserío se encuentra alejado de las redes eléctricas convencionales, la red primaria más cercana se encuentra a una distancia de 2.05 Km. Cuenta con ocho viviendas domiciliarias, una institución educativa de educación primaria (Figura 36), un local comunal (Figura 37) y una iglesia (Figura 38). Esta población se considera pequeña, por esta razón no sería factible electrificar este caserío a través de sistema convencional.

Las familias que habitan dicho caserío se dedican a la agricultura y a la ganadería, y cuentan con varios niños que se están educando de una manera deficiente debido a las carencias del servicio eléctrico. Estas familias también necesitan del servicio eléctrico para mejorar su calidad de vida, para que puedan usar equipos electrodomésticos, e implementar equipos que ayuden a la mejora de producción y rendimiento de sus cultivos.

La falta de energía eléctrica en zonas rurales, conduce a la preocupación en buscar alternativas de solución limpias, evitando el uso de los combustibles fósiles que ha incrementado significativamente la emisión de gases que generan el denominado “efecto invernadero”.

Las energías renovables son la principal alternativa energética de solución para caseríos o poblaciones pequeñas que se encuentran alejadas de las redes eléctricas convencionales, además que son energías que no contaminan, y hay diversas alternativas a utilizar, como son la eólica, la solar térmica y fotovoltaica, la biomasa y los biocarburantes, la hidráulica con especial atención a la minihidráulica, la geotérmica y las energías procedentes del mar.

La radiación solar y el viento existente en el caserío Poza Seca son elevadas, esta energía podría ser aprovechada a través de un sistema híbrido - eólico solar para la generación de energía eléctrica.

Planteamiento del problema

¿En qué medida el diseño y evaluación de un sistema híbrido eólico - solar permitirá atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca?

Hipótesis

El sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar permitirá atender toda la demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.

1.3 Justificación

Justificación social

Permitirá electrificar el caserío Poza Seca, donde traerá desarrollo para ocho familias que cuentan con la necesidad de energía eléctrica para iluminación, además de beneficiar a los diferentes niños pertenecientes a dichas familias, para que puedan estudiar usando la tecnología y así puedan formarse de manera adecuada y tener el nivel necesario para ser futuros profesionales.

Justificación ambiental

Permitirá implementar un sistema que no contamina, que es lo que se busca hoy en día para la implementación de cualquier proyecto de electrificación.

Justificación técnica

Permitirá aprovechar la energía solar y energía eólica existente, para la generación de energía a fin de atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.

Justificación económica

Permitirá mejorar la calidad de vida de la población del caserío Poza Seca, además de aprovechar la energía eólica y energía solar ilimitada de manera gratuita y una vez instalado el sistema eléctrico híbrido solo requiere de un costo de mantenimiento para que pueda seguir funcionando.

1.4 Objetivo

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar el dimensionamiento de un sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico - solar para atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca ubicado en el distrito de Callayuc, en la provincia de Cutervo, en el departamento de Cajamarca, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, la demanda eléctrica, el potencial eólico, el potencial solar, la viabilidad energética y económica.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Diseñar y evaluar un sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar para atender la demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de dimensionamiento del sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico - solar.
- Dimensionar el sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar.
- Evaluar la viabilidad económica a través del VAN y TIR del sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico - solar.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Marco teórico

3.1.1. Realidad problemática

La generación, el transporte y el consumo de las energías convencionales tienen, como toda actividad antrópica, un impacto sobre el medio ambiente, y puede argumentarse que están en el origen de algunos de los mayores problemas ambientales que sufre el planeta como el cambio climático y la lluvia ácida. El consumo de energía, incluyendo el transporte, es en la actualidad la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes acidificantes. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), la emisión de estos últimos contaminantes se ha reducido de un modo significativo gracias a la adopción de combustibles más limpios y al tratamiento de los gases de combustión. Pero mientras no disminuya el protagonismo de los combustibles fósiles en la cesta energética, los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático parecen estar abocados a aumentar. (Merino, 2012, p. 3)

Tabla 1

Impacto Ambiental de las Diferentes Formas de Producir Electricidad

Emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible (t/GWh)								
Fuente	CO ₂	NOX	SO ₂	Partículas sólidas en suspensión	CO	Hidrocarburos	Residuo Nuclear	Total
Carbón	1058.2	2.986	2.971	1.626	0.267	0.102	-	1066.2
Gas Natural en ciclo combinado	824.0	0.251	0.336	1.176	Trazas	Trazas	-	825.8
Nuclear	8.6	0.034	0.029	0.003	0.018	0.001	3.641	12.3
Fotovoltaica	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	-	5.95
Biomasa	0.0	0.614	0.154	0.512	11.361	0.768	-	13.4
Eólica	7.4	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	-	7.4
Solar Térmica	3.6	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	-	3.6
Hidráulica	6.6	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	-	6.6

Fuente: Merino (2012).

3.1.2. La energía

En el campo de la física, se define la energía como una «propiedad» de los cuerpos o sistemas materiales en virtud de la cual estos pueden transformarse (a sí mismos), modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros cuerpos, originando transformaciones en ellos. (Carta, et ál., 2009, p. 2)

En otras palabras, la energía es la propiedad de cambiar o transformar los cuerpos, modificando su estado o situación (asimismo o actuando con otros cuerpos).

- La energía eléctrica

La energía eléctrica se conceptualiza como la circulación de electrones a través de un conductor eléctrico en un cierto periodo de tiempo. La fuerza física o presión que causa esta circulación se llama voltaje y su unidad de medida es el voltio (V), así mismo la tasa de flujo de electrones se denomina intensidad de corriente, y su unidad de medida es el amperio (A). (Osinermin, 2016, p. 28)

En otras palabras, la energía eléctrica es el flujo de electrones (Intensidad o corriente) que pasan por un conductor eléctrico, y la fuerza o presión con la que se mueven estos electrones se le denomina voltaje.

- Las energías renovables

Desde siempre el desarrollo de la humanidad ha estado determinado en gran medida por el recurso a la utilización de las diferentes formas de energía según las necesidades y disponibilidades de cada momento y lugar. Ya en sus inicios, los principales recursos estaban basados en la utilización de energías renovables en forma de biomasa, viento, agua y sol. Utilizados principalmente como fuente de combustible, estos elementos deben ser considerados como la base energética del desarrollo humano. En sentido estricto, es renovable cualquier proceso que no altere el equilibrio térmico del planeta, que no genere residuos irrecuperables, y que la velocidad de su consumo no sea superior a la velocidad de regeneración de la fuente energética y de la materia prima utilizada en el mismo. (Carta et ál., 2009)

Es decir, las energías renovables no alteran el equilibrio térmico del planeta, no generan residuos, es por ello que deben ser la fuente principal de combustible del ser humano.

3.1.2.1. La energía eólica

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire. El término eólico viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, dios de los vientos en la mitología griega y que quiere decir perteneciente o relativo al viento. (Osinergmin, s.f.)

Generación del viento

El viento se define como el desplazamiento de las masas de aire y está causado por las diferencias de presión atmosférica y por la fuerza de Coriolis derivada del giro de la Tierra sobre su eje. Las diferencias de presión atmosférica son debidas a la variación de temperatura del aire causadas por el desigual calentamiento de la Tierra. Es decir, las distintas temperaturas existentes en la tierra y en la atmósfera, por la desigual distribución del calentamiento solar y las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas, producen corrientes de aire. El movimiento que describen las masas depende de su temperatura, así las masas calientes tienden a subir y en su lugar se ubican las masas de aire más densas y frías que tienden a bajar. La fuerza de Coriolis es debida a la rotación de la Tierra sobre su eje (sentido antihorario visto desde el polo norte) y desplaza las masas de aire hacia el oeste (izquierda) si se dirigen desde los polos hacia el Ecuador y hacia el este (derecha) si se dirigen desde el Ecuador hacia los polos, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur. La fuerza de Coriolis es la causante de que en las áreas anticiclónicas (altas presiones) el viento describa giros en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur. En las áreas ciclónicas (bajas presiones) ocurre lo contrario. (Cucó, 2017, p. 11)

Medida del viento

Según el Atlas Eólico del Perú (2016) en energía eólica se utilizan principalmente cuatro tipos de instrumentos meteorológicos:

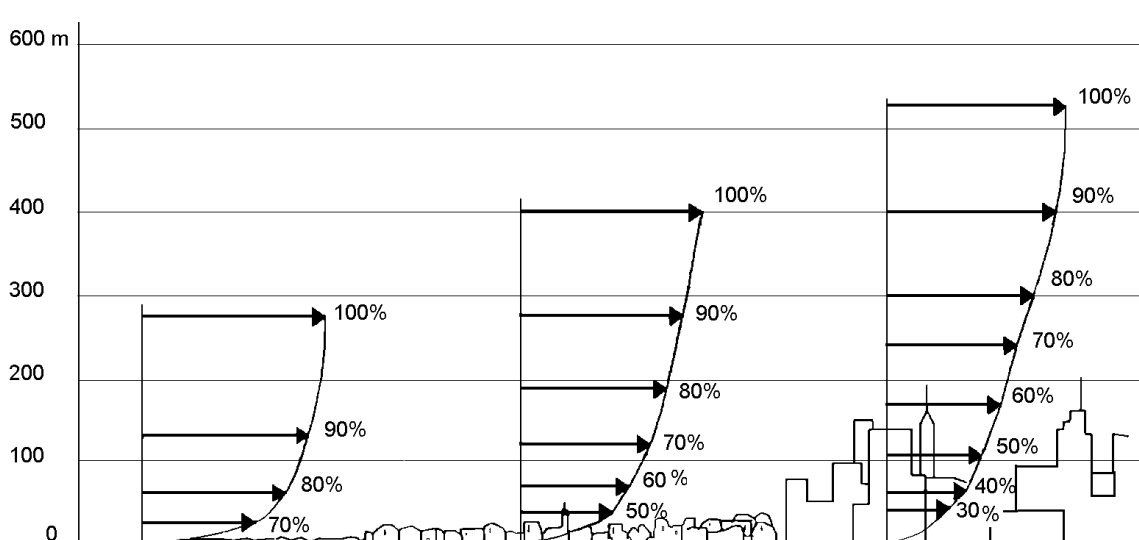
- Anemómetros para medir la velocidad del viento.
- Veletas para medir la dirección.
- Termohigrómetros para medir la temperatura y humedad relativa del aire.
- Barómetros para medir la presión atmosférica ambiental.

Variación del viento con la altura sobre el terreno

Los cambios en la velocidad del viento a la altura de gradiente solo dependen del campo de presiones y de la latitud. Solo las medidas realizadas, por lo menos, a la altura del eje del rotor de la turbina, cuya energía se desee evaluar, proporcionarán una suficiente precisión para hacer un cálculo responsable del valor del recurso eólico. (Carta et ál., 2009)

Figura 1

Perfiles de Velocidad de Viento



Fuente: Pinilla (1997).

La forma de este perfil dependerá principalmente de la rugosidad del terreno. La Figura 1 ilustra el comportamiento de perfil de velocidades del viento en función de las características topográficas del terreno.

Dos modelos matemáticos o leyes se han usado comúnmente para cuantificar el perfil vertical de la velocidad del viento en regiones de terreno plano homogéneo. Estas son la ley logarítmica y la ley potencial. (Carta et ál., 2009, p. 352)

Ley logarítmica

Puede ser obtenida teóricamente de los principios básicos de mecánica de fluidos e investigaciones atmosféricas. Se deriva de una combinación de investigaciones teóricas y semi-empíricas. Es válida sobre un gran rango de altitudes e incorpora el fenómeno de

estabilidad atmosférica. En el caso particular de atmósfera neutra la ley logarítmica viene dada por la ecuación:

$$V = V_0[\ln(H_0/z_0)/\ln(H/z_0)]$$

Donde V y V_0 son las velocidades del viento a las alturas H y H_0 y z_0 es la rugosidad del terreno.

La ley potencial

Es empírica y su validez está generalmente limitada a las más bajas elevaciones de la atmósfera. Debido a su simplicidad, sin embargo, la ley potencial es el modelo más comúnmente usado para describir las variaciones de la velocidad del viento en elevaciones sobre el suelo. La Ley potencial viene dada por la Ecuación 1 según Carta et ál. (2009):

$$V = V_0(H/H_0)^\beta \quad (1)$$

Donde:

V : Velocidad a altura requerida (m/s).

V_0 : Velocidad a altura referencial (m/s).

H : Altura requerida (m).

H_0 : Altura referencial (m).

β : Medida del rozamiento superficial.

Tabla 2

Valores de β y z_0 para Distintos Terrenos

Tipo Terreno	β	z_0 (m)
Liso (mar, arena, nieve)	0.10 - 0.13	0.001 - 0.02
Moderadamente rugoso (hierba, campos cereales, regiones rurales)	0.13 - 0.20	0.02 - 0.3
Rugoso (bosques, barrios)	0.20 - 0.27	0.3 - 0.2
Muy rugoso (ciudades, altos edificios)	0.27 - 0.40	2 - 10

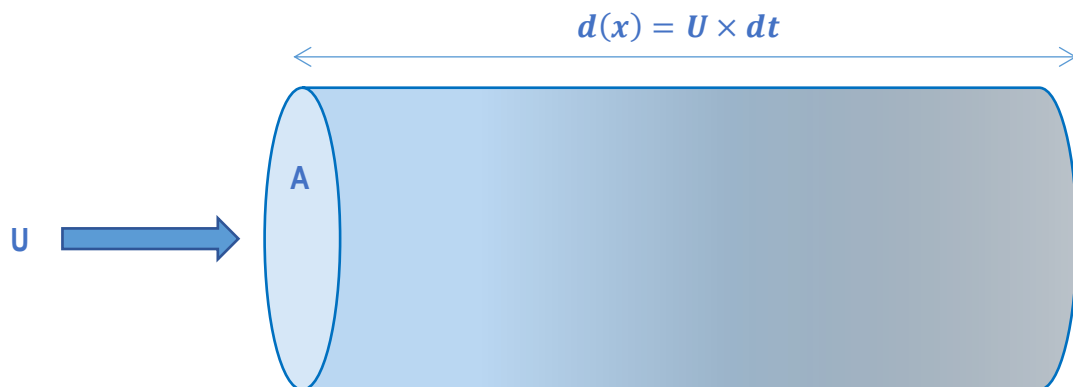
Fuente: Carta et ál. (2009).

Ley de Betz

Los aerogeneradores aprovechan la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica y mediante un generador producir energía eléctrica. No obstante, no todo el viento que atraviesa el área del rotor de un aerogenerador puede aprovecharse. Existe un límite físico, conocido como límite de Betz que establece la energía máxima extraíble por un aerogenerador. Si se intenta extraer con un aerogenerador la energía del viento, se verá que su velocidad disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica debe frenar el viento para transformar su energía cinética en rotacional. Dado que la cantidad de aire que pasa a través del área barrida por el rotor por unidad de tiempo debe ser igual a la que abandona el área del rotor por el otro lado, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor. (Atlas Eólico del Perú, 2016)

Figura 2

Flujo a Través de un Disco



Fuente: Elaboración propia. Tomado de Atlas Eólico del Perú (2016)

Teniendo en cuenta que la velocidad es igual a la derivada de la posición y la ecuación de la energía cinética:

$$U = \frac{dx}{dt} ; E_C = \frac{1}{2} m \times U^2$$

Se despeja la Ecuación 2 considerando que la potencia es igual a la variación de energía por unidad de tiempo:

$$P = \frac{dE_C}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m \times U^2 \right) = \frac{1}{2} \times U^2 \times \frac{dm}{dt} \quad (2)$$

Considerando que la masa es igual a la densidad por volumen, y que el volumen a su vez es igual a una determinada área multiplicada por una longitud, se despeja la Ecuación 3:

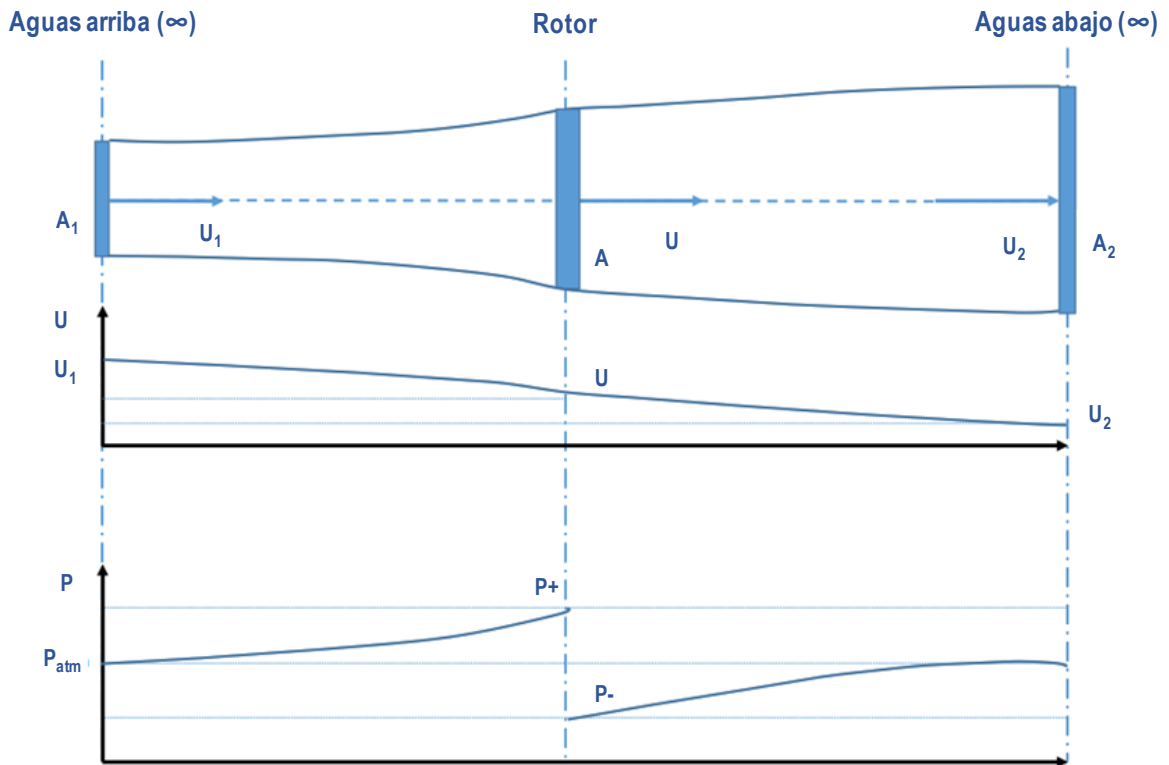
$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \times V)}{dt} = \frac{d(\rho \times A \times x)}{dt} = \rho \times A \frac{dx}{dt} = \rho \times A \times U \quad (3)$$

Reemplazando la Ecuación 3 en la Ecuación 2:

$$P = \frac{1}{2} \times U^2 \times \frac{dm}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U^3$$

Figura 3

Flujo a Través del Rotor de un Aerogenerador



Fuente: Atlas Eólico del Perú (2016).

Teniendo en cuenta la Figura 3, puede demostrarse (mediante la ecuación de Bernoulli, la ecuación de continuidad y la de conservación de la masa) que en teoría el valor de la velocidad del viento V en el plano del rotor es la semisuma de la velocidad incidente en el infinito aguas arriba U_1 con la velocidad final aguas abajo en el infinito U_2 :

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2}; A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = A \times U$$

Y por tanto la cantidad de masa que atraviesa el rotor por unidad de tiempo teniendo en cuenta la Ecuación 3, puede ponerse como:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \times A \times U = \rho \times A \times \frac{U_1 + U_2}{2}$$

La potencia extraída por el rotor

$$P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \times \rho \times A_1 \times U_1^3 - \frac{1}{2} \times \rho \times A_2 \times U_2^3$$

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A_1 \times U_1 \times U_1^2 - \frac{1}{2} \times \rho \times A_2 \times U_2 \times U_2^2$$

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times U \times (U_1^2 - U_2^2)$$

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times \frac{U_1 + U_2}{2} \times (U_1^2 - U_2^2)$$

$$P = \frac{1}{4} \times \rho \times A \times (U_1 + U_2) \times (U_1^2 - U_2^2)$$

La potencia del viento incidente sobre el rotor sería:

$$P_r = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times U_1^3$$

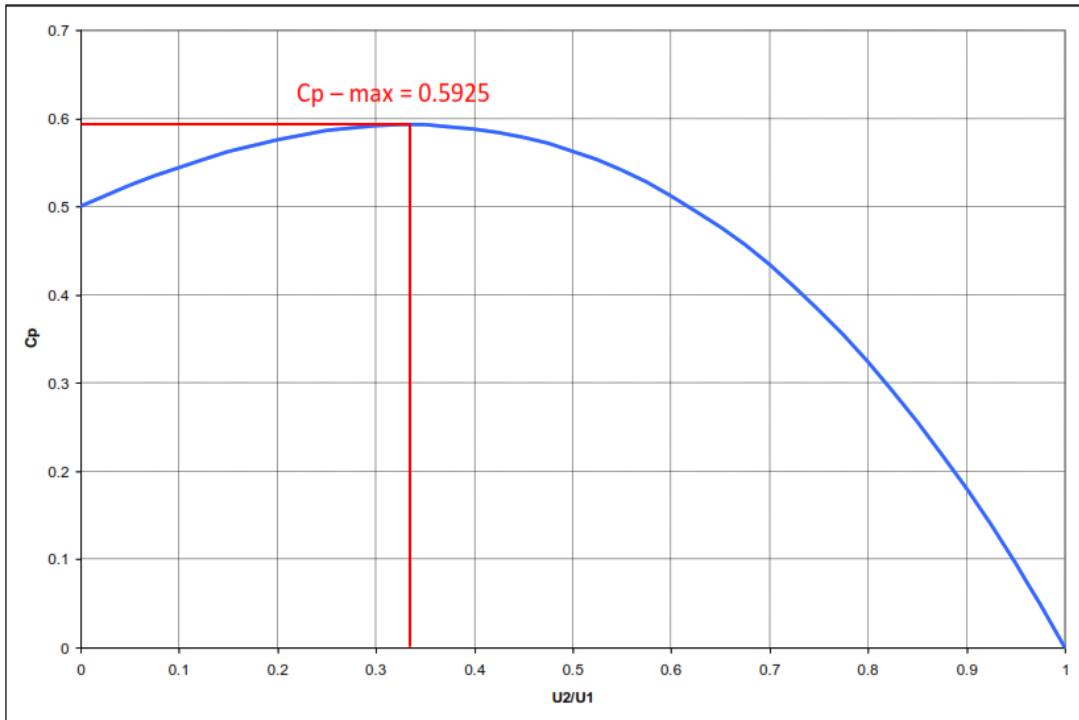
Comparando ambos valores se obtiene la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P}{P_r} = \frac{1}{2} \left(1 - \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \right) \times \left(1 + \frac{U_2}{U_1} \right)$$

Este valor C_p se conoce como el coeficiente de potencia de un aerogenerador y representa el rendimiento con el cual funciona el mismo, expresa que cantidad de la potencia total que posee el viento incidente es realmente capturada por el rotor de dicho aerogenerador. (Atlas Eólico del Perú, 2016)

Figura 4

Límite de Betz



Fuente: Atlas Eólico del Perú (2016).

La Figura 4, muestra el valor de C_p en función del cociente de velocidad U_2/U_1 , como puede verse esta función alcanza un máximo para el valor $16/27 (\approx 0.5925)$.

La ley de Betz establece por tanto que solo el 59.25 % de la energía cinética del viento puede convertirse en energía mecánica para mover el rotor de la turbina.

3.1.2.2. La energía solar

La energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía. (Osinergmin, s.f.)

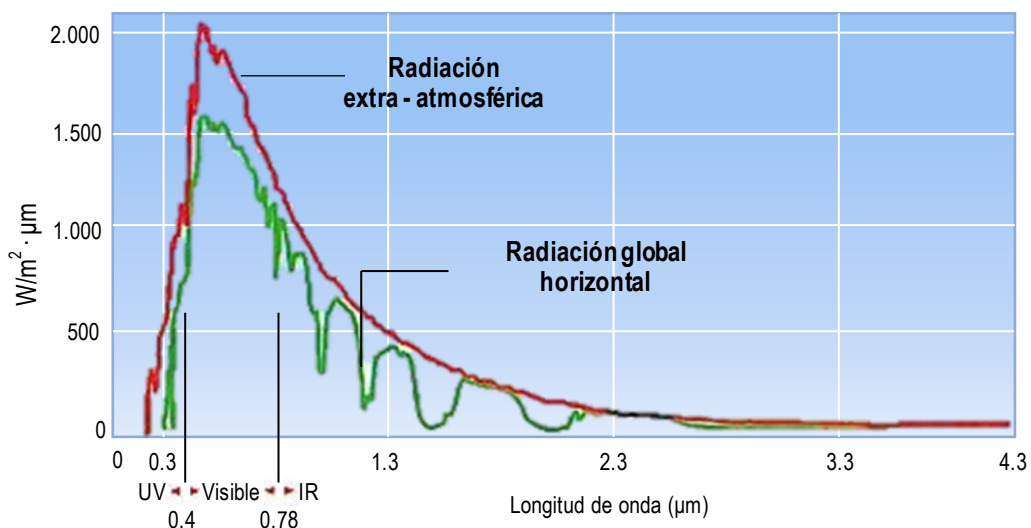
Para Dammert, Molinelli, y Carbajal: “La energía solar es la energía primaria más abundante en el planeta. Esta fuente de energía se puede utilizar en la generación eléctrica mediante dos tecnologías: la conversión fotovoltaica y la generación termosolar” (2011, p. 39).

Origen de la radiación solar

En el núcleo del sol se producen reacciones de fusión nuclear que generan energía. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en forma de conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de 0.15 μm a 4 μm aproximadamente. (Castejón y Santamaría, 2010, p. 14)

Figura 5

Espectro Electromagnético de la Radiación Solar



Fuente: Castejón y Santamaría (2010).

Por otro lado, para Perpiñán, la radiación emitida por el Sol atraviesa el espacio vacío en todas direcciones. No sufre pérdidas apreciables por interacción con medios materiales. Sin embargo, la irradiancia solar, definida como la densidad de flujo radiante solar, es atenuada de acuerdo con el cuadrado de la distancia. Parte de esta irradiancia solar es interceptada por el planeta Tierra. Dada la relación entre la distancia con el Sol y el tamaño de nuestro planeta, es razonable asumir que su valor es constante en toda la superficie exterior de nuestra atmósfera. (2013, p. 25)

Tipos de radiación solar sobre una superficie

Según Castejón y Santamaría (2010) la radiación que llega a un captador, se divide en tres partes:

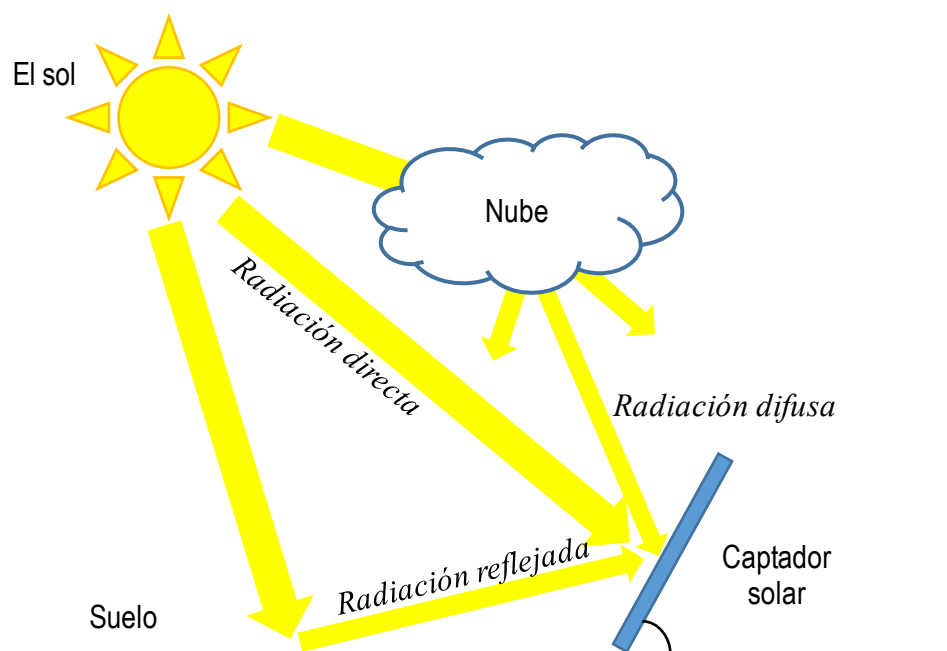
Radiación directa. Son los rayos recibidos de forma directa del sol.

Radiación difusa. Procedente de toda la bóveda del cielo, excluyendo el disco solar, la forman los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo la radiación recibida en un día nublado es difusa).

Radiación reflejada o de albedo. Reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente de la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. que rodean al receptor.

Figura 6

Tipos de Radiación Solar



Fuente: Elaboración propia. Tomado de Castejón y Santamaría (2010)

Medida de la radiación solar

Según Castejón y Santamaría (2010) para cuantificar la radiación se utilizan dos magnitudes:

Irradiancia. Potencia o radiación incidente por unidad de área. Indica la intensidad de la radiación solar. Su unidad de medida es el vatio por metro cuadrado (W/m^2).

Irradiación. Integración o suma de las irradiancias en un periodo de tiempo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida en un determinado tiempo. Su unidad de medida es julios por metro cuadrado por un periodo de tiempo (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).

Lo antes mencionado quiere decir que, la irradiancia es la radiación que llega a una unidad de superficie, mientras que la Irradiación es la suma de todas las irradiancias recibidas en un determinado tiempo.

Para la medida de radiación solar se utilizan los radiómetros, los cuales pueden ser de dos tipos: piranómetros y pirheliómetros. La forma principal de actuación de estos sensores es la conversión de la energía proveniente del sol en otro tipo de energía, principalmente eléctrica, de forma que esta última pueda ser medida de una forma mucho más sencilla. Esta energía dependerá, por otra parte, de la inclinación, y en su caso de la orientación, en la que esté situado el sensor, debido a que no sería lo mismo registrar la radiación incidente en una superficie horizontal que en una vertical, por razones obvias. (Pérez, 2008)

3.1.3. Instalación híbrida eólica - solar

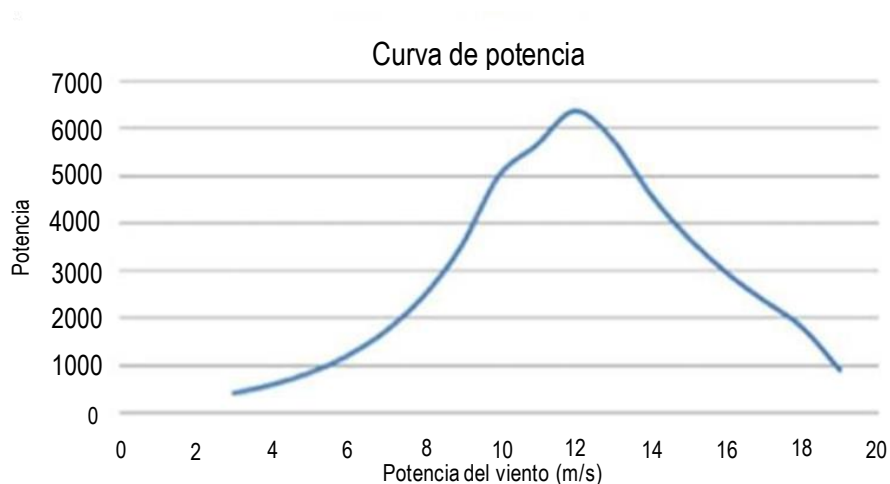
Es la que combina la energía eólica con la energía solar en una misma instalación o sistema dedicado a generar electricidad.

3.1.3.1. La conversión eólica

El generador eólico es un generador que convierte la energía cinética del viento en trabajo mecánico. La curva de potencia del generador describe la relación entre la variable de entrada de la velocidad del viento en m/s y la variable de salida de la potencia eléctrica en W. La hoja de datos del generador de viento proporciona los parámetros que se utilizan para modelar el dispositivo. (Panahandeh et ál., 2011, citado por Ponce et ál., 2014)

Figura 7

Curva de Potencia de un Generador de 5 kW



Fuente: Ponce et ál. (2014).

Existen tres factores que determinan la potencia de una turbina (Thapar et al., 2011 citado por Ponce et ál., 2014):

- a) La distribución del viento donde la turbina sea instalada, por tanto, se debe elegir un sitio con un buen potencial de energía eólica. Ya que la velocidad del viento varía, incluso de segundo a segundo, se utiliza una función de distribución de probabilidades de Weibull, la cual describe la velocidad del viento más adecuada.
- b) La altura de la turbina. Existen muchas relaciones que se utilizan para encontrar la variación del viento a una altura determinada. Ya que son muy complejas, se utilizan expresiones mucho más simples, que, aunque no son exactas, sus aproximaciones son satisfactorias.
- c) La curva de potencia eléctrica de salida. Esta información la genera y proporciona el fabricante, ya que cada generador cuenta con diferente diseño y clasificación.

Tecnología Eólica

Los molinos de viento, aeromotores, máquinas eólicas (términos que pueden ser considerados sinónimos), o los aerogeneradores, o turbinas eólicas en su acepción, son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica. Aunque existen dos tipos básicos de molinos, eje horizontal y eje vertical, el principio de operación es esencialmente el mismo. La captación de la energía eólica se realiza mediante la acción del viento sobre las palas, las cuales están unidas al eje a través de un elemento denominado cubo (conjunto que recibe el nombre de rotor). (Moragues y Rapallini, 2003, p. 8). Luego mediante el subsistema de transmisión mecánica va al generador para convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

3.1.3.2. La conversión solar

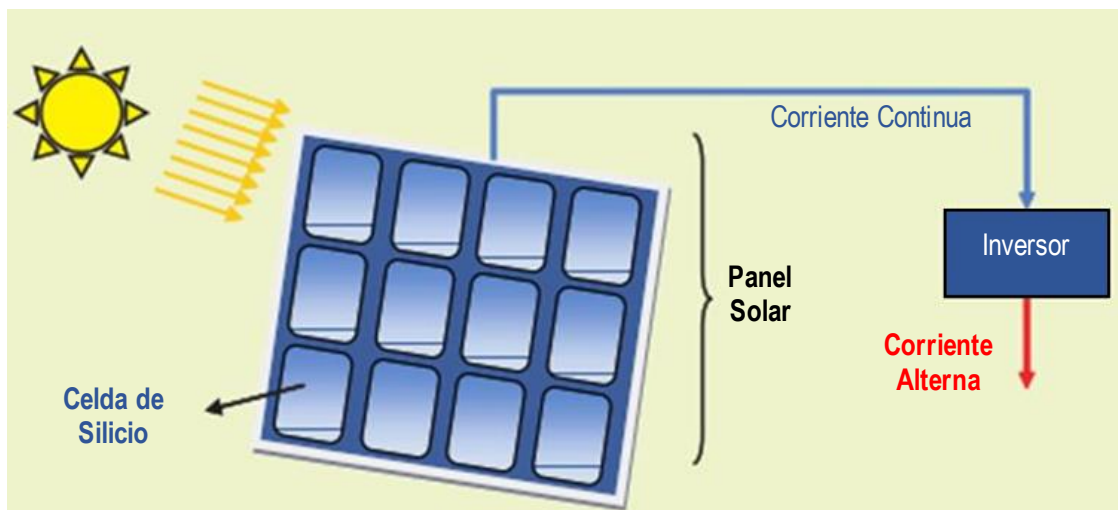
Para realizar una instalación de un sistema solar es necesario conocer cómo a partir de la radiación solar se genera la energía eléctrica:

La conversión fotovoltaica es el proceso que consiste en que por medio de celdas solares se convierte la energía solar en energía eléctrica. La Figura 8 muestra un esquema simplificado de la generación fotovoltaica. El material del cual están hechas las celdas solares

habitualmente es el silicio, el cual es fotosensible, por lo que al estar expuesto a la luz solar genera una carga eléctrica, que es muy pequeña; sin embargo, la suma de las cargas eléctricas generadas por las celdas en conjunto (panel solar) puede ser considerable. La corriente generada mediante la conversión fotovoltaica es corriente continua. Sin embargo, por medio de un inversor u ondulator, se puede transformar en corriente alterna con objeto de utilizarla junto con el resto de tecnologías. (Dammert, Molinelli, y Carbajal, 2011, p. 39)

Figura 8

Esquema de la Generación Fotovoltaica



Fuente: Dammert, Molinelli, y Carbajal (2011).

Explicado de otra manera, la conversión fotovoltaica se da por medio de células o celdas solares, que cuando captan la energía solar, generan una carga eléctrica pequeña, pero al trabajar en conjunto esta carga es considerable. La corriente generada es continua y si se requiere, se puede transformar en alterna por medio de un inversor.

Las células solares

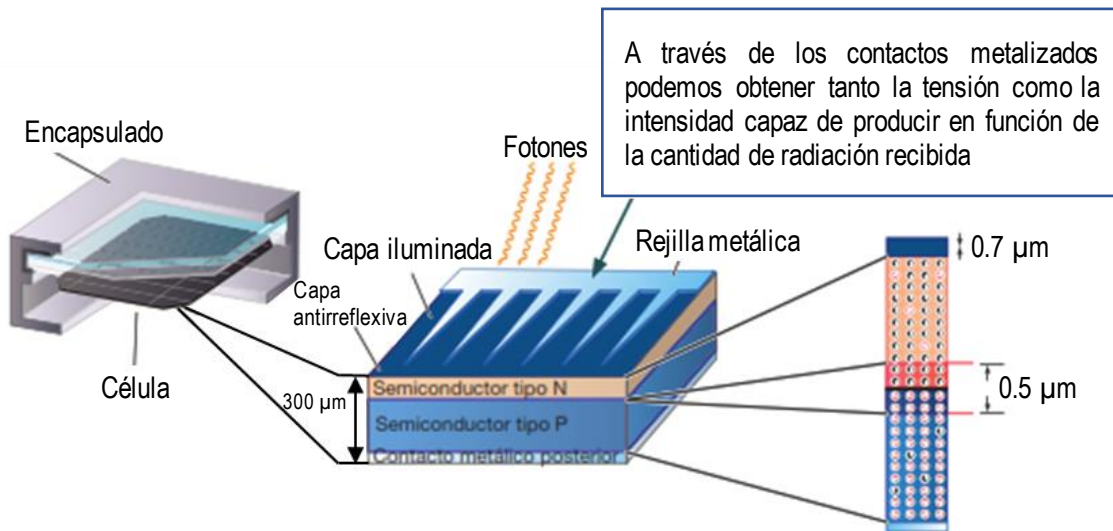
Según Díaz y Carmona:

La célula solar es el elemento principal de cualquier instalación fotovoltaica, estos convierten de forma directa en energía eléctrica los fotones originados de la luz solar. Una célula solar se comporta como un diodo, la parte que se encuentra en la zona oscura es la P, mientras que la parte expuesta a la radiación es la N. Los terminales de conexión de la célula están en cada parte del diodo; la parte P se encuentra metalizada por completo (no recibe

luz), por otro lado, en la parte N el metalizado tiene forma de peines para que la radiación solar llegue al semiconductor. (2010, p. 12)

Figura 9

Estructura de la Célula Solar



Fuente: Díaz y Carmona (2010).

Lo que quiere decir que, la célula solar funciona como un diodo, la parte P esta metalizada y no recibe luz mientras que la parte N esta metalizada en forma de peine para que la radiación llegue al semiconductor.

Las células solares están hechas de materiales semiconductores, que poseen electrones débilmente ligados ocupando una banda de energía denominada "banda de valencia". Cuando se aplica un cuanto de energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda de energía llamada "banda de conducción". Mediante un contacto selectivo, estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial, anterior al proceso de absorción de un fotón luminoso. El flujo de electrones en el circuito exterior se llama corriente de la célula y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Todo esto ocurre a temperatura ambiente y sin partes móviles, pues las células solares, que convierten en electricidad sólo una parte de la

energía de los fotones absorbidos se calientan sólo unos 25 - 30 °C por encima de la temperatura ambiente. (Grupo NAP, 2002, p. 3)

En otras palabras, las células solares están hechas de materiales semiconductores, los cuales poseen electrones en la banda de valencia, que cuando reciben cierta cantidad de energía solar, los electrones pasan a otra banda llamada “banda de conducción”, y llevados a un circuito exterior realizan trabajo útil, luego estos electrones regresan a la banda de valencia inicial con la misma energía para realizar el mismo proceso.

Las células solares más utilizadas son las realizables en silicio cristalino y silicio multicristalino, que proporcionan aproximadamente 0.5 Voltios y una corriente de 35 mA/cm² cuando son iluminadas por el sol en un día claro a 1000 W/m² que se toma como irradiancia de referencia estándar. La segunda tecnología de células digna de mención se agrupa bajo el término común de “células de capa delgada” o thin film solar cells, de bajo coste, con una eficiencia de la mitad que la lograda en silicio monocristalino. Otra tecnología es la denominada “células de silicio pelicular” o Si-sheet solar cells, que es un tipo de célula realizado por una sola compañía (Astropower) consistente en silicio policristalino fabricado al estilo de capa delgada. Por último, están las células más eficientes jamás logradas, denominadas células multiunión y que son, en realidad, varias células de distintos materiales construidas monolíticamente, es decir, en un solo monocristal continuo. Se ha alcanzado con ellas una eficiencia de 40.7% bajo luz concentrada. (Grupo NAP, 2002, p. 12)

3.1.3.3. Elementos de una instalación híbrida eólica - solar

Los HRES (Sistemas de Energía Híbridos Renovables, por sus siglas en inglés) integran dos o más generadores de energía (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica, etc), y en la mayoría de los casos se utilizan generalmente fuera de la red eléctrica (Pinilla, 1997).

Figura 10

Componentes de un Sistema Híbrido Eólico - Solar



Fuente: Cruz (2010).

En una instalación híbrida eólica - solar se pueden señalar como componentes los siguientes sistemas:

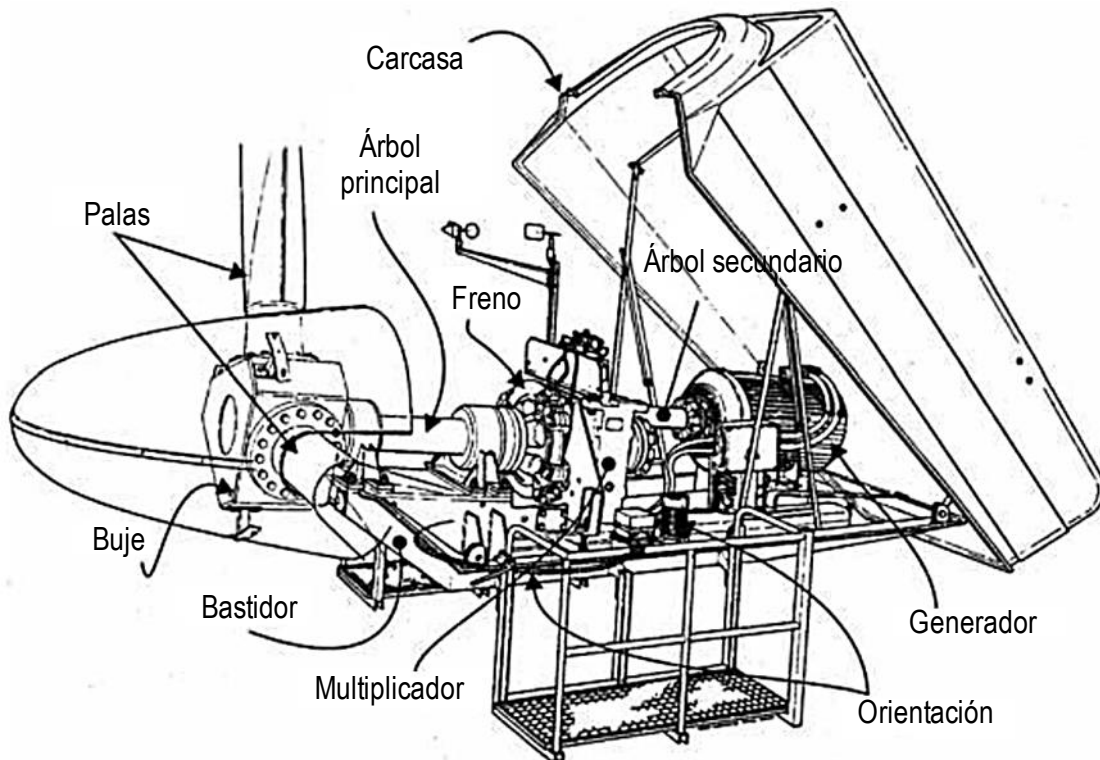
- **Sistema generador eólico**

Está compuesto por aerogeneradores encargados de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación. Está integrado por el rotor, el cual se compone de las palas y del buje (Carta et ál., 2009).

En función de la posición del eje de giro del rotor las máquinas eólicas se clasifican en máquinas de eje horizontal y de eje vertical.

Figura 11

Diversos Componentes de un Aerogenerador



Fuente: Carta et ál. (2009).

Máquinas de eje vertical

En estas máquinas el eje de rotación es perpendicular a la superficie terrestre y a la dirección del viento, basan su principio de operación en la fuerza de arrastre sobre superficies como es el molino de viento (Savonius) o el mismo principio de operación de los anemómetros de cazoletas. A excepción de estos dos sistemas los demás equipos de eje vertical (Darrieus), utilizan el principio de sustentación para la extracción de energía, el sistema puede captar el viento en cualquier dirección, mientras que los equipos de eje horizontal requieren de un sistema de control para enfrenar el rotor con la dirección de viento. Usualmente vienen provistos de un pequeño motor para iniciar el arranque, para facilitar la entrega de energía, mientras las máquinas de eje horizontal se diseñan para que arranquen sin ayuda externa, a velocidades adecuadas del viento. (Pinilla, 1997)

Figura 12

Aerogenerador de Eje Vertical (Darrieus)



Fuente: Pinilla (1997).

Máquinas de eje horizontal

En estas máquinas el eje de rotación es paralelo a la dirección del viento, basan su principio de extracción de energía del viento en el fenómeno de sustentación que se presenta en álabes y formas aerodinámicas, tal como sucede con los perfiles en las alas de los aviones. Son los más difundidos y los que han permitido obtener las mayores eficiencias de conversión. En su gran mayoría, la conversión de la energía disponible en el eje del rotor en otra forma de energía, se realiza mediante dispositivos ubicados sobre la torre. (Moragues y Rapallini, 2003)

Figura 13

Aerogenerador de Eje Horizontal



Fuente: Pinilla (1997).

El rotor

Es a menudo considerado como el subsistema más importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento como del de costes (Carta et ál., 2009).

El rotor consiste en palas con formas especiales, superficies aerodinámicas. Los rotores están hechos normalmente de compuestos de fibra de vidrio, plástico reforzado o madera. La cantidad de energía que una turbina eólica producirá está determinada sobre todo por el diámetro de este rotor. El diámetro del rotor define su “área de barrido”, o la cantidad de viento interceptado por la turbina eólica. Las palas son giratorias para conseguir un cierto ángulo de ataque con respecto al viento, para así controlar la velocidad de giro del rotor e

impedir que éste gire con vientos que son o demasiado altos o demasiado bajos para producir electricidad. (Hulshorst, 2009, p. 6)

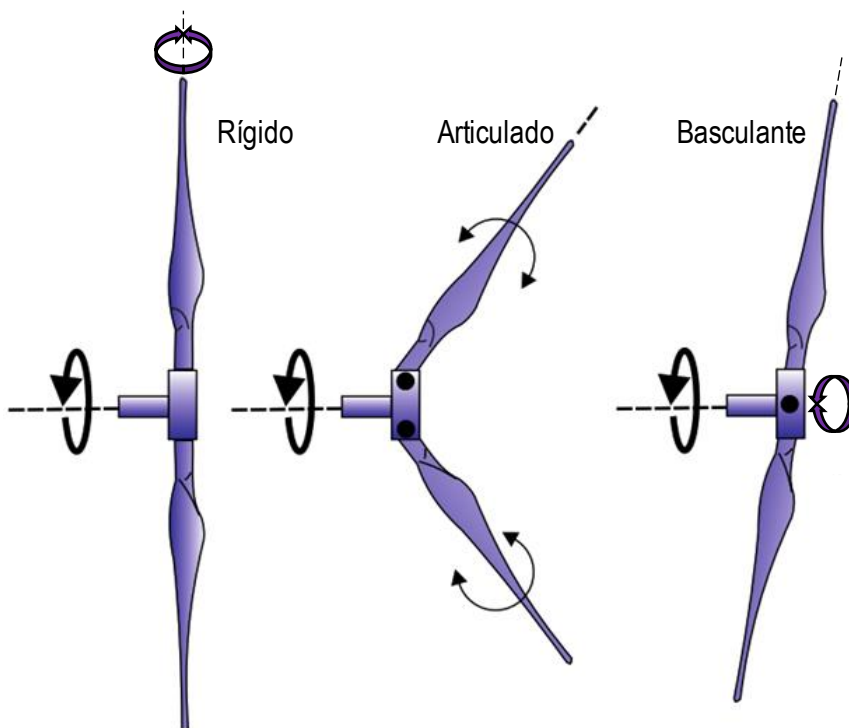
Dependiendo del número de palas de los rotores, éstos se clasifican en rotores multipala (o rotores lentos), con un número de palas comprendido entre 6 y 24, y en rotores tipo hélice (o rotores rápidos). Para clasificar a los rotores en lentos o rápidos se utiliza la relación específica de velocidades λ_0 , definida como el cociente entre la velocidad lineal en la punta de la pala del rotor y la velocidad del viento. Valores de λ_0 superiores a 5 se usan en el diseño de máquinas eólicas rápidas, mientras que valores de λ_0 comprendidos entre 1 y 2 se suelen adoptar para máquinas lentas. (Carta et ál., 2009, p. 361)

El buje de la turbina eólica

Es el componente que conecta las palas al árbol principal de transmisión y finalmente al resto del tren de potencia. Hay tres tipos básicos de bujes que se aplican en las turbinas modernas de eje horizontal: bujes rígidos, bujes basculantes (denominados en inglés teetering), y bujes para palas articuladas (denominados en inglés hinged hub). (Carta et ál., 2009, p. 362)

Figura 14

Tipos de Bujes



Fuente: Carta et ál. (2009).

Subsistema de transmisión mecánica (eólico)

Está compuesto por todas las partes en rotación de la turbina que incluyen un árbol de baja velocidad (en el lado del rotor), acoplamientos, freno, caja multiplicadora de engranajes, y un árbol de alta velocidad (en el lado del generador). El árbol principal transfiere el par torsor desde el rotor al resto del tren de potencia. Los acoplamientos tienen como función conectar los árboles, estos se pueden colocar entre el árbol principal y la caja de engranajes, y entre el árbol de salida de la caja de engranajes y el generador. El multiplicador adapta la baja velocidad de rotación del eje del rotor a mayores velocidades de operación del generador eléctrico. Existen dos tipos básicos de cajas de engranajes, las de árboles paralelos y las de engranajes planetarios. Cuando no se considera el uso del multiplicador su función es sustituida por elementos de carácter eléctrico o electrónico. También se usan frenos en alguna parte del tren de potencia, como es el uso de los frenos mecánicos que sirven para parar la turbina o evitar que el rotor gire cuando esta no esté funcionando. En aerogeneradores se usa frecuentemente el freno de disco y debe ser ubicado en el lado de alta o baja velocidad de la caja de engranes. (Carta et ál., 2009)

Subsistema eléctrico (eólico)

El subsistema eléctrico de un aerogenerador incluye todos los dispositivos que intervienen en el proceso de conversión de la energía mecánica en energía eléctrica, el generador es el elemento que convierte la energía rotacional del eje de la turbina en electricidad. El generador produce corriente alterna o corriente directa. Los equipos eólicos de generación generan electricidad a una variedad de voltajes, desde 12 a 24 voltios D.C. para carga de baterías a 120 o 240 voltios A.C. para interconexión con la red eléctrica, aunque se pueden conseguir otros voltajes, según necesidad. (Pinilla, 1997)

Subsistema de orientación (eólico)

El cambio de dirección del viento incidente hace necesaria la orientación del rotor situándolo perpendicularmente a dicha dirección. Existen dos clases de sistemas de orientación, las de orientación activa que disponen de un rotor barolento, y la información de los datos del viento y posición de la máquina, se transmite a un sistema de actuación hidráulico o eléctrico. Actualmente se utiliza la orientación por motorreductor, este está embridado sobre el bastidor y actúa sobre una corona de grandes dimensiones, uno de sus aros está fijado al bastidor y el otro a la torre. La actuación del motorreductor sobre la corona produce el giro del bastidor y para inmovilizar el giro se utiliza el freno. Por otro lado, la orientación pasiva, cuentan con elementos mecánicos que aprovechan las propias fuerzas aerodinámicas para

realizar las maniobras de orientación. Las turbinas pequeñas emplean veletas, donde la velocidad del viento actúa sobre las mismas generando un empuje sobre la cola aerodinámica para girar y colocar el rotor perpendicular a la dirección del viento. Las máquinas de baja potencia usan rotores laterales auxiliares que cuando el rotor no se encuentra orientado correctamente convenientemente, estos rotores se ven sometidos a la acción de viento y giran actuando sobre mecanismos de engranes que obligan al rotor de la turbina a orientarse correctamente. (Carta et ál., 2009)

Subsistema soporte (eólico)

Está constituido por la góndola y la torre. La góndola está formada por el bastidor o estructura portante de acero en el que se montan la mayoría de los distintos subsistemas de la máquina eólica y la carcasa que, diseñada de forma aerodinámica, los protege de los agentes atmosféricos. El bastidor, mediante un rodamiento, se acopla a la parte superior de la torre. La carcasa o estructura de cierre y protección se fabrica generalmente de fibra de vidrio y poliéster, contando con refuerzos de acero. Se diseña para facilitar el acceso y las labores de mantenimiento, así como para permitir el correcto funcionamiento de los subsistemas que alberga. La torre es el elemento encargado de elevar el rotor de la máquina respecto del nivel del suelo. La altura mínima de la torre está condicionada por el diámetro del rotor del subsistema de captación y la altura máxima por el coste y la dificultad de instalación. Para facilitar el transporte de las torres de acero éstas se construyen de varios tramos, los cuales se atornillan entre sí. La torre se ancla en el suelo mediante pilotes o zapatas de cimentación de hormigón armado cuya dimensión depende de las características del terreno, del tamaño de la máquina eólica y de las sollicitaciones mecánicas que produzca el régimen de vientos de la zona de instalación. (Carta et ál., 2009)

Subsistema de regulación y control eólico

Tiene la misión de incrementar la captación de energía cinética del viento, mejorar la potencia eléctrica generada y garantizar un funcionamiento seguro de la máquina. Para ello el subsistema de control supervisa el funcionamiento de la máquina eólica y gestiona las secuencias de arranque, parada, etc., además de controlar al subsistema de orientación, regular la potencia captada del viento y la producida por el aerogenerador. Estos sistemas disponen de cadenas de medida (sensores y acondicionadores de las señales) que chequean el viento (velocidad, dirección, etc.), el funcionamiento de la máquina (temperatura, vibraciones, velocidad de rotación, giro de la góndola, etc.) y de microprocesadores que gestionan la información, envían ordenes de actuación a los diferentes dispositivos

involucrados para que éstos modifiquen el comportamiento de la turbina y hagan que ésta opere de forma óptima. Asimismo, el subsistema de control suele contar con elementos de comunicación con el que recibir y enviar información al operador de la central. (Carta et ál., 2009)

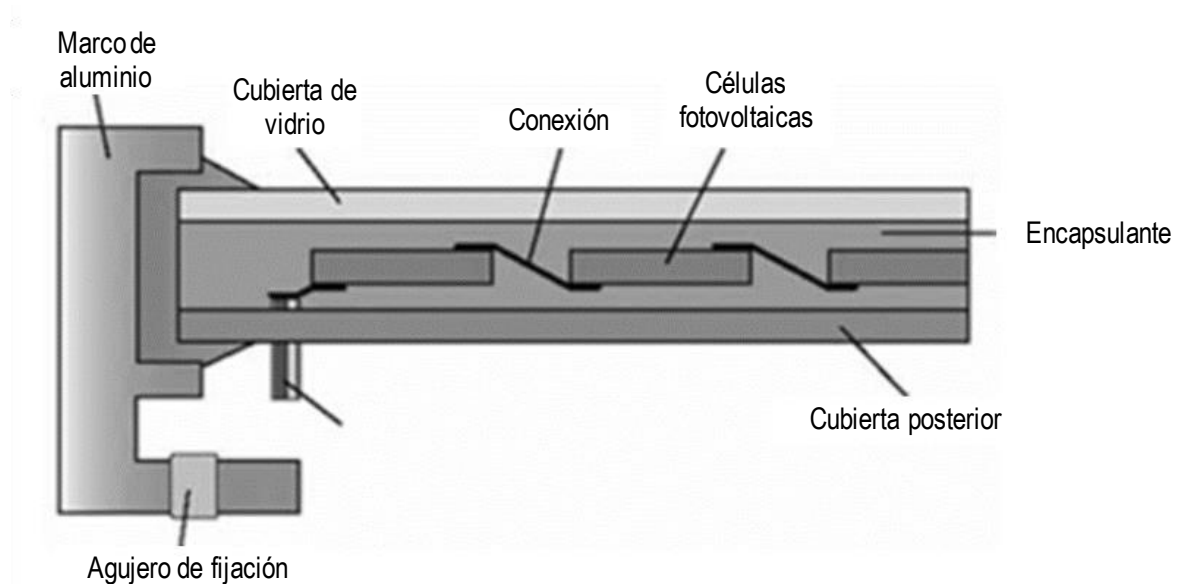
- Sistema generador fotovoltaico

Está compuesto por paneles fotovoltaicos y tiene la función de convertir la radiación solar que incide sobre él en energía eléctrica. La superficie más habitual de los paneles se sitúa entre 0.5 metros cuadrados y 0.8 metros cuadrados, y consta de un conjunto de células fotovoltaicas conectadas en serie y en paralelo para conseguir un determinado nivel de tensión y capacidad eléctrica para una determinada radiación.

Además, la estructura del panel brinda estanqueidad y resistencia mecánica a las células, facilita la eliminación de calor de las mismas, mejorando así el rendimiento, y es beneficioso para optimizar la captura de la radiación solar. (Carta et ál., 2009, p. 238)

Figura 15

Componentes de un Panel Fotovoltaico



Fuente: Carta et ál. (2009).

Según lo antes mencionado se puede decir que, el sistema de captación fotovoltaico está constituido por el panel solar, que está formado por un conjunto de células solares, que generan energía eléctrica. También cumple la función de soporte mecánico y estanqueidad.

- **Sistema de regulación (fotovoltaico)**

Su función es evitar que la energía recibida por las baterías supere su capacidad máxima de almacenamiento y así evitar que agoten por exceso de sobrecargas la capacidad de las mismas (Carta et ál., 2009, p. 238).

En otras palabras, el sistema de regulación mantiene constante las cargas, evitando las sobrecargas y protegiendo las baterías.

- **Sistema de almacenamiento**

Su función es almacenar la energía eléctrica generada que no es utilizada por el usuario, dado que la radiación solar y energía del viento es variable no se podría asegurar el suministro de energía en todo momento sin este sistema. El sistema de almacenamiento consta de baterías conectadas en paralelo o en serie. Entre los diferentes tipos de baterías las de plomo ácido son las más adecuadas para este tipo de generación de energía, cerca del 90% del mercado son de este tipo de baterías. (Carta et ál., 2009)

Entonces se puede decir que, el sistema de almacenamiento está encargado de almacenar la energía eléctrica por medio de baterías.

- **Sistema convertidor de corriente**

Es el responsable de cambiar la energía producida por el sistema híbrido o la almacenada en las baterías, que es continua, al tipo, continua o alterna, solicitada por las cargas. Si la carga necesita consumir corriente alterna, el convertidor consta de un inversor, el cual cambia la intensidad y tensión continuas en intensidad y tensión alternas. (Carta et ál., 2009)

Según lo antes mencionado, el sistema convertidor consta de un inversor que convierte la corriente continua producida por sistema de generación en corriente alterna.

3.2. Ubicación del área de estudio

Esta investigación se realizó en el caserío Poza Seca del distrito de Callayuc en la provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca, se encuentra ubicado a una altura de 2 296.2 m.s.n.m, su ubicación según coordenadas geográficas es: Latitud -6.09893166667 y Longitud -79.02105166667 . En la Figura 16, se muestra la vista satelital del caserío Poza Seca.

Figura 16

Vista Satelital de la Zona de Investigación



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Google Earth (2021)

3.3. Población y Muestra

La población y muestra está constituida por el caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca, que consta de ocho viviendas domiciliarias, una institución educativa de educación primaria, un local comunal y una iglesia.

Muestreo

No probabilístico por motivo de criterio y/o juicio propio del investigador.

3.4. Variables de estudio

3.4.1. Variable dependiente

Sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar.

EL sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar es una forma de generación de energía autónomo basado en generadores eólico y fotovoltaico con almacenamiento por medio de baterías que son una opción para suministrar electricidad para zonas rurales o áreas aisladas (Díaz, 2010).

3.4.2. Variable independiente

Demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.

La demanda eléctrica de un sistema es el promedio de potencia requerida por una carga, durante un determinado intervalo de tiempo (Morales, 2009).

3.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de Variables

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Variable dependiente: Sistema de energía eléctrica híbrido eólico - solar.	Aprovechar la energía eólica y solar utilizando un sistema híbrido eólico - solar y en función de la velocidad del viento e irradiación solar dimensionar el sistema.	- Potencia del Aerogenerador - Potencia del Módulo Fotovoltaico	- Velocidad del viento. - Irradiación solar. - Ángulo de inclinación óptima. - Aerogenerador. - Paneles solares. - Controladores. - Baterías. - Inversores.	- Observación - Análisis de documentos	- Fichas técnicas - Portal del SENAMHI (Datos de Velocidad del viento) - Data Access Viewer NASA (Datos de irradiación solar)
Variable independiente: Demanda eléctrica del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.	Energía eléctrica que se utiliza en un determinado periodo.	- Demanda eléctrica - Potencia instalada	- Crecimiento poblacional. - Máxima demanda. - Horas de consumo de potencia.	- Observación - Análisis de documentos	- Norma R.D. N° 017-2003-EM/DGE

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Fuentes de Información

3.5.1. Recurso eólico disponible

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como misión generar, proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos producidos por los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico. De los datos hidrometeorológicos del SENAMHI brindados por la estación meteorológica CUTERVO GORE, se obtuvo los datos de velocidad del viento para el diseño del sistema eólico.

3.5.2. Recurso solar disponible

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Es la agencia del gobierno estadounidense responsable del programa espacial civil, así como de la investigación aeronáutica y aeroespacial. Del Power Data de la Nasa se obtuvieron los datos históricos de irradiación solar en el caserío Poza Seca.

3.6. Métodos, técnicas y procedimientos utilizados

3.6.1. Métodos

Método de investigación de tipo Inductivo, ya que, a partir de los datos de velocidad del viento, irradiación solar y la recopilación de información del caserío Poza Seca, se dimensionó el sistema eléctrico híbrido eólico - solar.

Tipo de Investigación

De acuerdo con el propósito o finalidad fue una investigación aplicada, ya que se analizó y evaluó la velocidad del viento e irradiación solar del caserío Poza Seca, considerando los datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA), del sitio web el proyecto POWER (The POWER Project). Se determinó el crecimiento poblacional del caserío Poza Seca, luego se calculó la máxima demanda y la potencia instalada. Una vez evaluados los datos de velocidad del viento, irradiación solar y máxima demanda se dimensionó el sistema eléctrico híbrido eólico - solar.

De acuerdo con los medios utilizados para obtener los datos fue una investigación documental y de campo, ya que, para los cálculos del dimensionamiento del sistema se ha buscado fuentes de carácter documental como la normativa eléctrica nacional del Ministerio de Energía y Minas, además de otros autores. Se utilizó el método científico, para obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social, donde se estudió la situación existente de la zona de influencia, llegando a identificar que la causa de la falta de suministro eléctrico del caserío Poza Seca se da debido a su población pequeña y por la lejanía de las redes eléctricas convencionales. Teniendo en cuenta esta problemática en este trabajo de investigación se aplicó los conocimientos con fines prácticos para dimensionar un sistema eléctrico híbrido eólico - solar siendo una alternativa de solución limpia y eficiente.

De acuerdo con el nivel de conocimientos que se adquieren fue una investigación descriptiva, ya que se señalan características como población, velocidad del viento e irradiación del lugar de estudio.

De acuerdo con la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación, fue una investigación cuantitativa, ya que se encontró la solución al problema mediante el planteo del sistema eléctrico híbrido eólico - solar como alternativa de solución a la demanda eléctrica existente que tiene el caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca.

Diseño de investigación

Investigación cuantitativa, ya que en la recopilación de información se tuvo conclusiones estadísticas, el tipo de diseño de investigación fue de investigación diagnóstica, donde se evaluó la problemática existente que es la falta de servicio eléctrico del caserío Poza Seca, se determinó el crecimiento poblacional y se calculó la máxima demanda. Posteriormente se evaluó la velocidad del viento e irradiación solar existente en el caserío y se dimensionó el sistema eléctrico híbrido eólico - solar como respuesta de solución a la problemática del caserío.

3.6.2. Técnicas

- Observación

Se realizó visitas técnicas al caserío Poza Seca, constatándose que en el caserío existen ocho viviendas domiciliarias, una institución educativa de educación primaria, un local comunal y una iglesia.

Se observó la realidad física actual para determinar la potencia instalada y máxima demanda, también la disposición para poder realizar el dimensionamiento y ubicación del sistema eléctrico híbrido eólico - solar.

- **Análisis de documentos**

Información de diferentes autores sobre instalaciones eléctricas, sistemas híbridos, eólicos y solares (libros, tesis, artículos científicos, páginas nacionales e internacionales).

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

- **Fichas técnicas**

A través de las fichas técnicas de los diferentes equipos del sistema híbrido se obtuvieron los parámetros necesarios para su dimensionamiento.

- **Portal del SENAMHI**

Ayudó a recolectar los datos de velocidad del viento.

- **Data Access Viewer NASA**

Ayudó a recolectar los datos de irradiación solar.

- **Norma R.D. N° 017-2003-EM/DGE**

Norma DGE "Alumbrado de vías públicas en áreas rurales", tiene como objetivo establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas, en aquellas zonas donde se desarrollen proyectos y obras de electrificación rural cuyas inversiones se rigen por la Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera.

- **Equipo GPS**

Se utilizó el modelo GPSmap 62s GARMIN para obtener las coordenadas del caserío y realizar el dimensionamiento de la red secundaria de distribución.

3.6.4. Procedimiento

Se evaluó las características de la zona de estudio, ubicación territorial, velocidad del viento e irradiación óptima del lugar, se calculó el crecimiento poblacional, se determinó la demanda eléctrica, se dimensionó el sistema eléctrico híbrido eólico - solar, se dimensionó

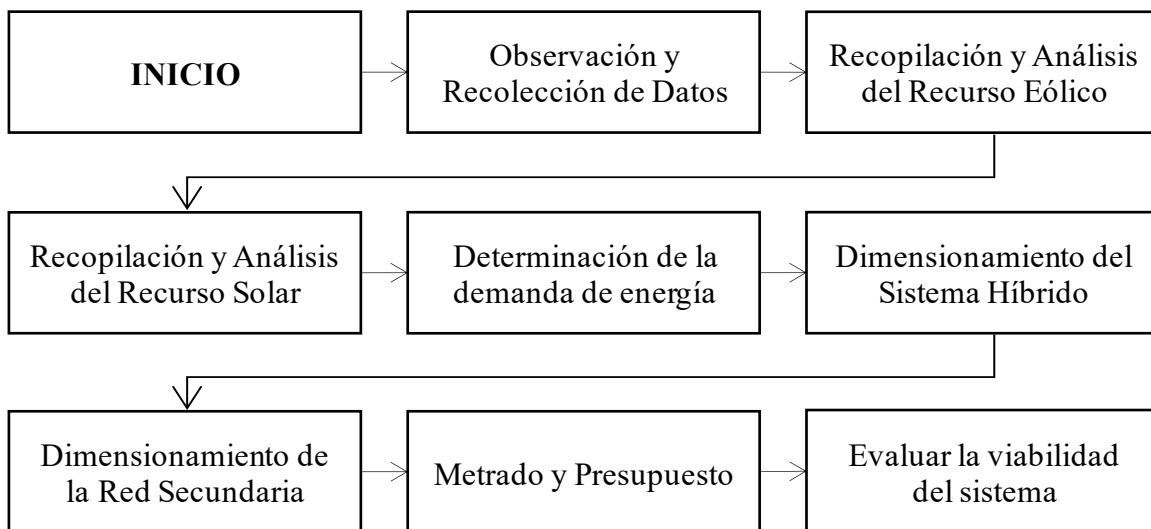
la red secundaria de distribución y se realizó la evaluación energética y económica cumpliendo con los objetivos planteados.

3.7. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizó la siguiente metodología:

Figura 17

Metodología de la Investigación



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Materiales

Microsoft Office Excel

Es una hoja de cálculo desarrollada por Microsoft para Windows, cuenta con cálculos, gráficas, tablas calculares y un lenguaje de programación macro para aplicaciones. En este programa se realizó los cálculos del recurso eólico y solar disponible.

REDCAD

En un software que permite trabajar de forma conjunta las redes de media y baja tensión mediante el uso de capas que permiten al ingeniero agilizar los diseños de redes, además proporciona reportes totalmente automatizados de planillas, metrados y planos. En este software se realizó el diseño de la red secundaria.

Software Autodesk AutoCAD

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. En este software se concluyó la distribución de sistema híbrido, el diseño de la red secundaria de distribución y las láminas de detalle.

3.8. Desarrollo de la investigación

3.8.1. Estimación de demanda eléctrica

Crecimiento poblacional

Para este trabajo de investigación se consideró la información proporcionada por el INEI (2018), donde a través del Censo realizado en el 2017 estimaron el crecimiento poblacional de cada departamento.

Tabla 4

Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población Censada

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Amazonas	2.9	4.6	3.0	2.4	0.8	0.1
Ancash	1.5	2.0	1.4	1.2	0.8	0.2
Apurímac	0.5	0.6	0.5	1.4	0.4	0.0
Arequipa	1.9	2.9	3.1	2.2	1.6	1.8
Cajamarca	2.0	1.9	1.2	1.7	0.7	-0.3
Cusco	1.1	1.4	1.7	1.8	0.9	0.3
Huancavelica	1.0	0.8	0.6	0.9	1.2	-2.7
Huánuco	1.6	2.1	1.6	2.7	1.1	0.6

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de INEI (2018)

Para este trabajo de investigación se consideró el promedio del crecimiento poblacional desde el año 1940 hasta el año 2017 del departamento de Cajamarca.

Tabla 5

Tasa de Crecimiento para el Caserío Poza Seca

Periodo	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017	Promedio
<i>i</i>	2%	1.90%	1.20%	1.70%	0.70%	-0.30%	1.2%

Fuente: Elaboración Propia. Datos tomados de INEI (2018)

Población Proyectada

Para el cálculo de la demanda eléctrica se tuvo en cuenta la población proyectada en 20 años (teniendo en cuenta la vida útil del sistema híbrido).

La población del caserío Poza Seca después de “n” años se calcula mediante la Ecuación 4 según Torres-Degró (2011). Teniendo en cuenta que el caserío Poza Seca está conformado por 8 viviendas domiciliarias, con una población de 37 habitantes, además que el crecimiento poblacional es de 1.2 % (Tabla 5) y que se tuvo en cuenta una proyección de 20 años, se calculó una población proyectada de 47 habitantes.

$$P_n = P_0 \times (1 + i)^n \quad (4)$$

Donde:

P_n : Población después de “n” años.

n : Número de años a proyectar.

P_0 : Población inicial.

i : Tasa de crecimiento poblacional.

$$P_{20} = 37 \times (1 + 1.2\%)^{20}$$

$$P_{20} \approx 47 \text{ habitantes}$$

Analizando los datos obtenidos se puede decir que la población en 20 años aumentará en un 27.03%.

$$\Delta P = \frac{P_n - P_0}{P_0} \times 100\% \quad (5)$$

Donde:

$\Delta P(\%)$: Variación porcentual de la población.

P_n : Población después de “n” años.

n : Número de años a proyectar.

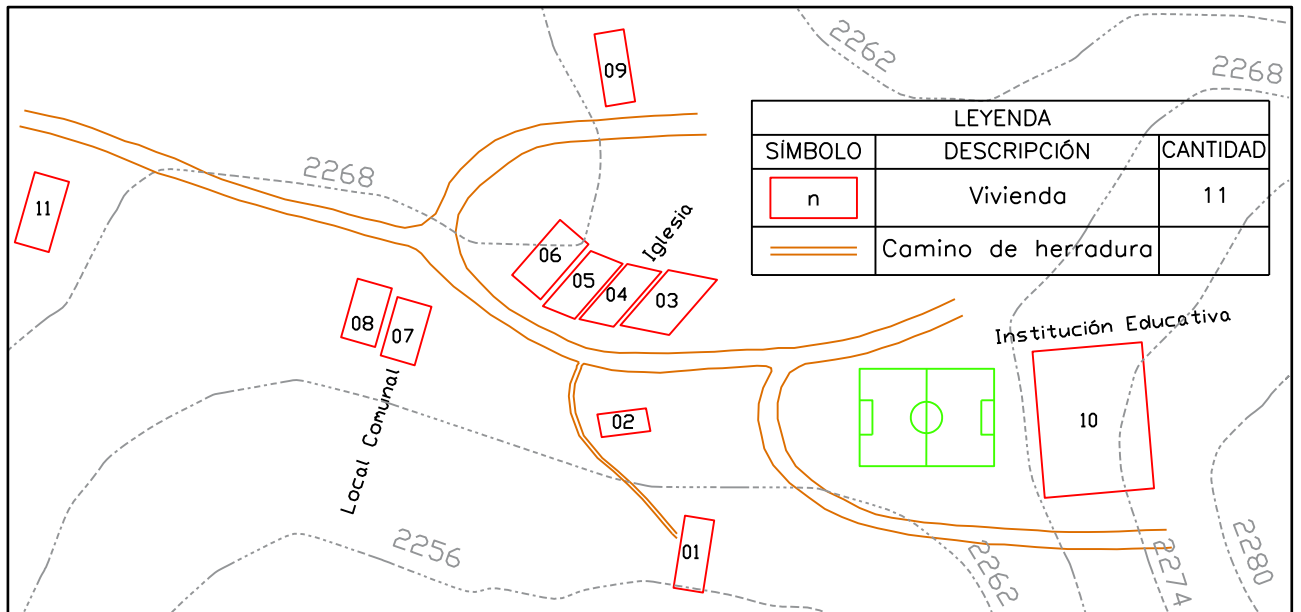
P_0 : Población inicial.

$$\Delta P = \frac{47 - 37}{37} \times 100\%$$

$$\Delta P = 27.03\%$$

Figura 18

Plano Catastral del Caserío Poza Seca



Fuente: Elaboración Propia.

Viviendas proyectadas

El número de viviendas proyectadas es directamente proporcional al crecimiento poblacional por lo que esta se determina con la Ecuación 6. Mediante la Figura 18, se puede observar que el caserío Poza Seca está conformado por 8 viviendas domiciliarias, además que la población en 20 años aumentará en un 27.03%, obteniéndose un número de viviendas proyectadas de 10.

$$V_n = V_0 \times (100\% + \Delta P(\%)) \quad (6)$$

Donde:

V_n : Número de viviendas después de “n” años.

n : Número de años a proyectar.

V_0 : Número de viviendas inicial.

$\Delta P(\%)$: Variación porcentual de la población.

$$V_{20} = 8 \times (100\% + 27.03\%)$$

$$V_{20} \approx 10 \text{ viviendas}$$

Demanda de Energía Diaria

Tabla 6

Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Vivienda Particular

Viviendas					
Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Potencia Total (W)	Energía (Wh/día)
Lámparas	12	4	7	48	336
Equipo de Sonido	30	1	3	30	90
Carga de celular	5	3	1	15	15
Televisor	70	1	2.5	70	175
DVD	15	1	2.5	15	37.5
Linterna	15	2	1	30	30
Subtotal				208	683.5

Nota: Se observó la rutina de los pobladores, los padres de familia se levantan a las 6:00 am y se van a sus trabajos de agricultura a las 8:00 am, por lo que los hijos se quedan en casa realizando sus actividades cotidianas; los padres regresan a sus viviendas a las 6:00 pm. Teniendo en cuenta la rutina de los pobladores se consideraron las horas de uso diario de cada artefacto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para I.E Primaria

I.E Primaria					
Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Potencia Total (W)	Energía (Wh/día)
Lámparas	12	8	3	96	288
Equipo de Sonido	20	1	2	20	40
Laptop	18	10	1.5	180	270
Televisor	100	1	1	100	100
DVD	15	1	1	15	15
Linterna	15	1	1	15	15
Subtotal				426	728

Nota: Se observó que al colegio los niños asisten a las 8:00 am, utilizan algunos días laptops que cargan con baterías. Se observó que el docente de la institución utiliza equipo de sonido o televisor para impartir su clase, además el docente cuenta con un ambiente donde se

hospeda. Teniendo en cuenta estos datos se consideraron las horas de uso diario de cada artefacto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Local Comunal

Local Comunal					
Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Potencia Total (W)	Energía (Wh/día)
Lámparas	12	4	2	48	96
Equipo de Sonido	30	1	2	30	60
Carga de celular	5	1	1	5	5
Subtotal				83	161

Nota: Se observó que los pobladores realizan sus reuniones en el local comunal una o dos veces por semana en las noches de 8:00 pm a 10:00 pm. Teniendo en cuenta este dato se consideraron las horas de uso diario de cada artefacto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Consumo de Energía Eléctrica Diaria Promedio para Iglesia

Iglesia					
Artefacto	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Potencia Total (W)	Energía (Wh/día)
Lámparas	12	4	2	48	96
Equipo de Sonido	30	1	2	30	60
Subtotal				78	156

Nota: Se observó que los pobladores asisten a la iglesia unas tres veces por semana de 8:00 pm a 10:00 pm. Teniendo en cuenta este dato se consideraron las horas de uso diario de cada artefacto. Fuente: Elaboración propia.

Alumbrado Público

El número de puntos de iluminación se calculó según lo establecido en la Norma R.D.N° 017-2003-EM/DGE "Alumbrado de vías públicas en áreas rurales", que es de aplicación imperativa para la dotación del servicio de alumbrado de vías públicas para toda entidad que diseñe, opere o administre instalaciones de alumbrado eléctrico y provea el servicio en vías

públicas en zonas rurales en el ámbito de la Ley de Electrificación Rural. Las zonas rurales están consideradas dentro del sector de distribución típico 5.

- **Cálculo del Consumo de Energía Mensual por Alumbrado Público (CMAP)**

El consumo de energía mensual por alumbrado público, cuya fórmula esta dada por la Ecuación 7, según el factor de alumbrado público para el sector de distribución típico 5 es 6.3 kW-h / usuario-mes y el número de usuarios actuales es 11 se obtiene que el consumo de energía mensual por alumbrado público es de 69.3 kWh.

$$CMAP = KALP \times NU \quad (7)$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

KALP : Factor de alumbrado público en kW-h / usuario-mes.

NU : Número de Usuarios de la localidad.

$$CMAP = 6.3 \times 11$$

$$CMAP = 69.3 \text{ kWh}$$

- **Cálculo del número de puntos de iluminación (PI)**

La Ecuación 8 determina el número de puntos de iluminación, el consumo de energía mensual por alumbrado público es de 69.3 kWh, además para un sistema de distribución tipo 5, corresponde seleccionar una lámpara de 60 W incluido las pérdidas, se consideró que el número de horas de alumbrado por día es 12 por lo que el número de horas mensuales del servicio de alumbrado público es 360 h por mes, obteniéndose que el número de puntos de iluminación es 3.

$$PI = \frac{CMAP \times 1000}{NHMAP \times PPL} \quad (8)$$

Donde:

PI : Puntos de iluminación.

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

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

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

$$PI = \frac{69.3 \times 1000}{360 \times 60}$$

$$PI \approx 3$$

Cálculo de la demanda eléctrica del caserío Poza Seca

Para calcular la máxima demanda eléctrica del caserío Poza seca, se consideró el número de viviendas proyectadas en 20 años que son 10 viviendas domiciliarias, además de 1 Institución Educativa Primaria, 1 local comunal y 1 iglesia. La Tabla 10 muestra los resultados de demanda eléctrica total del caserío Poza Seca.

Tabla 10*Demanda Eléctrica Total del Caserío Poza Seca*

Carga	Cantidad	Potencia Unitaria (W)	Energía Unitaria (Wh/día)	Voltaje de Operación	Potencia Total (W)	Energía Total (Wh/día)
Viviendas	10	208	683.5	220 VCA	2080	6835
I.E Primaria	1	426	728	220 VCA	426	728
Local Comunal	1	83	161	220 VCA	83	161
Iglesia	1	78	156	220 VCA	78	156
Alumbrado Público	3	60	720	220 VCA	180	2160
Total					2847	10040

Fuente: Elaboración Propia.

3.8.2. Evaluación del recurso eólico

La información utilizada corresponde a los datos Hidrometeorológicos brindados por el sitio web del SENAMHI de la estación meteorológica más cercana Cutervo Gore, considerando que esta se encuentra ubicada a una altura 2622 m.s.n.m, por lo que se puede decir que reúne características geográficas similares al caserío Poza Seca.

Los datos de la estación meteorológica han sido tomados a una altura de 7.5 m por lo que se recalculó las velocidades a una altura de 15 m que es la altura a la cual trabajará el aerogenerador, utilizando la ley potencial, reemplazando en la Ecuación 1 y considerando una medida del rozamiento superficial de 0.2 considerando una zona rural, de acuerdo a la Tabla 2, se obtuvieron los datos de velocidad del viento promedio mensual.

Tabla 11

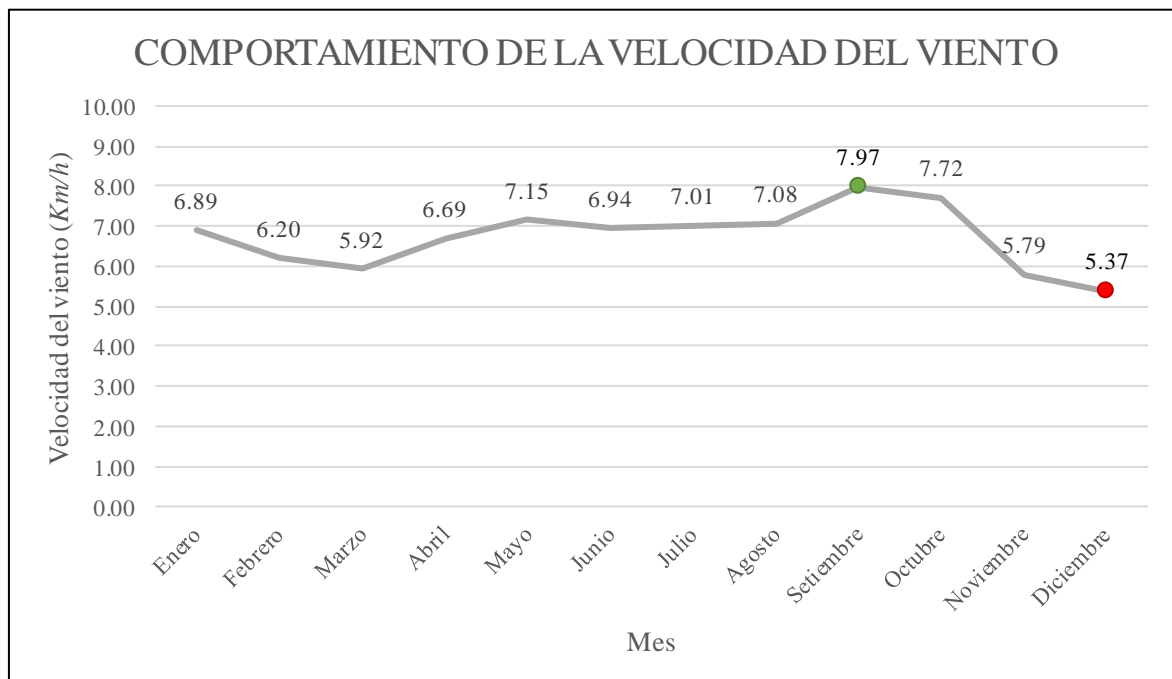
Velocidad Promedio Mensual del Viento (Km/h)

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
6.89	6.20	5.92	6.69	7.15	6.94	7.01	7.08	7.97	7.72	5.79	5.37

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19

Velocidad Promedio Mensual del Viento



Fuente: Elaboración Propia.

Se analizó los datos obtenidos de la velocidad promedio del viento, verificándose que la menor velocidad de viento es en el mes de diciembre y la mayor velocidad es en el mes de setiembre.

Análisis estadístico

Con los datos de velocidad del viento del mes más crítico (Anexo 2), correspondiente al mes de diciembre, se realizó la tabla de distribución de frecuencias de la velocidad del viento analizando los 428 datos obtenidos del mes.

Tabla 12

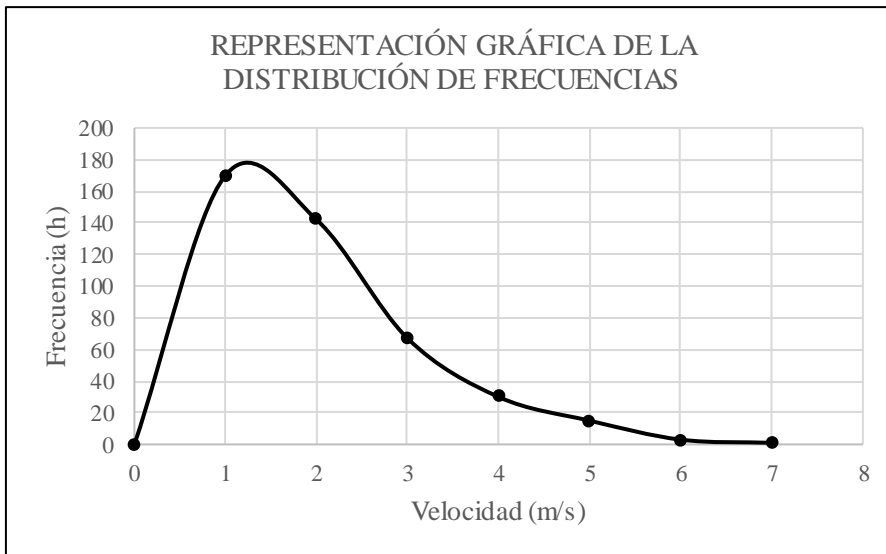
Distribución de Frecuencias de la Velocidad del Viento

Velocidad del viento (m/s)	Frecuencia (h)	Frecuencia acumulada (h)	Frecuencia Relativa Acumulada
1	170	170	0.397196262
2	142	312	0.728971963
3	67	379	0.885514019
4	30	409	0.955607477
5	15	424	0.990654206
6	3	427	0.997663551
7	1	428	1

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20

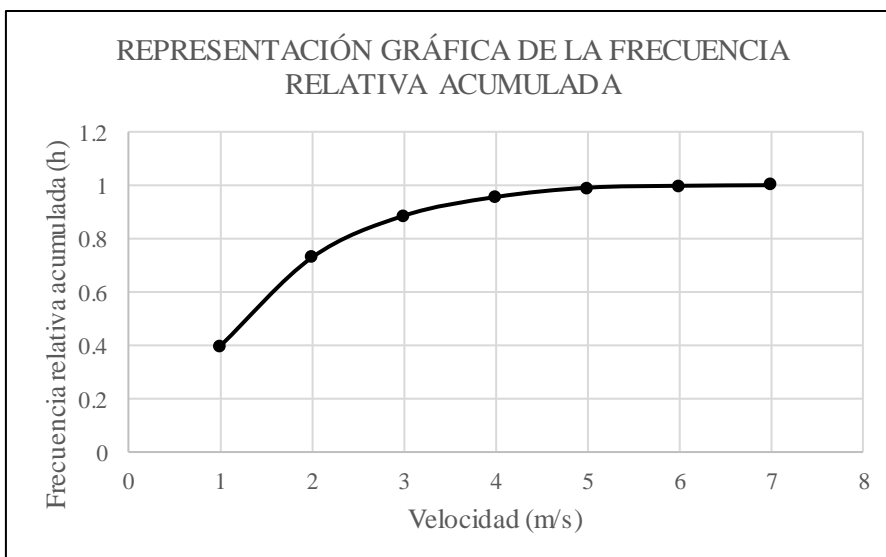
Distribución de Frecuencias



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21

Frecuencia Relativa Acumulada



Fuente: Elaboración Propia.

Distribución de Weibull

Para poder determinar el potencial eólico disponible y otros parámetros energéticos de interés, se debe conocer la distribución de probabilidades de velocidades del viento. La

expresión analítica más utilizada en los estudios de energía eólica es la distribución de Weibull (Mur, 2001), cuya forma general está dada por la Ecuación 9 según Serrano (2013):

$$f(V) = \frac{k}{C} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \times e^{\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right]} \quad (9)$$

Donde:

k : Parámetro de forma.

C : Parámetro de escala.

V : Velocidad del viento (m/s).

Cálculo del parámetro de forma

El parámetro de forma “k” se calcula mediante la Ecuación 10 según Serrano (2013):

$$k = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (10)$$

Donde:

$$X = \ln(V) \quad (11)$$

$$Y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - F(v)}\right)\right) \quad (12)$$

Reemplazando los valores de velocidad y frecuencia relativa acumulada en la Ecuación 11 y Ecuación 12, se obtienen los valores de la Tabla 13.

Tabla 13

Parámetros de Weibull

V (m/s)	X	Y	XY	X ²
1	0	-0.68089532	0	0
2	0.69314718	0.26661139	0.18480093	0.48045301
3	1.09861229	0.77348349	0.84975847	1.20694896
4	1.38629436	1.13612777	1.57500752	1.92181206
5	1.60943791	1.54176463	2.48137445	2.59029039
6	1.79175947	1.80156510	3.22797133	3.21040200
Σ	6.57925121	4.83865707	8.31891271	9.40990642

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta los valores encontrados en la Tabla 13, reemplazando en la Ecuación 10, se obtiene que el valor de “k” es 1.3724.

$$k = \frac{6 \times 8.31891271 - 6.57925121 \times 4.83865707}{6 \times 9.40990642 - (6.57925121)^2}$$

$$k = 1.3724$$

Cálculo del parámetro de escala

El parámetro de escala se determina con la Ecuación 13 según Serrano (2013):

$$C = e^{-b/k} \quad (13)$$

Donde:

$$b = \frac{\sum Y - k \sum X}{N} \quad (14)$$

Mediante los valores encontrados en la Tabla 13 y el valor de “k”, reemplazando en la Ecuación 14 se obtiene que el valor de “b” es -0.6985.

$$b = \frac{4.83865707 - 1.3724 \times 6.57925121}{6}$$

$$b = -0.6985$$

Según el valor de “b” y el valor de “k”, reemplazando en la Ecuación 13 se obtiene que el valor de “C” es 1.6635.

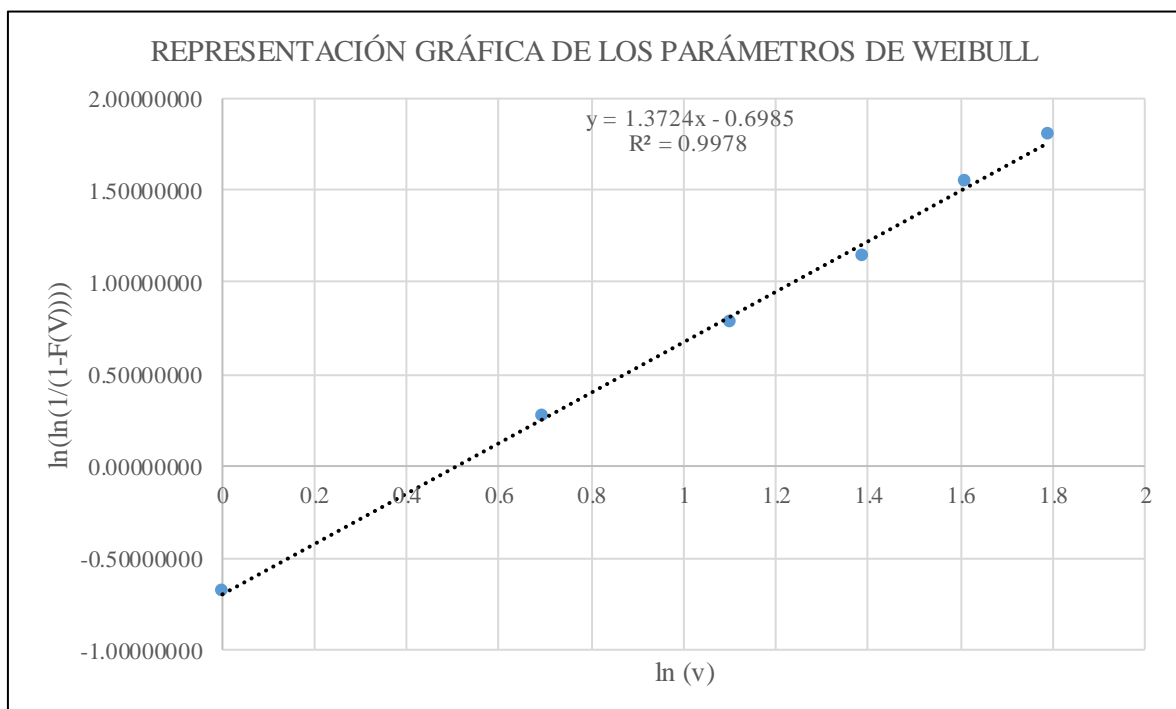
$$C = e^{-(-0.6985)/1.3724}$$

$$C = 1.6635$$

Graficando los puntos de la Tabla 13, y haciendo un reajuste lineal, se obtiene la función lineal.

Figura 22

Reajuste Lineal



Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 22 se obtiene la función lineal:

$$y = kx + b = 1.3724x - 0.6985 \quad (15)$$

Con uso de la Ecuación 15, se deduce que el valor de k es 1.3724 y el valor de b es -0.6985.

Comparando estos valores con los antes calculados se puede verificar que son iguales por lo que se puede decir que los cálculos son correctos.

Función de probabilidades de Weibull

Por medio de los valores calculados del parámetro de forma y del parámetro de escala, reemplazando en la Ecuación 9, se obtiene la función de probabilidad de Weibull:

$$f(V) = \frac{1.3724}{1.6635} \times \left(\frac{V}{1.6635} \right)^{1.3724-1} \times e \left[\left(-\frac{V}{1.6635} \right)^{1.3724} \right] \quad (16)$$

Reemplazando los valores de la velocidad en la función de probabilidades de Weibull, se obtienen las probabilidades de las velocidades de viento.

Tabla 14

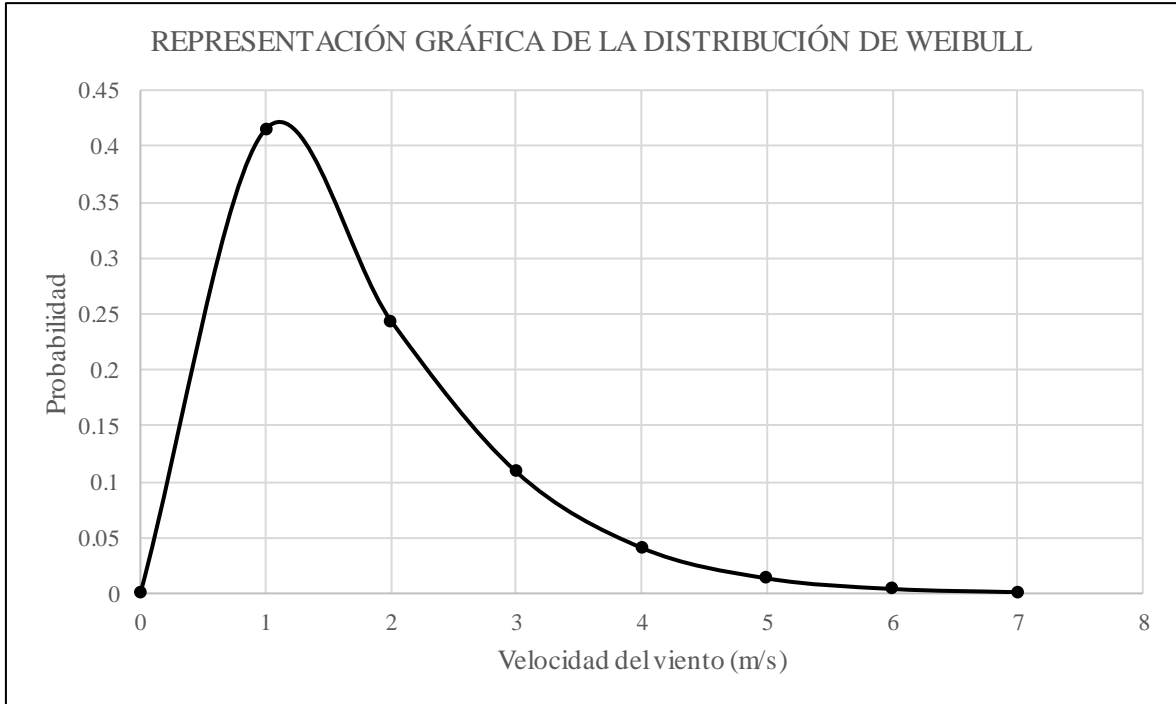
Probabilidades de Velocidad de Viento

V (m/s)	f(V)
0	0
1	0.415098
2	0.243801
3	0.108712
4	0.040787
5	0.013422
6	0.003964
7	0.001067

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23

Distribución de Weibull



Fuente: Elaboración Propia.

Número de días analizados

El número de días analizados se determina con la Ecuación 17, tomando en cuenta que son 428 horas analizadas de velocidad de viento, se obtiene 17.83 días analizados.

$$N^{\circ} \text{ de días} = \text{Horas Analizadas} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \quad (17)$$

$$N^{\circ} \text{ de días} = 428 \text{ horas} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}}$$

$$N^{\circ} \text{ de días} = 17.83 \text{ días}$$

3.8.3. Evaluación del recurso solar

Los datos de irradiación para evaluar el potencial solar del caserío Poza Seca se obtuvieron de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA), del sitio web el proyecto POWER (The POWER Project), cuya información es adquirida a partir del procesamiento de datos de la red global de satélites solares y climatológicos de la NASA. Teniendo en cuenta que las coordenadas geográficas

del caserío Poza Seca son Latitud -6.0989 y Longitud -79.0211 según el aplicativo de la NASA se elaboró la Tabla 15 donde muestra la irradiación promedio mensual.

Tabla 15

Irradiación Promedio Mensual en el Caserío Poza Seca ($kWh/m^2/día$)

Lat. -6.0989	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Long. -79.0211												
G (0)	5.12	4.61	4.82	5.05	4.96	5.21	5.13	5.64	5.76	5.85	5.83	4.98
G (90)	1.45	1.5	1.67	2.43	3.15	3.88	3.56	3.05	2.16	1.51	1.54	1.5

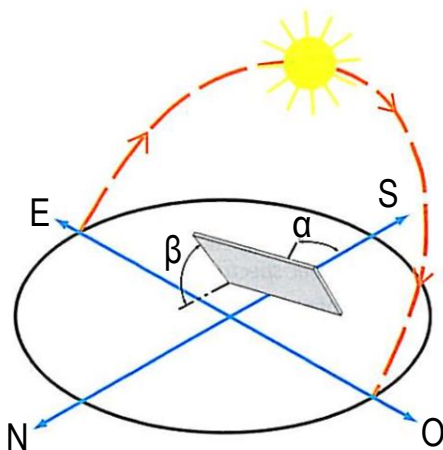
Fuente: Elaboración Propia. Datos Tomados de la NASA (2020)

Ángulo óptimo de inclinación

La inclinación óptima es la inclinación adecuada para lograr la mayor producción eléctrica, teniendo como objetivo obtener la mayor producción anual. Considerando una orientación hacia el Ecuador, es posible obtener una relación que ligue la latitud con el ángulo de inclinación que maximiza la producción anual de un sistema fotovoltaico (Perpiñán, 2013).

Figura 24

Inclinación de una Superficie en el Hemisferio Norte



Fuente: Castejón y Santamaría (2010).

La Ecuación 18 según Castejón y Santamaría (2010) muestra la relación entre el ángulo de inclinación y la latitud (ambos en grados), según la latitud del caserío Poza Seca de -6.0989 , se obtiene que la inclinación óptima de los paneles solares es de 7.908° .

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times |\phi| \quad (18)$$

Donde:

β_{opt} : Ángulo de inclinación óptima (grados sexagesimales).

$|\phi|$: Latitud del lugar, sin signo (grados sexagesimales).

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times |-6.0989|$$

$$\beta_{opt} = 7.908^\circ$$

Según el Reglamento Técnico RD 003-2007-EM/DGE “Especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural” los paneles solares deben tener un ángulo de inclinación no menor de 10°. Para este proyecto de investigación se consideró una elevación de 15° para las estructuras de los paneles solares, con el fin de evitar polución, agua en épocas de lluvia y facilitar su mantenimiento.

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 15, y el ángulo de inclinación considerado de 15° para las estructuras de paneles solares, se interpoló los datos para obtener la irradiación promedio mensual en el caserío Poza Seca para este ángulo de inclinación.

Tabla 16

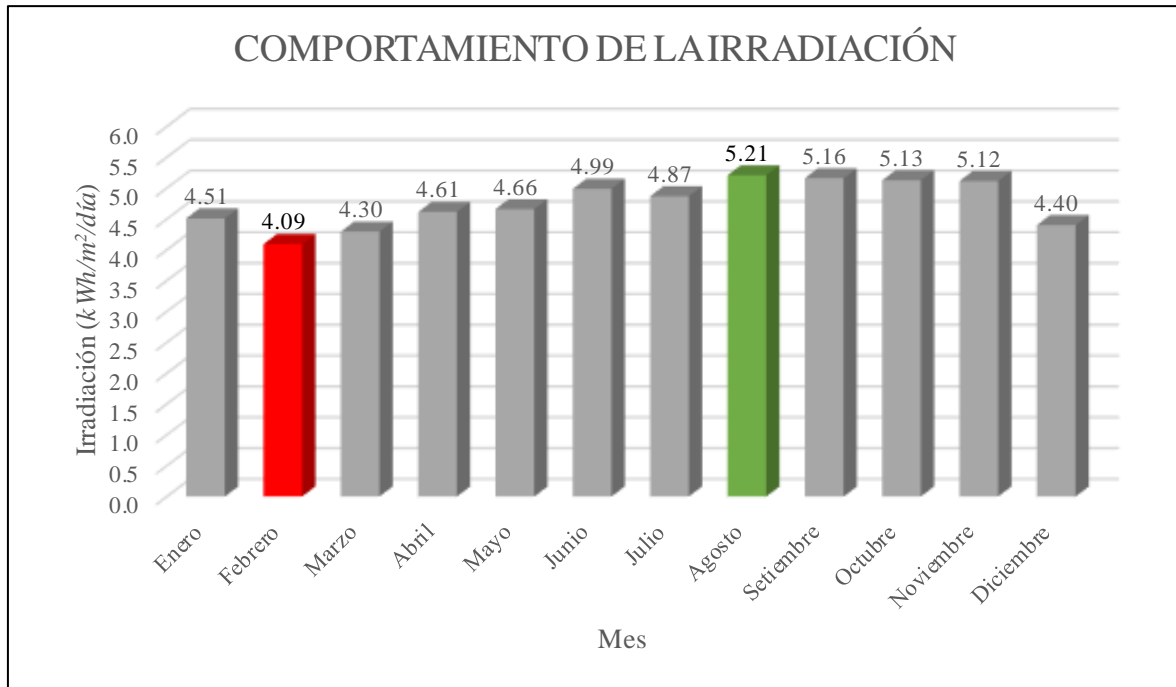
Irradiación Promedio Mensual para un Ángulo de 15° (kWh/m²/día)

Lat.	-6.0989											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Long.	-79.0211											
G (15)	4.51	4.09	4.30	4.61	4.66	4.99	4.87	5.21	5.16	5.13	5.12	4.40

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25

Irradiación Promedio Mensual para un ángulo de 15°



Fuente: Elaboración Propia.

Analizando los datos obtenidos para el ángulo de inclinación de 15°, se puede verificar que la menor irradiación se da en el mes de febrero y la mayor irradiación se da en el mes de agosto.

Según Pérez, Morales y Castro (2017) el número de horas de sol por día (*HSD*) es equivalente a la energía incidente diaria total sobre la superficie inclinada en kWh/m²/día. Considerando que el mes más desfavorable es febrero con una irradiación de 4.09 kWh/m²/día, se tiene 4.09 horas de sol por día.

3.8.4. Dimensionamiento del sistema híbrido

Antes de empezar a calcular los componentes de la instalación, es importante saber que la generación de esta se ve afectada por el rendimiento de todo el conjunto de elementos que forman parte de ella. Se tiene que hacer el dimensionamiento teniendo en cuenta las pérdidas que se van a tener. Si se dimensiona para abastecer justo la demanda de energía estimada, sin contar las pérdidas, la realidad será que la energía aprovechable es menor de la calculada y no podremos abastecer los consumos. (Ladrón, 2014, p. 45)

La energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar, se obtiene dividiendo la energía de la carga entre un factor de eficiencia global que depende de los factores de pérdida de los equipos que componen el sistema.

$$E_{S,H} = E_{E,C} / F \quad (19)$$

Donde:

$E_{S,H}$: Energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar (Wh/día).

$E_{E,C}$: Energía entregada a la carga (Wh/día).

F : Factor de eficiencia global.

El factor de eficiencia global se calcula mediante la Ecuación 20 según Ladrón (2014).

$$F = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) \times \left(1 - k_a \times \frac{N_{d,aut}}{P_d}\right) \quad (20)$$

Donde:

F : Factor de eficiencia global.

k_b : Factor de pérdidas en baterías.

k_i : Factor de pérdidas en inversores.

k_r : Factor de en reguladores.

k_v : Otras pérdidas.

k_a : Fracción de energía perdida por autodescarga.

$N_{d,aut}$: Número de días de autonomía.

P_d : Profundidad de descarga máxima de las baterías.

Según Ladrón (2014) los valores típicos para todos estos factores son los que aparecen en la Tabla 17.

Tabla 17*Factores de Pérdidas de Cada Componente Eléctrico*

Componente Eléctrico	Descripción	Valores Típicos
En baterías	(k_b)	0.05
En inversores	(k_i)	0.05
En reguladores	(k_r)	0.1
Otras pérdidas (pérdidas en cableado y equipos)	(k_v)	0.05
Fracción de energía perdida por autodescarga	(k_a)	0.005

Fuente : Ladrón (2014).

Según el Reglamento Técnico RD 003-2007-EM/DGE se debe considerar una profundidad de descarga del 80% y se ha estimado 2 días de autonomía considerando que el área de influencia es zona rural.

$$F = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.1 - 0.05) \times \left(1 - 0.005 \times \frac{2}{0.8}\right)$$

$$F = 0.74$$

Reemplazando en la Ecuación 19, según una energía entregada a la carga de 10040 Wh/día y un factor de corrección global de 0.74 se obtuvo que la energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar es de 13567.57 Wh/día.

$$E_{S,H} = 10040 / 0.74$$

$$E_{S,H} = 13567.57 \text{ Wh/día}$$

3.8.4.1. Cálculo del generador eólico

El dispositivo de generación del sistema eólico es el aerogenerador que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y esta a su vez es convertida en energía eléctrica.

Para el dimensionamiento del sistema eólico se realizó una cotización de aerogeneradores de diferentes marcas del mercado con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 18*Aerogeneradores del Mercado*

Marca	Potencia (kW)	Tipo de Eje	Costo del Aerogenerador (S/)	Costo de Torre y Regulador (S/)	Fletes (S/)
FX-1000	1	Vertical	8,806.00	16,564.00	2,514.59
HDL	5	Horizontal	7,215.00	4,884.00	2,188.23
Enair 30 pro	3	Horizontal	39,996.00	17,271.00	4,208.52
Enair 70 pro	5	Horizontal	46,460.00	16,867.00	4,314.57

Fuente: Elaboración propia.

Mediante los valores de probabilidad de Weibull (Tabla 14), las 428 horas analizadas y los valores de la curva de potencia de cada aerogenerador, se calculó la energía que produce cada marca en el mes más crítico correspondiente al mes de diciembre, con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 19*Energía Producida y Costo de Energía de cada Aerogenerador del Mercado*

V (m/s)	$f(v)$	Horas	FX-1000		HDL		Enair 30 pro		Enair 70 pro	
			Potencia (W)	Energía (Wh)	Potencia (W)	Energía (Wh)	Potencia (W)	Energía (Wh)	Potencia (W)	Energía (Wh)
1	0.415098	177.66	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.243801	104.35	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.108712	46.53	20	930.58	105	4885.52	10	465.29	40	1861.15
4	0.040787	17.46	80	1396.55	410	7157.33	100	1745.69	245	4276.94
5	0.013422	5.74	150	861.72	950	5457.53	300	1723.43	450	2585.15
6	0.003964	1.70	300	509.04	1815	3079.69	650	1102.92	925	1569.54
7	0.001067	0.46	550	251.10	3480	1588.78	1000	456.55	1400	639.17
Total Energía			3948.98 Wh		22168.86 Wh		5493.88 Wh		10931.94 Wh	
Total Energía/día			221.48 Wh/día		1243.35 Wh/día		308.13 Wh/día		613.12 Wh/día	
Costo Total			S/27,884.59		S/14,287.23		S/61,475.52		S/67,641.57	
Ratio de Comparación			125.90 S/./Wh		11.49 S/./Wh		199.51 S/./Wh		110.32 S/./Wh	

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis energético y los costos de cada marca, el aerogenerador a seleccionar es el HDL 5 kW, debido a que tiene un costo menor de producción de energía, verificándose que es el más viable tanto energéticamente como económicamente.

Tabla 20

Energía Entregada por el Aerogenerador HDL 5 kW

V (m/s)	Potencia (W)	Horas (h)	Energía (Wh)
1	0	177.66	0
2	0	104.35	0
3	105	46.53	4885.52
4	410	17.46	7157.33
5	950	5.74	5457.53
6	1815	1.70	3079.69
7	3480	0.46	1588.78
Total energía (Wh)			22168.86
Total energía (Wh/día)			1243.35

Fuente: Elaboración propia.

3.8.4.2. Balance de energía

Una vez obtenida la energía que produce el Aerogenerador, despejando la Ecuación 21 se calcula la energía que debe suministrar el sistema Solar:

$$E_{S,H} = E_{Eólica} + E_{Solar} \quad (21)$$

Donde:

$E_{S,H}$: Energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar (Wh/día).

$E_{Eólica}$: Energía que debe suministrar el sistema eólico (Wh/día).

E_{Solar} : Energía que debe suministrar el sistema solar (Wh/día).

La energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar es 13567.57 Wh/día, el generador eólico suministra 1243.35 Wh/día, por lo tanto, el generador fotovoltaico debe suministrar 12324.22 Wh/día.

$$13567.57 = 1243.35 + E_{Solar}$$

$$E_{Solar} = 12324.22 \text{ Wh/día}$$

3.8.4.3. Cálculo del generador solar

El dispositivo de generación del sistema solar es el panel fotovoltaico que aprovecha la energía del sol en forma de irradiación para generar electricidad.

Para el dimensionamiento del sistema solar se realizó una cotización de paneles solares de diferentes marcas del mercado con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 21

Paneles Solares del Mercado

Marca	Potencia (W)	Tensión (V)	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo total (S/)	Ratio de Comparación (S/./Wh)
Waaree	200	24	637.39	16	10,198.24	0.83
Tai Energy	80	12	258.50	40	10,340.00	0.84
ReneSolar	260	24	800.49	12	9,605.88	0.78
Era Solar	200	12	410.16	16	6,562.56	0.53
Era Solar	320	24	666.67	10	6,666.70	0.54
EcoGreen	150	12	374.47	20	7,489.40	0.61
Ja Solar	450	24	833.33	8	6,666.64	0.54

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis energético y los costos de cada marca, el panel fotovoltaico a seleccionar es el de Era Solar 200 W, debido a que tiene un costo menor de producción de energía además que se requieren pocos módulos facilitando así su instalación, mantenimiento y transporte, verificándose que es el más viable tanto energéticamente como económicamente.

a) Número de paneles fotovoltaicos en total

El número total de paneles a utilizar se calcula mediante la Ecuación 22 según Ladrón (2014). La energía que deben suministrar los paneles fotovoltaicos es 12324.22 Wh/día, el número de horas de sol por día considerando el mes más desfavorable es 4.09 h y la potencia del panel seleccionado es 200 W, obteniéndose 16 paneles fotovoltaicos requeridos.

$$N_p = \frac{E_{Solar}}{HSD_{crit} \times P_p} \quad (22)$$

Donde:

N_p : Número total de paneles fotovoltaicos.

E_{Solar} : Energía que debe suministrar el sistema solar (Wh/día).

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

P_p : Potencia del panel (W).

$$N_p = \frac{12324.22}{4.09 \times 200}$$

$$N_p \approx 16 \text{ unidades}$$

b) Paneles fotovoltaicos en serie

Se realiza conectando el terminal positivo de un panel con el negativo del siguiente panel, por lo que los voltajes se suman y la corriente es la misma.

El número de paneles en serie se determina con la Ecuación 23, según el voltaje de trabajo de 48 V y el voltaje nominal del panel de 12 V, se obtiene que se requieren 4 paneles en serie.

$$N_{p,serie} = \frac{V_{n,t}}{V_{n,p}} \quad (23)$$

Donde:

$N_{p,serie}$: Número de paneles en serie.

$V_{n,t}$: Voltaje nominal de trabajo (V).

$V_{n,p}$: Voltaje nominal del panel (V).

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

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

c) Paneles fotovoltaicos en paralelo

Se realiza conectando el terminal positivo de todos los paneles entre sí para formar el terminal positivo del generador y conectando el terminal negativo de todos los paneles entre sí para formar el terminal negativo del generador por lo que la tensión se mantiene constante y las corrientes se suman.

El número de paneles en paralelo se calcula con la Ecuación 24, teniendo 16 paneles en total y 4 paneles en serie, se determinó que se requieren 4 paneles en paralelo.

$$N_{p,paralelo} = \frac{N_p}{N_{p,serie}} \quad (24)$$

Donde:

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

N_p : Número total de paneles fotovoltaicos.

$N_{p,serie}$: Número de paneles en serie.

$$N_{p,paralelo} = \frac{16}{4}$$

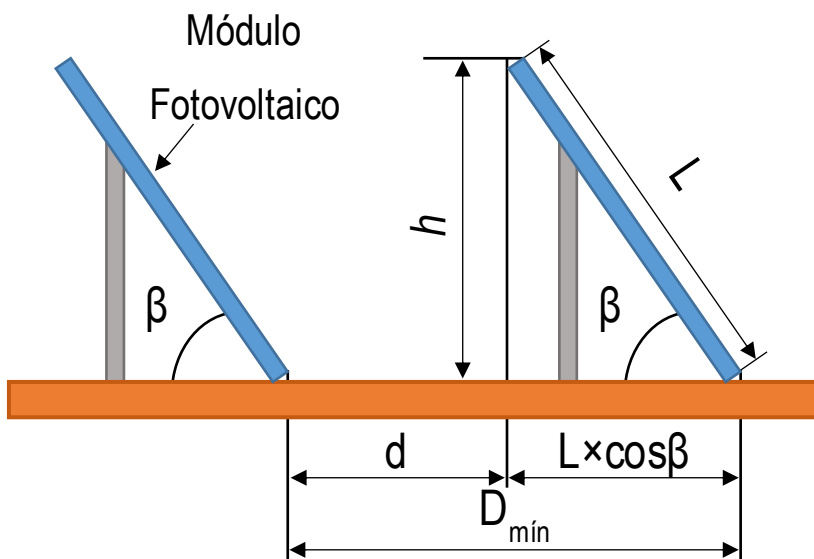
$$N_{p,paralelo} = 4 \text{ unidades}$$

d) Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos

Cuando se instala un generador fotovoltaico con varias filas de módulos si no se deja la distancia suficiente entre filas se produce el sombreado de las filas posteriores a las delanteras. Es necesario dejar una separación mínima entre filas que garantice como mínimo 4 horas de sol, en los días de menor elevación solar. (Castejón y Santamaría, 2010, p. 177)

Figura 26

Distancia Mínima entre Filas de Módulos Instalados en el Mismo Plano



Fuente: Elaboración propia. Tomado de Castejón y Santamaría (2010)

La distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos esta definida por la Ecuación 25 según Castejón y Santamaría (2010). Según las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico Era Solar 200 W de 12 V (Anexo 4), las dimensiones del módulo son: largo 1332 mm, ancho 992 mm. Considerando la inclinación del módulo de 15° , y la latitud del caserío Poza Seca -6.0989 , se obtuvo que la distancia de separación mínima entre filas de módulos fotovoltaicos es 1.47 m.

$$D_{min} = \frac{L \times \text{sen}(\beta)}{\text{tg}(61^\circ - \phi)} + L \cos(\phi) \quad (25)$$

Donde:

D_{min} : Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos (m).

L : Longitud del modulo fotovoltaico (m).

β : Inclinación del módulo ($^{\circ}$).

\varnothing : Latitud del lugar en grados ($^{\circ}$).

$$D_{min} = \frac{1.332 \times \text{sen}(15)}{\text{tg}(61^{\circ} - (-6.0989))} + 1.332 \cos(-6.0989)$$

$$D_{min} \approx 1.47 \text{ m}$$

3.8.4.4. Cálculo del sistema de regulación fotovoltaico

La batería de acumuladores se va cargar y descargar periódicamente, recibiendo energía eléctrica del generador fotovoltaico durante el día y devolviéndola al circuito de utilización durante la noche. El regulador de carga o simplemente regulador controla el proceso de carga y descarga. (Castejón y Santamaría, 2010)

a) Corriente del sistema de regulación

Por el regulador debe pasar la energía generada por los paneles, considerando el peor escenario, este es el de intensidad de corto circuito de los paneles.

La Ecuación 26 según Aguilera, Hontoria, y Muñoz (2011) calcula la corriente del sistema de regulación fotovoltaico. Se determinó que el sistema de regulación fotovoltaico tendrá una corriente máxima de 59.30 A, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas del Panel Solar ERA 200 W (Anexo 4), la corriente de cortocircuito es 11.86 A y el número de paneles en paralelo es 4.

$$I_{S,Regulación} = 1.25 \times I_{SC,panel} \times N_{p,paralelo} \quad (26)$$

Donde:

$I_{S,Regulación}$: Corriente del sistema de regulación fotovoltaico (A).

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

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

$$I_{S,Regulación} = 1.25 \times 11.86 \times 4$$

$$I_{S,Regulación} = 59.30 \text{ A}$$

Para el dimensionamiento del sistema de regulación se realizó una cotización de reguladores Victron Energy de diferentes modelos del mercado con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 22*Reguladores del Mercado*

Modelo	Corriente (A)	Voltaje (V)	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo total (S/)
SmartSolar MPPT 150V 100A	100	150	3,636.36	1	3,636.36
MPPT Blue Solar 150V 70A	70	150	2,550.00	1	2,550.00
SmartSolar MPPT 150V 70A	70	150	2,727.27	1	2,727.27
MPPT Blue Solar 150V 35A	35	150	1,250.00	2	2,500.00
SmartSolar MPPT 250V 60A	60	250	2,954.54	1	2,954.54
SmartSolar MPPT 150V 85A	85	150	3,181.81	1	3,181.81
SmartSolar MPPT 250V 70A	70	250	3,409.09	1	3,409.09

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis energético y los costos de cada modelo, el regulador a seleccionar es el MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON, debido a que tiene un costo menor y cumple con los requerimientos calculados, verificándose que es el más viable tanto energéticamente como económicamente.

b) Número de reguladores

El número de reguladores se obtiene con la Ecuación 27 según Ramírez et ál. (2016). Utilizando una corriente del regulador de carga máxima de 59.30 A y la corriente del regulador de carga seleccionado de 35 A, se obtiene que se requieren 2 reguladores de carga, que hacen un total de 70 A.

$$N_{Reg} = \frac{I_{S,Regulación}}{I_{regulador,selec}} \quad (27)$$

Donde:

N_{Reg} : Número de reguladores.

$I_{S,Regulación}$: Corriente del sistema de regulación fotovoltaico (A).

$I_{regulador,selec}$: Corriente del regulador de carga seleccionado (A).

$$N_{Reg} = \frac{59.30}{35}$$

$$N_{Reg} \approx 2 \text{ unidades}$$

c) Cálculo de número de ramas en cada regulador

Considerando que los paneles conectados en paralelo se distribuyen de acuerdo a la cantidad de reguladores, se puede deducir que el número de ramas en cada regulador se determina

dividiendo estas magnitudes por lo que se hace uso de la Ecuación 28. El número de paneles en paralelo es 4 y el número de reguladores es 2, calculándose 2 ramas por regulador.

$$N_{Ramas \times regulador} = \frac{N_{p,paralelo}}{N_{Reg}} \quad (28)$$

Donde:

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

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

N_{Reg} : Número de reguladores.

$$N_{Ramas \times regulador} = \frac{4}{2}$$

$$N_{Ramas \times regulador} = 2$$

3.8.4.5. Cálculo del sistema de almacenamiento

La energía recibida por parte del sistema de generación se da de manera aleatoria, esto hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la energía recibida por el sistema de generación no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados, para ello se utilizan las baterías o acumuladores. (Castejón y Santamaría, 2010)

a) Capacidad nominal del banco de baterías

La Ecuación 29 según Ladrón (2014) determina la capacidad nominal del banco de baterías. Con los datos obtenidos de energía entregada a la carga de 10040 Wh/día, considerando 2 días de autonomía, una profundidad de descarga máxima de las baterías de 0.8 y el voltaje de trabajo de 48 V, se determinó que la capacidad nominal mínima que el sistema de baterías debe tener es de 522.92 Ah.

$$C_{B,baterías} = \frac{E_{E,C} \times N_{d,aut}}{P_d \times V_{n,t}} \quad (29)$$

Donde:

$C_{B,baterías}$: Capacidad nominal del banco de baterías (Ah).

$E_{E,C}$: Energía entregada a la carga (Wh/día).

$N_{d,aut}$: Número de días de autonomía.

P_d : Profundidad de descarga máxima de las baterías.

$V_{n,t}$: Voltaje nominal de trabajo (V).

$$C_{B,baterías} = \frac{10040 \times 2}{0.8 \times 48}$$

$$C_{B,baterías} = 522.92 \text{ Ah}$$

Para el dimensionamiento del sistema de almacenamiento se realizó una cotización de baterías de diferentes marcas del mercado con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 23

Baterías del Mercado

Marca	Capacidad (A.h)	Tensión de batería (V)	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo total (S/)
Tensite	100	12	536.84	24	12,884.16
Ultracell	115	12	761.54	20	15,230.80
Ultracell	138	12	754.97	16	12,079.52
Kaise	250	12	1,033.68	12	12,404.16
Tensite	150	12	725.35	16	11,605.60
Tensite	250	12	1,214.12	12	14,569.44
Ritar	200	12	1,180.56	12	14,166.72
Visión	230	12	1,269.23	12	15,230.76
Ultracell	316	12	1,692.31	8	13,538.48

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis energético y los costos de cada marca, la batería a seleccionar es la Batería Tensite AGM 150Ah 12V, debido a que tiene un costo menor verificándose que es el más viable tanto energéticamente como económicamente.

b) Baterías en paralelo

Se realiza conectando el terminal positivo de todas las baterías entre sí para formar el terminal positivo y conectando el terminal negativo de todas las baterías entre sí para formar el terminal negativo por lo que la tensión se mantiene constante y las corrientes se suman.

El número de baterías en paralelo se calcula mediante la Ecuación 30. Considerando la capacidad nominal del banco de baterías 522.92 Ah y la capacidad nominal de la batería seleccionada es de 150 Ah, se obtuvo que se requieren 4 baterías en paralelo.

$$N_{b,paralelo} = \frac{C_{B,baterías}}{C_{n,batería}} \quad (30)$$

Donde:

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

$C_{B,baterías}$: Capacidad nominal del banco de baterías (Ah).

$C_{n,batería}$: Capacidad nominal de la batería (Ah).

$$N_{b,paralelo} = \frac{522.92}{150}$$

$$N_{b,paralelo} \approx 4 \text{ unidades}$$

c) Baterías en serie

Se realiza conectando el terminal positivo de la batería con el negativo de la siguiente batería, por lo que los voltajes se suman y la corriente es la misma.

El número de baterías en serie se determina con la Ecuación 31. Tomando en cuenta que el voltaje nominal de trabajo es 48 V y el voltaje nominal de las baterías es 12 V, se obtiene que se requieren 4 baterías en serie.

$$N_{b,serie} = \frac{V_{n,t}}{V_{n,batería}} \quad (31)$$

Donde:

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

$V_{n,t}$: Voltaje nominal de trabajo (V).

$V_{n,batería}$: Voltaje de la batería (V).

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

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

d) Número de baterías en total

El número total de baterías a usar se está definida por la Ecuación 32. Considerando que se tienen 4 baterías en paralelo y 4 baterías en serie, se obtiene que se requiere un total de 16 baterías.

$$N_{b,totales} = N_{b,paralelo} \times N_{b,serie} \quad (32)$$

Donde:

$N_{b,totales}$: Número total de baterías a usar.

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

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

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

$$N_{b,totales} = 16 \text{ unidades}$$

3.8.4.6. Cálculo del sistema convertidor de corriente DC/AC

Un inversor es un dispositivo capaz de convertir la corriente continua producida por el sistema de generación en corriente alterna con los parámetros adecuados de tensión y frecuencia (Castejón y Santamaría, 2010).

a) Potencia del sistema convertidor de corriente

La potencia del sistema convertidor de corriente se determina mediante la Ecuación 33 según Aguilera, Hontoria, y Muñoz (2011). Considerando la potencia de la carga de 2847 W (Tabla 10), se obtiene que la potencia del sistema convertidor es 3416.40 W.

$$P_{S,Convertidor} = 1.2 \times P_C \quad (33)$$

Donde:

$P_{S,Convertidor}$: Potencia del sistema convertidor (W).

P_C : Potencia de la carga (W).

η_i : Eficiencia del inversor.

$$P_{S,Convertidor} = 1.2 \times 2847$$

$$P_{S,Convertidor} = 3416.40 \text{ W}$$

Para el dimensionamiento del sistema convertidor se realizó una cotización de inversores Must Solar de diferentes modelos del mercado con la finalidad de determinar la mejor alternativa tanto energética como económica.

Tabla 24

Inversores del Mercado

Marca	Potencia (W)	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo total (S/)
Must Solar 3000W 24V MPPT	3000	2,386.15	2	4,772.30
Must Solar 5000W 48V MPPT	5000	3,105.87	1	3,105.87
Must Solar 5kVA 4000W 48V	4000	2,690.62	1	2,690.62
Must Solar 6000W 48V MPPT	6000	4,852.84	1	4,852.84
Must Solar 6000W 48V MPPT	10000	8,110.08	1	8,110.08

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el análisis energético y los costos de cada marca, el inversor a seleccionar es el Must Solar 5kVA 4000W 48V, debido a que tiene un costo menor y cumple con los requerimientos calculados, verificándose que es el más viable tanto energéticamente como económicamente.

b) Número de inversores

Según Orellana y Quimis (2015) para determinar el número de inversores necesarios en la instalación se debe dividir la potencia del sistema convertidor y la potencia nominal del inversor. Utilizando la potencia del sistema convertidor de 3416.40 W y la potencia del inversor seleccionado de 4000 W, se determinó que se requiere solo un inversor.

$$N_{INV} = \frac{P_{S,Convertidor}}{P_{INV,SELEC}} \tag{34}$$

Donde:

N_{INV} : Es el número de inversores.

$P_{S,Convertidor}$: Potencia del sistema convertidor (W).

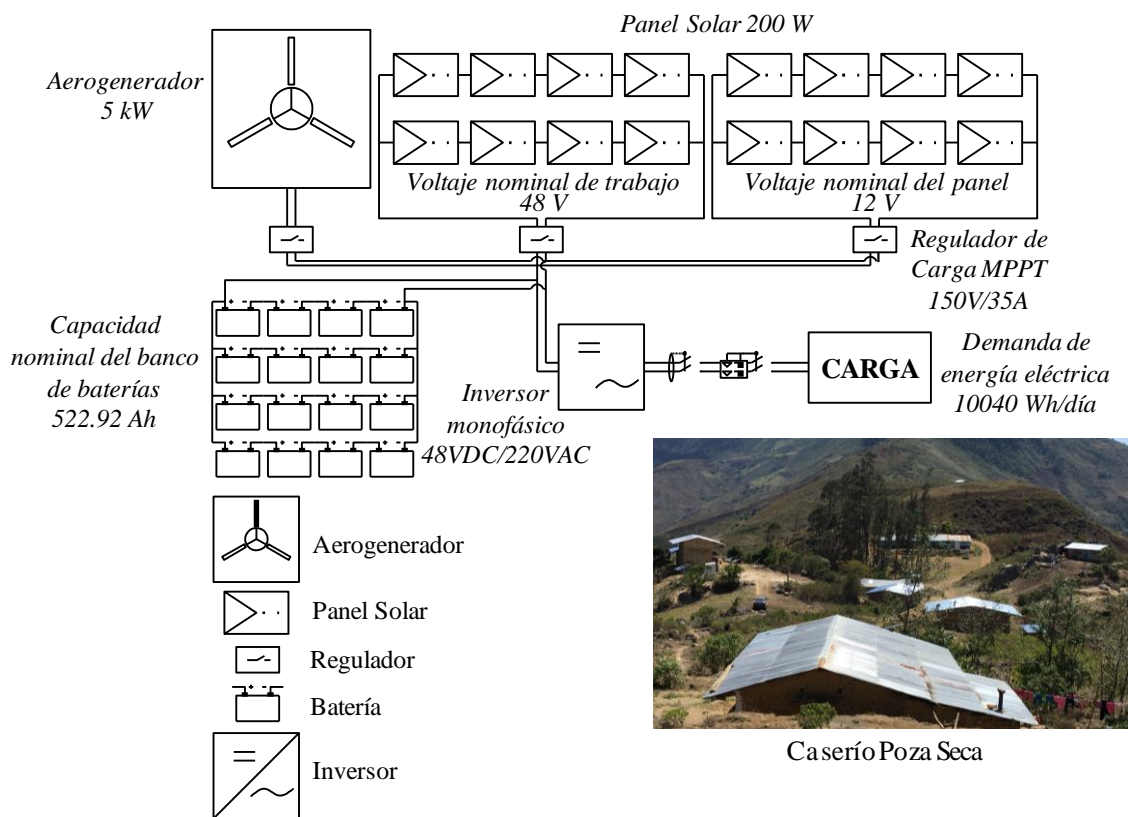
$P_{INV,SELEC}$: Potencia del inversor seleccionado (W).

$$N_{INV} = \frac{3416.40}{4000}$$

$$N_{INV} \approx 1$$

Figura 27

Topología del Sistema Híbrido Diseñado



Fuente: Elaboración Propia.

3.8.4.7. Dimensionamiento de los conductores

Se consideró que la longitud del conductor eléctrico debe ser lo más corta posible y la sección del conductor debe garantizar que la caída de voltaje esté dentro del rango recomendado.

Considerando que el Aerogenerador viene integrado con el regulador eólico junto con sus accesorios se procede a dimensionar los cables de los otros tramos del sistema híbrido.

Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador por lo que en todos los tramos se debe multiplicar el valor de la intensidad por 1.25 (Castejón y Santamaría, 2010, p. 144).

a) Intensidad máxima que debe soportar el tramo de los paneles al regulador de carga

La intensidad máxima que debe soportar el tramo del generador fotovoltaico al regulador de carga se calcula teniendo en cuenta el coeficiente 1.25 según Castejón y Santamaría (2010), la corriente máxima de cortocircuito del panel y además que la corriente en paralelo se suma por lo que para el cálculo de intensidad máxima en la línea de Paneles - Regulador se debe hacer uso de la Ecuación 35. La corriente de cortocircuito del panel utilizado es 11.86 A y además se tiene 2 ramas por regulador, calculándose que la corriente máxima en la línea Paneles - Regulador es 29.65 A.

$$I_{MAX-P,R} = 1.25 \times I_{SC,panel} \times N_{Ramas \times regulador} \quad (35)$$

Donde:

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

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

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

$$I_{MAX-P,R} = 1.25 \times 11.86 \times 2 = 29.65 \text{ A}$$

b) Intensidad máxima que debe soportar el tramo regulador al inversor

La intensidad máxima que debe soportar el tramo del regulador al inversor se calcula haciendo uso de la Ecuación 36 según Castejón y Santamaría (2010). Teniendo en cuenta la potencia de carga de 2847 W, el voltaje de trabajo es 48 V y la eficiencia del inversor de 93%, se obtiene una corriente máxima en la línea Regulador - Inversor de 79.72 A.

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1.25 \times P_C}{V_{Trabajo} \times \eta_i} \quad (36)$$

Donde:

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

P_C : Potencia de la carga (W).

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

η_i : Rendimiento del inversor.

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1.25 \times 2847}{48 \times 0.93} = 79.72 \text{ A}$$

c) Cálculo de sección de conductores

Para el cálculo de sección de conductores se tuvieron en cuenta las caídas de tensión especificadas en la Tabla 25.

Tabla 25

Caída de Tensión por Tramo de la Planta de Generación

Tramo	Tensión del Trabajo (V)	Máxima caída de tensión	Caída de Tensión Permitida (V)
Paneles – Regulador	48 V	2 %	0.96
Regulador – Baterías	48 V	1 %	0.48
Baterías – Inversor	48 V	1 %	0.48

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Reglamento Técnico RD 003-2007-EM/DGE

El cálculo de sección de conductor para cada tramo se determina con la Ecuación 37 según Ladrón (2014).

$$S_{cable} = \frac{2 \times L \times I_{MAX}}{56 \times \Delta V} \quad (37)$$

Donde:

S_{cable} : Sección mínima del conductor.

L : Longitud del conductor (m).

I_{MAX} : Corriente máxima (A).

ΔV : Caída de tensión (V).

Utilizando las diferentes longitudes de los sistemas, las corrientes máximas encontradas y los datos de la Tabla 25, reemplazando en la Ecuación 37, se calculó la sección mínima de los conductores a elegir por cada tramo del sistema.

Tabla 26*Cálculo de la Sección Mínima de los Conductores Eléctricos por Tramo*

Paneles – Regulador	Regulador – Baterías	Baterías – Inversor
$S_{cable} = \frac{2 \times 7 \times 29.65}{56 \times 0.96}$	$S_{cable} = \frac{2 \times 3 \times 29.65}{56 \times 0.48}$	$S_{cable} = \frac{2 \times 3 \times 79.72}{56 \times 0.48}$
$S_{cable} = 7.72 \text{ mm}^2$	$S_{cable} = 6.62 \text{ mm}^2$	$S_{cable} = 17.79 \text{ mm}^2$

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la ficha de datos técnicos de INDECO THW - 90 (Anexo 8), se seleccionó el conductor de 10 mm² para el tramo de los paneles al regulador, el conductor de 10 mm² para el tramo del regulador a las baterías y el conductor de 25 mm² para el tramo de las baterías al inversor.

3.8.4.8. Protección contra sobrecorrientes**a) Protección del inversor**

Para la protección de inversor se consideró un interruptor diferencial bipolar de 16 A de sensibilidad de 30 mA para proteger a las personas. También se consideró un interruptor Termomagnético para la protección de equipos, este se seleccionó en base a la corriente máxima que debe soportar el inversor, esta corriente se obtiene mediante la Ecuación 38. La potencia de la carga es 2847 W, además se tiene 1 inversor y el voltaje en corriente alterna es 220 V, calculándose que la corriente máxima que debe soportar el inversor es 12.94 A por lo que se selecciona el interruptor termomagnético de 16 A.

$$I_{MAX\ CARGA} = \frac{P_C}{N_{INV} \times V} \quad (38)$$

Donde:

 $I_{MAX\ CARGA}$: Corriente máxima que debe soportar el inversor. P_C : Potencia de la carga (W). N_{INV} : Número de inversores. V : Voltaje (V).

$$I_{MAX\ CARGA} = \frac{2847}{1 \times 220} = 12.94 \text{ A}$$

b) Protección de conductores

Para la protección contra sobreintensidades originadas por sobrecargas o cortocircuitos se empleará fusibles. Se debe cumplir la Ecuación 39 según López y Viteri (2010), para que el fusible a seleccionar sea efectivo.

$$I_b \leq I_n \leq I_{adm} \quad (39)$$

Donde:

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

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

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

Tomando la intensidad de corriente que recorre cada tramo, además de la máxima intensidad admisible de los conductores seleccionados (Anexo 8), aplicando la Ecuación 39 y considerando las intensidades nominales de los cartuchos fusibles de cuchilla NH gPV para instalaciones fotovoltaicas de la marca DF Electric, se seleccionó los fusibles para cada tramo de la planta de generación.

Tabla 27

Fusibles por Tramo de la Planta de Generación

Paneles – Regulador	Regulador – Baterías	Baterías – Inversor
$29.65 \leq I_n \leq 88$ $I_n = 50 A$	$29.65 \leq I_n \leq 88$ $I_n = 50 A$	$79.72 \leq I_n \leq 158$ $I_n = 100 A$

Fuente: Elaboración propia.

3.8.5. Dimensionamiento de la red secundaria

Para el diseño de la red secundaria de distribución del caserío Poza Seca (Anexo 10) se tuvo en cuenta la Norma 031-2003-DGE 2003 “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

3.8.5.1. Cálculos eléctricos

La tensión del sistema de distribución es monofásica 220V a 60Hz. El conductor autoportante seleccionado es 2×16+16/25 considerando futuras ampliaciones en el horizonte de 20 años de vida del proyecto tanto de sistema particular como de alumbrado público.

a) Distancias mínimas del conductor a superficie del terreno

Las distancias mínimas de seguridad que se consideraron para el diseño de la red secundaria fueron según lo establecido en la Norma 031-2003-DGE 2003.

- En lugares accesibles sólo a peatones : 5.0 m
- En zonas no accesibles a vehículos o personas : 3.0 m
- En lugares con circulación de maquinaria agrícola : 6.0 m
- A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas : 6.0 m
- En cruce de calles, avenidas y vías férreas : 6.5 m

b) Cálculo de Caída de Tensión

Según la Norma 031-2003-DGE 2003 la caída de tensión en redes aéreas de distribución está definida por la Ecuación 40. Haciendo uso del Software REDCAD para el diseño de la red secundaria, considerando los valores de la Tabla 29, y reemplazando en la Ecuación 40, el resultado de caída de tensión para cargas domiciliarias se muestra en la Tabla 31 y para el circuito de alumbrado público se muestra en la Tabla 32.

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3} \tag{40}$$

Donde:

- ΔV : Caída de tensión (V).
- K : Factor de caída de tensión.
- I : Corriente que recorre el circuito (A).
- L : Longitud del tramo (m).

Tabla 28

Resistencia Eléctrica del Conductor Autoportante 2×16+16/25

Formación	Resistencia del conductor de Fase (Ω/Km)		Alumbrado Público (Ω/Km)		Resistencia del conductor neutro (Ω/Km)	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C
2×16+16/25	1.91	2.045	1.91	2.045	1.38	1.478

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Norma 031-2003-DGE 2003

Tabla 29

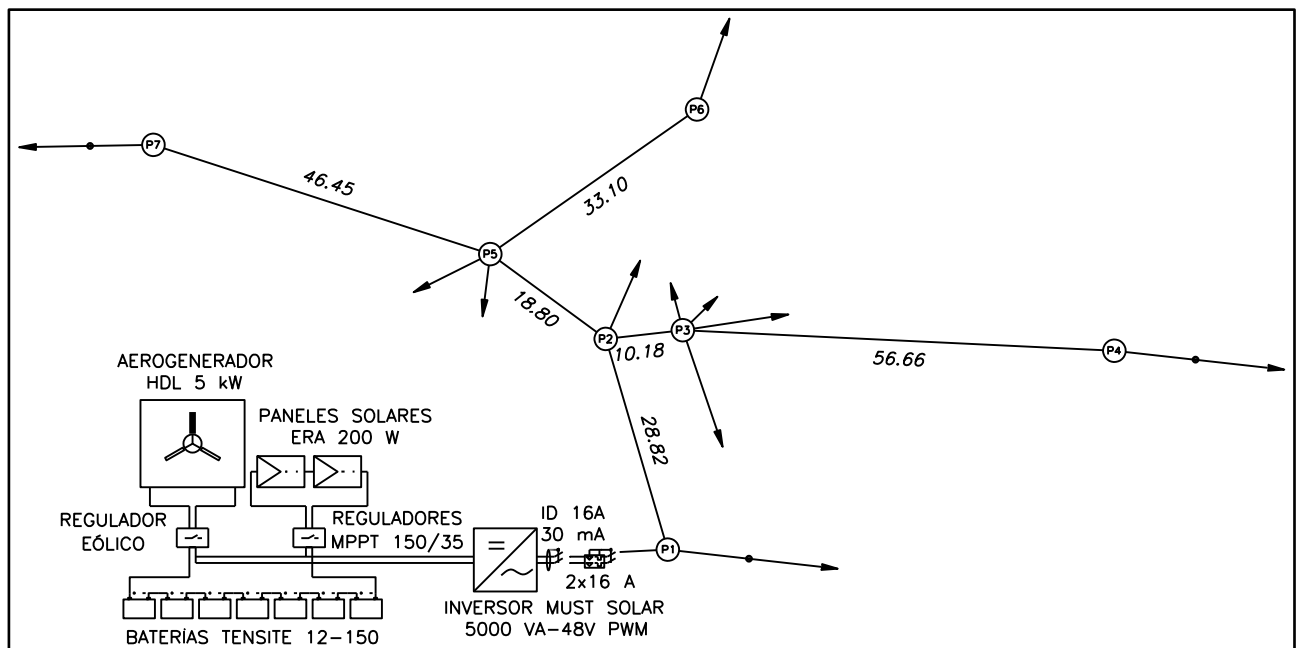
Reactancia Inductiva del Conductor Autoportante 2×16+16/25

Formación	Reactancia inductiva		Factor de caída de tensión		Capacidad de corriente	
	(Ω/Km)		K		A 40 °C (A)	
	XL (30)	XL (10)	(440-220)	(220 VAP)	Cond. Fase	Cond. A.P
2×16+16/25	0.096	0.096	3.765	3.272	64	64

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de Norma 031 -2003-DGE 2003

Figura 28

Diagrama de Cargas Domiciliarias



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30*Parámetros y Factores de Caída de Tensión de los Cables Autoportantes*

Formación	Resistencia del Conductor de Fase (Ω/Km)		Resistencia del Conductor de Alumbrado Público (Ω/Km)		Resistencia del Conductor Neutro (Ω/Km)		Reactancia Inductiva (Ω/Km)		Factor de Caída de Tensión			Capacidad de Corriente A 40 °C (A)	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220 V)	K(440-220 V)	K(220 VAP)	Cond. Fase	Cond. A.P.
3×35+16/25	0.868	0.929	1.910	2.045	1.38	1.478	0.094	0.123	1.607	-	3.272	102	64
3×25+16/25	1.200	1.285	1.910	2.045	1.38	1.478	0.100	0.116	2.223	-	3.272	83	64
3×16+16/25	1.910	2.045	1.910	2.045	1.38	1.478	0.110	0.110	3.538	-	3.272	64	64
3×35/25	0.868	0.929	-	-	1.38	1.478	0.091	-	1.607	-	-	102	-
3×25/25	1.200	1.285	-	-	1.38	1.478	0.095	-	2.223	-	-	83	-
3×16/25	1.910	2.045	-	-	1.38	1.478	0.103	-	3.538	-	-	64	-
2×35+16/25	0.868	0.929	1.910	2.045	1.38	1.478	0.086	0.114		3.780	3.272	102	64
2×25+16/25	1.200	1.285	1.910	2.045	1.38	1.478	0.093	0.109		3.776	3.272	83	64
2×16+16/25	1.910	2.045	1.910	2.045	1.38	1.478	0.096	0.096	3.538	3.765	3.272	64	64
2×16/25	1.910	2.045	-	-	1.38	1.478	-	0.096	-	3.765	3.272	64	-
1×16/25	1.910	2.045	-	-	1.38	1.478	-	0.094	-		3.272	64	-

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Norma 031-2003-DGE 2003

Tabla 31

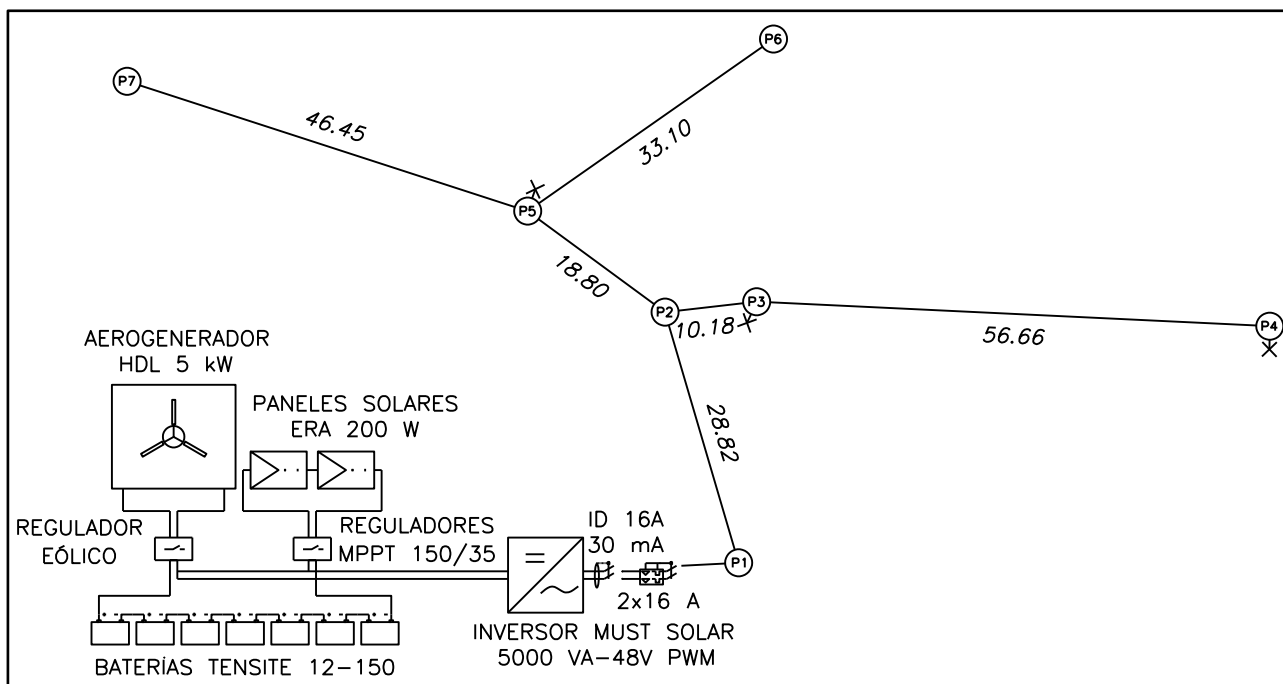
Caída de Tensión para Servicio Particular

<u>SERVICIO PARTICULAR</u>														
Nodo	Long. (m)	N° de Lotes		Potencia (kW)			Formación del Conductor	K (Ohm/km)	Corr. (A)	Caída de Tensión				Pérdidas (W)
		SP	CE	SP	CE	Acum.				ΔV (V)	$\Sigma \Delta V$ (V)	Tensión Fase-Neutro(V)	% ΔV	
Bornes BT	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	220	0	0
Tablero	2	8	3	1.7	0.6	2.25	2×16+16/25	3.765	10.2	0.08	0.08	219.92	0	0.8
Circuito C-I														
Salida	0	0	0	0	0	2.3	2×16+16/25	3.765	10.2	0	0	219.92	0	0
P1	7.8	1	0	0.2	0	2.3	2×16+16/25	3.765	10.2	0.30	0.30	219.62	0.2	3.1
P2	28.8	1	0	0.2	0	2	2×16+16/25	3.765	9.3	1.01	1.31	218.61	0.6	9.4
P3	10.2	3	1	0.6	0.1	1.1	2×16+16/25	3.765	5.2	0.20	1.51	218.41	0.7	1
P4	56.7	0	1	0	0.4	0.4	2×16+16/25	3.765	1.9	0.41	1.92	218.00	0.9	0.8
P5	18.8	1	1	0.2	0.1	0.7	2×16+16/25	3.765	3.2	0.23	1.54	218.38	0.7	0.7
P6	33.1	1	0	0.2	0	0.2	2×16+16/25	3.765	0.9	0.11	1.65	218.27	0.8	0.1
P7	46.5	1	0	0.2	0	0.2	2×16+16/25	3.765	0.9	0.16	1.70	218.22	0.8	0.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Diagrama de Cargas de Alumbrado Público



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Caída de Tensión para Alumbrado Público

ALUMBRADO PÚBLICO									
Nodo	Carga		K (Ohm/km)	Corr. (A)	Caída de Tensión				Pérdidas (W)
	Nº de Lámp.	Acum. kW			ΔV (V)	$\Sigma \Delta V$ (V)	Tensión (V)	% ΔV	
Bornes BT	0	0	0	0		0	220	0	0
Tablero	0	0.18	3.27	0.8	0.005	0.005	219.99	0	0
Circuito C-I									
Salida	0	0.18	3.27	0.8	0	0	219.99	0	0
P1	0	0.18	3.27	0.8	0.020	0.020	219.97	0	0.02
P2	0	0.18	3.27	0.8	0.075	0.096	219.90	0.1	0.08
P3	1	0.12	3.27	0.5	0.017	0.112	219.88	0.1	0.06
P4	1	0.06	3.27	0.3	0.056	0.168	219.83	0.1	0.05
P5	1	0.06	3.27	0.3	0.018	0.114	219.88	0.1	0.03
P6	0	0	3.27	0	0	0.114	219.88	0.1	0
P7	0	0	3.27	0	0	0.114	219.88	0.1	0

Fuente: Elaboración propia.

Máxima Caída de Tensión Permisible

La Norma 031-2003-DGE 2003 establece que solo se debe tener hasta un 7% de caída de tensión, según la Tabla 31 y Tabla 32, la caída de tensión está muy por debajo de lo establecido.

3.8.5.2. Cálculos mecánicos

“Los cálculos mecánicos tienen la finalidad de determinar las tensiones y flechas en las diversas condiciones de operación” (Ministero de Energía y Minas, 2003).

Tabla 33

Características de los Cables Autoportantes

Formación	Sección del conductor portante (mm²)	Diámetro exterior total (mm)	Masa total (Kg/m)	Módulo de elast. del portante (kN/mm²)	Coefficiente de dilat. térmica (1/°C)
3×35+16/25	25	20.0	0.481	60.82	21×10 ⁻⁶
3×25+16/25	25	18.5	0.397	60.82	21×10 ⁻⁶
3×16+16/25	25	16.5	0.310	60.82	21×10 ⁻⁶
3×35/25	25	20.0	0.419	60.82	21×10 ⁻⁶
3×25/25	25	18.5	0.336	60.82	21×10 ⁻⁶
3×16/25	25	16.5	0.249	60.82	21×10 ⁻⁶
2×35+16/25	25	20.0	0.362	60.82	21×10 ⁻⁶
2×25+16/25	25	18.5	0.307	60.82	21×10 ⁻⁶
2×16+16/25	25	16.5	0.249	60.82	21×10 ⁻⁶
2×16/25	25	16.5	0.187	60.82	21×10 ⁻⁶
1×16/25	25	16.5	0.125	60.82	21×10 ⁻⁶

Fuente: Norma 031-2003-DGE 2003.

Hipótesis de estado

Las hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor se definen sobre la base de los factores meteorológicos.

- Velocidad del Viento
- Temperatura
- Hielo

Sobre la base de la zonificación del territorio del Perú, se define las Hipótesis de estado según el Código Nacional de Electricidad Suministro y SENAMHI.

Las fórmulas utilizadas para los cálculos mecánicos de los conductores fueron tomadas de la Norma 031-2003-DGE 2003.

Carga unitaria resultante sobre el conductor

$$W_r = \sqrt{(W_C + W_h)^2 + W_V^2} \quad (41)$$

Donde:

W_r : Peso unitario resultante de los tres efectos simultáneos (Kg/m).

W_C : Peso unitario del conductor (Kg/m).

W_h : Peso unitario adicional provocado por el peso de mango de hielo (Kg/m).

W_V : Peso unitario ocasionado por la presión del viento en el conductor (Kg/m).

El peso unitario ocasionado por la presión del viento se calcula mediante la Ecuación 42.

$$W_V = \frac{Q}{2g} \times V^2 \times \frac{(\emptyset_C + 2 \times e)}{1000} \quad (42)$$

Donde:

W_V : Peso unitario ocasionado por la presión del viento en el conductor (Kg/m).

Q : Peso del aire por unidad de volumen (1.225 Kg/m³).

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

V : Velocidad del viento (Km/h).

\emptyset_C : Diámetro del conductor (mm).

e : Costra de hielo sobre el conductor (Kg/m).

El peso unitario adicional provocado por el peso de mango de hielo se determina con la Ecuación 43.

$$W_h = 0.0029 (e^2 + e \times \emptyset_C) \quad (43)$$

Donde:

W_h : Peso unitario adicional provocado por el peso de mango de hielo (Kg/m).

e : Costra de hielo sobre el conductor (Kg/m).

\emptyset_C : Diámetro del conductor (mm).

Teniendo en cuenta que a lo largo de todo el tendido de una línea entre dos estructuras de anclaje se debe tener el mismo esfuerzo, es necesario tener un esfuerzo representativo para varios vanos diferentes.

$$V_{Básico} = \sqrt{\frac{\sum_1^n a^3}{\sum_1^n a}} \quad (44)$$

Donde:

$V_{Básico}$: Vano básico o de cálculo (m).

a : Son los vanos entre dos postes de anclaje (m).

Ecuación de Cambio de estado

El conductor estará sometido a diferentes cambios de estado debido a las variaciones meteorológicas, esto hace que el cable tenga una ecuación cambiante y por lo tanto los parámetros son cambiantes. Teniendo una condición inicial mediante la Ecuación 45 se puede determinar las condiciones finales a las que estará sometido el conductor.

$$\sigma_{02}^2 \times \left[\sigma_{02} + \alpha \times E(\theta_2 - \theta_1) + \frac{W_{r1}^2 \times a^2 \times E}{24 \times A^2 \times \sigma_{01}^2} - \sigma_{01} \right] = \frac{W_{r2}^2 \times a^2 \times E}{24 \times A^2} \quad (45)$$

Donde:

σ_{02} : Esfuerzo a determinar en la condición 2 (Kg/mm²).

α : Coeficiente de dilatación térmica (1/°C).

E : Módulo de elasticidad (Kg/mm²).

θ_1, θ_2 : Temperaturas en las condiciones 1 y 2 respectivamente (°C).

W_{r1} : Peso unitario resultante en la condición inicial 1 (Kg/m).

a : Vano básico o de cálculo (m).

A : Sección del conductor (mm²).

σ_{01} : Esfuerzo en la condición inicial 1 (Kg/mm²).

W_{r2} : Peso unitario resultante en la condición final (Kg/m).

Flecha del conductor

La flecha del conductor se obtiene con la Ecuación 46.

$$f = \frac{W_r \times L^2}{8 \times A \times \sigma} \quad (46)$$

Donde:

f : Flecha del conductor (Kg/m).

W_r : Peso unitario resultante en la condición final (Kg/m).

L : Vano (m).

A : Sección del conductor (mm²).

σ : Esfuerzo determinado en la condición 2 (Kg/mm²).

La Norma 031-2003-DGE 2003, establece las siguientes condiciones para el cálculo mecánico de conductores autoportantes:

- El esfuerzo del conductor portante de aleación de aluminio será en todos los casos, de 52.3 N/mm², aproximadamente 18% del esfuerzo de rotura del conductor.
- El esfuerzo máximo del conductor no superará 176 N/mm².

- Cuando, debido a la presencia de hielo, los esfuerzos en el conductor portante sobrepasaran lo máximo establecido, el consultor podrá adoptar un esfuerzo EDS menor a 52.3 N/mm².

Los parámetros de las hipótesis fueron considerados de los datos brindados por el SENAMHI, donde se obtuvo que la temperatura media anual es de 13.94 °C, la temperatura mínima se da en el mes de noviembre con 0.9 °C por lo que no se consideró presencia de hielo, la temperatura máxima se da en el mes de diciembre con 42 °C.

Según la sección 25 apartado 250.C del código nacional de electricidad - suministro, considera al departamento de Cajamarca en la zona de carga A (ligera), por lo tanto, la velocidad máxima del viento en el caserío Poza Seca es de 70 Km/h.

Tabla 34

Hipótesis de Estado para Cálculo Mecánico

HIPÓTESIS	PARÁMETROS	
Hipótesis N° 1: Condición de mayor duración (EDS)	Temperatura media anual	: 13.94 °C
	Velocidad del viento	: Nula
	Sobre carga de hielo	: Nula
Hipótesis N° 2: De mínima temperatura y máxima velocidad	Temperatura mínima	: 0.9 °C
	Velocidad del viento máxima	: 70 Km/h
	Sobre carga de hielo	: Nula
Hipótesis N° 3: De máxima temperatura	Temperatura máxima	: 42 °C
	Velocidad del viento	: Nula
	Sobre carga de hielo	: Nula

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando en las ecuaciones establecidas se elaboró la Tabla 35 donde se obtuvo que el esfuerzo máximo es 80.240 N/mm² para el vano más largo de la red secundaria y para un vano de 70 m se obtuvo que el esfuerzo máximo es 81.648 N/mm², valores que se encuentran muy por debajo de 176 N/mm² permitido por norma.

Tabla 35*Esfuerzos Mecánicos, Tiro y Flecha en Conductores de Red Secundaria*

VANO (m)	HIPÓTESIS 1			HIPÓTESIS 2			HIPÓTESIS 3		
	ESFUERZO	TIRO	FLECHA	ESFUERZO	TIRO	FLECHA	ESFUERZO	TIRO	FLECHA
	(N/mm ²)	(N)	(m)	(N/mm ²)	(N)	(m)	(N/mm ²)	(N)	(m)
10	57.337	1433.4	0.021	74.502	1862.6	0.028	24.722	618.0	0.049
15	57.161	1429.0	0.048	74.923	1873.1	0.062	27.081	677.0	0.101
20	56.933	1423.3	0.086	75.462	1886.5	0.109	29.347	733.7	0.166
25	56.666	1416.7	0.135	76.082	1902.1	0.170	31.429	785.7	0.243
30	56.376	1409.4	0.195	76.750	1918.7	0.242	33.311	832.8	0.330
35	56.075	1401.9	0.267	77.438	1935.9	0.327	35.003	875.1	0.427
40	55.776	1394.4	0.350	78.124	1953.1	0.423	36.521	913.0	0.535
45	55.487	1387.2	0.446	78.794	1969.8	0.531	37.881	947.0	0.653
50	55.213	1380.3	0.553	79.436	1985.9	0.650	39.100	977.5	0.781
56.66	54.879	1372.0	0.715	80.240	2006.0	0.826	40.532	1013.3	0.967
60	54.725	1368.1	0.804	80.618	2015.4	0.922	41.177	1029.4	1.068
65	54.513	1362.8	0.947	81.152	2028.8	1.075	42.061	1051.5	1.227
70	54.321	1358.0	1.102	81.648	2041.2	1.240	42.856	1071.4	1.397

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el conductor eléctrico seleccionado $2 \times 16 + 16/25$ cumple con los requerimientos eléctricos y mecánicos.

3.8.6. Evaluación económica

La Evaluación de un Proyecto de inversión tiene como base el análisis con el que se mide la rentabilidad económica, en el que principalmente se tiene cuatro indicadores: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de Recuperación de la Inversión y Relación Beneficio Costo, todos estos en base al Flujo de Caja.

Para la evaluación económica se consideró los siguientes criterios:

Evaluación a precios privados o de mercado

“La evaluación económica a precios de mercado permite determinar cuál es el beneficio o costo financiero para la institución ejecutora de llevar a cabo cada proyecto alternativo, en moneda de hoy y a precios de mercado” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2003).

Aplicando este concepto se puede entender que la implementación del sistema híbrido sería ejecutado por una empresa privada por lo que los precios de suministro de materiales del sistema híbrido se verían afectados por los impuestos y en el costo de energía se tendría en cuenta una rentabilidad para que puedan existir ganancias para dicha empresa.

Evaluación a precios sociales

La evaluación social de Proyectos de Inversión es un proceso de identificación, medición y valoración de los beneficios y costos para determinar la rentabilidad que este pueda generar para la sociedad en su conjunto. Para obtener esta rentabilidad social no se consideran transferencias y se deben realizar correcciones debido a distorsiones presentes en los mercados a través del uso de los precios sociales. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021)

Aplicando este concepto se puede entender que la implementación del sistema híbrido sería considerado una obra de inversión por parte del estado en beneficio de los pobladores por lo que no habría interés de ganancias y los precios de suministro de materiales del sistema híbrido no se verían afectados por los impuestos de importación.

a) Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujo neto de caja la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de

descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. (Mete, 2014)

El valor actual neto se calcula mediante la Ecuación 47 según Sapag, Sapag, y Sapag (2014).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (47)$$

Donde:

VAN : Valor actual neto.

n : Horizonte de evaluación del Proyecto.

t : Periodo.

FN_t : Flujo neto de caja.

r : Tasa de interés o descuento.

I_0 : Inversión inicial.

Los criterios a considerar en la toma de una decisión de acuerdo al indicador VAN son:

- $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo tanto, el proyecto debe ser rechazado.
- $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, por lo tanto, es indiferente.
- $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por lo tanto, el proyecto debe ser aceptado.

b) Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. (Mete, 2014)

La fórmula para calcular la tasa interna de retorno es la Ecuación 48 según Sapag, Sapag, y Sapag (2014).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (48)$$

Donde:

TIR : Tasa interna de retorno.

n : Horizonte de evaluación del Proyecto.

t : Periodo.

FN_t : Flujo neto de caja.

I_0 : Inversión inicial.

Los criterios a considerar en la toma de una decisión de acuerdo al indicador TIR son:

- $TIR < r$: No se alcanza la rentabilidad mínima que pide la inversión, por lo tanto, el proyecto debe ser rechazado.
- $TIR = r$: Es la situación similar a la que se producía cuando el VAN es cero, por lo tanto, el proyecto es indiferente.
- $TIR > r$: La tasa de rendimiento que se obtiene es superior a la tasa de interés en la inversión, por lo tanto, el proyecto debe ser aceptado.

c) Periodo de Recuperación de la Inversión (PR)

Es el tiempo exacto que requiere una empresa para recuperar su inversión inicial en un proyecto. Se estima a partir de las entradas de efectivo (Canales, 2015).

La fórmula para calcular el periodo de recuperación de la inversión está definida por la Ecuación 49 según Sapag, Sapag, y Sapag (2014).

$$PR = \frac{I_0}{FN} \quad (49)$$

Donde:

PR : Periodo de recuperación de la inversión.

I_0 : Inversión inicial.

FN : Flujo neto.

Los criterios a considerar en la toma de una decisión de acuerdo al indicador PR son:

- $PR > n$: Si el periodo de recuperación es mayor que el periodo de duración del proyecto, se debe rechazar el proyecto.
- $PR = n$: Si el periodo de recuperación es igual al periodo de duración del proyecto, el proyecto es indiferente.
- $PR < n$: Si el periodo de recuperación es menor que periodo de duración del proyecto, se debe aceptar el proyecto.

d) Relación Beneficio Costo (RBC)

La relación beneficio costo es el valor porcentual entre los ingresos y egresos ambos al valor presente que indica cuanto se gana por cada moneda invertida.

Para calcular la Relación Beneficio Costo se hace uso de la Ecuación 50 según Sapag, Sapag, y Sapag (2014).

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (50)$$

Donde:

- RBC* : Relación Beneficio Costo.
n : Horizonte de evaluación del Proyecto.
t : Periodo.
Y_t : Ingresos.
E_t : Egresos (Incluida la inversión).
r : Tasa de interés o descuento.

Los criterios a considerar en la toma de una decisión de acuerdo al indicador RBC son:

- $RBC > 1$: Los beneficios superan los costes, se debe aceptar el proyecto.
- $RBC = 1$: No hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes, el proyecto es indiferente.
- $RBC < 1$: Los costes son mayores que los beneficios, se debe rechazar el proyecto.

Flujo de Caja

Es un reporte financiero que sirve para diferenciar los egresos de los ingresos de dinero en un período determinado de una empresa o un proyecto de inversión.

Costo Nivelado de la Energía

En la dimensión económica se destaca el costo nivelado de la energía (en inglés LCOE). Esta es una medida común de costos que integra inversión, operación y mantenimiento y lo analizan como un valor presente por unidad de energía producida. Puede considerarse como el precio constante de la electricidad que se requiere a lo largo de la vida útil para cubrir todos los costos y pagar un aceptable retorno a los inversionistas. (Barroso, Ariel y Leyva, 2017)

El costo nivelado de la energía se determina con la Ecuación 51 según Barroso, Ariel y Leyva (2017).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{P_{AE}}{(1+r)^t}} \quad (51)$$

Donde:

- LCOE* : Costo Nivelado de la Energía (\$./kWh).
n : Horizonte de evaluación del Proyecto.

- t : Periodo.
 E_t : Egresos (Incluida la inversión, costos de operación y mantenimiento O&M).
 r : Tasa de interés o descuento.
 P_{AE} : Producción anual de energía (kWh).

La energía producida en un año se determina mediante la Ecuación 52, considerando la energía entregada a la carga de 10040 Wh/día y los 365 días del año, se obtuvo una producción anual de energía de 3664.60 kWh/año.

$$P_{AE} = E_{E,C} \times N_{Días} \quad (52)$$

- P_{AE} : Producción anual de energía (kWh/año).
 $E_{E,C}$: Energía entregada a la carga (kWh/día).
 $N_{Días}$: Número de días del año.

$$P_{AE} = 10.04 \times 365$$

$$P_{AE} = 3664.60 \text{ kWh/año}$$

Costos de Operación y Mantenimiento

Es aquel costo anual promedio necesario para mantener en buenas condiciones el sistema híbrido eólico - solar asegurando un buen funcionamiento y suministro de energía eléctrica.

Tabla 36

Costo Anual de Operación y Mantenimiento

Ítem	Descripción	Unidad	Costo Unitario (S/)	Cantidad	Total (S/)
1	Materiales	glb	500.00	1	500.00
2	Equipos, instrumentos y herramientas	glb	300.00	1	300.00
3	Personal calificado				
3.1	Operario	h-h	50.00	3	150.00
3.2	Peón	h-h	30.00	3	90.00
4	Alquiler de vehículos				
4.1	Camioneta	h-m	160.00	1	160.00
4.2	Moto lineal	h-m	80.00	1	80.00
Total Costo Anual de Operación y Mantenimiento					1,280.00

Fuente: Elaboración Propia.

3.8.6.1. Precios privados

Para estimar el presupuesto a precios privados se ha considerado los gastos de impuestos y aduanas en el suministro de equipos y materiales del sistema híbrido.

Teniendo en cuenta el análisis energético y económico de las diferentes alternativas de aerogeneradores, paneles solares, reguladores, baterías e inversores, se realizó el presupuesto del sistema híbrido eólico - solar, se elaboró la Tabla 37 del presupuesto a precios privados.

Tabla 37

Presupuesto Referencial del Diseño del Sistema Híbrido a Precios Privados

Ítem	Descripción	Costo (S/)
I	Planta de generación	56,116.01
II	Red Secundaria	23,891.71
	Costo directo	80,007.72
	Gastos generales	4,000.39

	Subtotal	84,008.11
		=====
	Total Presupuesto	84,008.11

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 38

Renovación de Equipos a Precios Privados

Renovación de Equipos	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo (S/)
Reguladores	1,475.00	2	2,950.00
Baterías	855.91	16	13,694.56
Inversor	3,174.93	1	3,174.93

			Total Renovación de Equipos
			19,819.49

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39*Costo Nivelado de Energía Eléctrica a Precios Privados*

Año	Inversión	Costos de O & M	Renovación de Equipos	Egresos Anuales Totales	Producción Anual de Energía	Egresos Anuales al Valor Presente	Producción Anual de Energía al Valor Presente
	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(kWh)	(S/)	(kWh)
0	84,008.11			84,008.11		84,008.11	
1		1,280.00		1,280.00	3,664.60	1,142.86	3,271.96
2		1,280.00		1,280.00	3,664.60	1,020.41	2,921.40
3		1,280.00		1,280.00	3,664.60	911.08	2,608.39
4		1,280.00		1,280.00	3,664.60	813.46	2,328.92
5		1,280.00		1,280.00	3,664.60	726.31	2,079.39
6		1,280.00		1,280.00	3,664.60	648.49	1,856.60
7		1,280.00		1,280.00	3,664.60	579.01	1,657.68
8		1,280.00		1,280.00	3,664.60	516.97	1,480.07
9		1,280.00		1,280.00	3,664.60	461.58	1,321.49
10		1,280.00		1,280.00	3,664.60	412.13	1,179.90
11		1,280.00	19,819.49	21,099.49	3,664.60	6,065.60	1,053.48
12		1,280.00		1,280.00	3,664.60	328.54	940.61
13		1,280.00		1,280.00	3,664.60	293.34	839.83
14		1,280.00		1,280.00	3,664.60	261.91	749.85
15		1,280.00		1,280.00	3,664.60	233.85	669.51
16		1,280.00		1,280.00	3,664.60	208.80	597.78
17		1,280.00		1,280.00	3,664.60	186.42	533.73
18		1,280.00		1,280.00	3,664.60	166.45	476.54
19		1,280.00		1,280.00	3,664.60	148.62	425.48
20		1,280.00		1,280.00	3,664.60	132.69	379.90
Total						99,266.63	27,372.52
Costo Nivelado de Energía						3.63 S/./kWh	

Fuente: Elaboración propia.

A precios privados, considerando que una institución ejecutora llevaría a cabo el proyecto, estimando una ganancia de S/0.15 por kWh, se tendría un costo de energía de 3.78 S/./kWh por lo que cada vivienda del caserío Poza Seca pagaría un monto de S/96.26 mensuales por el suministro de servicio eléctrico, siendo este un monto elevado fuera de las capacidades de pago de los pobladores de zonas rurales.

Ingresos por Pliego Tarifario

Los ingresos por pliego tarifario se obtienen haciendo uso de la Ecuación 53, considerando una producción anual de energía de 3664.60 kWh y un costo de energía de 3.78 S/./kWh, se obtuvo ingresos por pliego tarifario de S/13839.39.

$$I_{P,T} = P_{AE} \times C_E \quad (53)$$

Donde:

$I_{P,T}$: Ingresos por pliego tarifario (S/).

P_{AE} : Producción anual de energía (kWh/año).

C_E : Costo de Energía (S/./kWh).

$$I_{P,T} = 3664.60 \times 3.776506$$

$$I_{P,T} = S/13839.39$$

Mediante los ingresos y egresos del proyecto de electrificación con sistema híbrido eólico - solar, se elaboró la Tabla 40 considerando un horizonte de 20 años.

Tabla 40*Flujo de Caja a Precios Privados Proyectado en un Horizonte de 20 Años*

Año	Inversión	Egresos	Ingresos por Pliego Tarifario	Ingresos	Flujo Neto de Caja	Flujo Neto de Caja Actualizado	Flujo Neto de Caja Acumulado
	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
0	84,008.11				-84,008.11	-84,008.11	-84,008.11
1		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	11,213.74	-72,794.37
2		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	10,012.26	-62,782.11
3		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	8,939.52	-53,842.59
4		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	7,981.72	-45,860.87
5		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	7,126.53	-38,734.34
6		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	6,362.98	-32,371.36
7		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	5,681.23	-26,690.13
8		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	5,072.52	-21,617.61
9		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	4,529.04	-17,088.57
10		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	4,043.79	-13,044.78
11		21,099.49	13,839.39	13,839.39	-7,260.10	-2,087.11	-15,131.89
12		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	3,223.68	-11,908.21
13		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	2,878.29	-9,029.92
14		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	2,569.90	-6,460.02
15		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	2,294.55	-4,165.47
16		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	2,048.71	-2,116.76
17		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	1,829.20	-287.56
18		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	1,633.22	1,345.66
19		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	1,458.23	2,803.89
20		1,280.00	13,839.39	13,839.39	12,559.39	1,301.99	4,105.88

Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando en las ecuaciones establecidas de los indicadores económicos se obtuvo un Valor Actual Neto de S/4,105.88, una Tasa Interna de Retorno de 12.80%, un Periodo de Recupero de 17.18 años y una Relación Beneficio Costo de 1.041.

3.8.6.2. Precios sociales

Para estimar el presupuesto a precios sociales se ha considerado exonerar los gastos de impuestos en el suministro de equipos y materiales del sistema híbrido.

Teniendo en cuenta el análisis energético y económico de las diferentes alternativas de aerogeneradores, paneles solares, reguladores, baterías e inversores, se realizó el metrado y presupuesto del sistema híbrido eólico - solar (Anexo 1), a continuación, se muestra la Tabla 41 del presupuesto a precios sociales.

Tabla 41

Presupuesto Referencial del Diseño del Sistema Híbrido a Precios Sociales

Ítem	Descripción	Costo (S/)
I	Planta de generación	46,810.10
II	Red Secundaria	23,891.71
	Costo directo	70,701.81
	Gastos generales	3,535.09

	Subtotal	74,236.90
		=====
	Total Presupuesto	74,236.90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Renovación de Equipos a Precios Sociales

Renovación de Equipos	Costo Unitario (S/)	Unidades	Costo total (S/)
Reguladores	1,250.00	2	2,500.00
Baterías	725.35	16	11,605.60
Inversor	2,690.62	1	2,690.62

			Total Renovación de Equipos
			16,796.22

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43*Tasa de Descuento Social*

Parámetro	Valor
Tasa de Descuento Social	8%

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (2021).

Tabla 44*Costo Nivelado de Energía Eléctrica a Precios Sociales*

Año	Inversión	Costos de O & M	Renovación de Equipos	Egresos Anuales Totales	Producción Anual de Energía	Egresos Anuales al Valor Presente	Producción Anual de Energía al Valor Presente
	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(kWh)	(S/)	(kWh)
0	74,236.90			74,236.90		74,236.90	
1		1,280.00		1,280.00	3,664.60	1,185.19	3,393.15
2		1,280.00		1,280.00	3,664.60	1,097.39	3,141.80
3		1,280.00		1,280.00	3,664.60	1,016.11	2,909.08
4		1,280.00		1,280.00	3,664.60	940.84	2,693.59
5		1,280.00		1,280.00	3,664.60	871.15	2,494.07
6		1,280.00		1,280.00	3,664.60	806.62	2,309.32
7		1,280.00		1,280.00	3,664.60	746.87	2,138.26
8		1,280.00		1,280.00	3,664.60	691.54	1,979.87
9		1,280.00		1,280.00	3,664.60	640.32	1,833.21
10		1,280.00		1,280.00	3,664.60	592.89	1,697.42
11		1,280.00	16,796.22	18,076.22	3,664.60	7,752.58	1,571.68
12		1,280.00		1,280.00	3,664.60	508.31	1,455.26
13		1,280.00		1,280.00	3,664.60	470.65	1,347.47
14		1,280.00		1,280.00	3,664.60	435.79	1,247.65
15		1,280.00		1,280.00	3,664.60	403.51	1,155.23
16		1,280.00		1,280.00	3,664.60	373.62	1,069.66
17		1,280.00		1,280.00	3,664.60	345.94	990.43
18		1,280.00		1,280.00	3,664.60	320.32	917.06
19		1,280.00		1,280.00	3,664.60	296.59	849.13
20		1,280.00		1,280.00	3,664.60	274.62	786.23
Total						94,007.74	35,979.58
Costo Nivelado de Energía						2.61 S/./kWh	

Fuente: Elaboración propia.

El Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) es un esquema de subsidios cruzados creado con el objetivo de favorecer a los hogares con bajos niveles de consumo de electricidad. El criterio utilizado para identificar a los consumidores beneficiados por el subsidio y a los consumidores que financian el fondo es un umbral de consumo, definido en 100 kWh/mes. (Franco y Aragón, 2010)

Tabla 45

Criterios de Descuento del Fondo de Compensación Social Eléctrica

Usuario	Sector	Reducción tarifaria para consumos menores o iguales a 30 kWh/mes	Reducción tarifaria para consumos mayores a 30 kWh/mes hasta 100 kWh/mes
Sistemas Interconectados	Urbano	25% del cargo de energía	7.5 kWh/mes por cargo de energía
	Urbano-Rural y Rural	62% del cargo de energía	18.6 kWh/mes por cargo de energía
Sistemas Aislados	Urbano	50% del cargo de energía	15 kWh/mes por cargo de energía
	Urbano-Rural y Rural	77.5% del cargo de energía	23.25 kWh/mes por cargo de energía

Fuente: LEY N° 30319.

A precios sociales y considerando que los pobladores estarán dentro del Fondo de Compensación Social Eléctrica, cada vivienda del caserío Poza Seca abonaría el 22.5% de su consumo pagando un monto de S/14.98 mensuales, siendo este un monto accesible por el suministro de servicio eléctrico.

Ingresos por Pliego Tarifario

Los ingresos por pliego tarifario se obtienen haciendo uso de la Ecuación 54, teniendo en cuenta una producción anual de energía de 3664.60 kWh y un costo nivelado de energía de 2.61 S/./kWh, se obtuvo ingresos por pliego tarifario de S/9574.90.

$$I_{P,T} = P_{AE} \times LCOE \quad (54)$$

Donde:

$I_{P,T}$: Ingresos por pliego tarifario (S/).

P_{AE} : Producción anual de energía (kWh/año).

$LCOE$: Costo Nivelado de la Energía (S/./kWh).

$$I_{P,T} = 3664.60 \times 2.612808$$

$$I_{P,T} = S/9574.90$$

Ingresos por bonos de CO₂

El precio social del carbono permite incorporar la medición monetaria externalidades que producen los proyectos de inversión sobre el medio ambiente (externalidad positiva o negativa), en la evaluación social del proyecto de inversión, a través de la asignación de valor a las variaciones de emisiones de gases de efecto invernadero, en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂ eq.), que se generan cuando se ejecutan determinadas tipologías de proyecto de inversión. Su uso permite que alternativas más amigables al medio ambiente sean más “competitivas” al momento de realizar la evaluación social frente a otras opciones tecnológicas, debido a que el Valor Actual Neto Social captura el efecto positivo de reducción en emisiones de dióxido de carbono. De manera opuesta, alternativas menos amigables con el medio ambiente pueden ser “castigadas” en la evaluación social debido a que se refleja un mayor costo en la estimación del Valor Actual Neto Social. (Ministerio de Economía y Finanzas , 2021)

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2021), el factor de emisión del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es igual a 0.4521 tCO₂/MWh y el Precio Social del Carbono es de US\$ 7.17 por tonelada de CO₂, con estos datos se obtuvo que la cantidad de CO₂ que se dejara de emitir al medio ambiente al año es 2.18 toneladas.

$$CO_2 - \text{Año} = E_{S,H} \times N_{Días} \times FE_{CO_2} \quad (55)$$

Donde:

$CO_2 - \text{Año}$: Cantidad de CO₂ que se dejará de emitir al medio ambiente (tCO₂/año).

$E_{S,H}$: Energía que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar (MWh/día).

$N_{Días}$: Número de días del año.

FE_{CO_2} : Factor de emisión de CO_2 (tCO_2/MWh).

$$CO_2 - \text{Año} = 0.01357 \times 365 \times 0.4521$$

$$CO_2 - \text{Año} = 2.24 \text{ t}CO_2$$

Los ingresos por bonos de CO_2 se calculan mediante la Ecuación 56.

$$I_{B,CO_2} = CO_2 - \text{Año} \times P_{CO_2} \quad (56)$$

Donde:

I_{B,CO_2} : Ingresos por bonos de CO_2 (US\$).

$CO_2 - \text{Año}$: Cantidad CO_2 que se dejará de emitir al medio ambiente ($tCO_2/año$).

P_{CO_2} : Precio social del carbono (CO_2) (US\$/tC).

$$I_{B,CO_2} = 2.24 \times 7.17$$

$$I_{B,CO_2} = 16.06 \text{ US\$}$$

Mediante los ingresos y egresos del proyecto de electrificación con sistema híbrido eólico - solar, se elaboró la Tabla 46 considerando un horizonte de 20 años.

Tabla 46*Flujo de Caja a Precios Sociales Proyectado en un Horizonte de 20 Años*

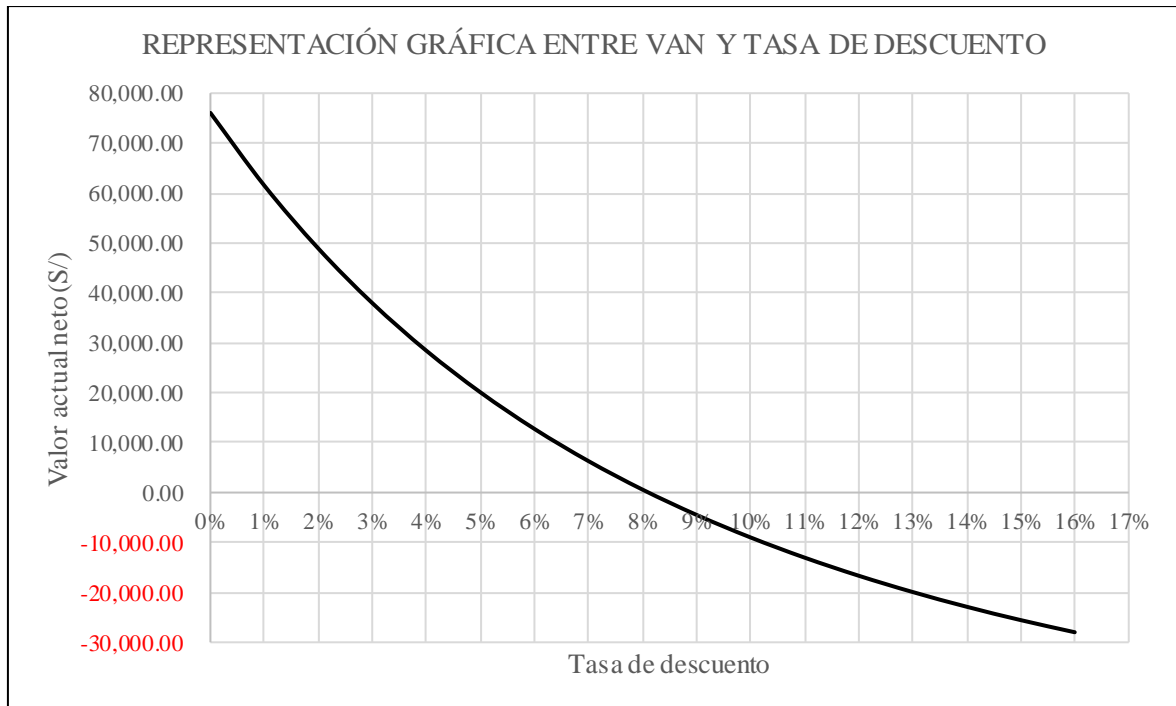
Año	Inversión	Egresos	Ingresos por Pliego Tarifario	Ingresos por bonos de CO₂	Ingresos	Flujo Neto de Caja	Flujo Neto de Caja Actualizado	Flujo Neto de Caja Acumulado
	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)	(S/)
0	74,236.90					-74,236.90	-74,236.90	-74,236.90
1		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	7,735.48	-66,501.42
2		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	7,162.48	-59,338.94
3		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	6,631.93	-52,707.01
4		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	6,140.67	-46,566.34
5		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	5,685.81	-40,880.53
6		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	5,264.64	-35,615.89
7		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	4,874.66	-30,741.23
8		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	4,513.58	-26,227.65
9		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	4,179.24	-22,048.41
10		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	3,869.67	-18,178.75
11		18,076.22	9,574.90	59.42	9,634.32	-8,441.90	-3,620.59	-21,799.33
12		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	3,317.61	-18,481.72
13		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	3,071.87	-15,409.85
14		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	2,844.32	-12,565.53
15		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	2,633.63	-9,931.90
16		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	2,438.55	-7,493.36
17		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	2,257.91	-5,235.45
18		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	2,090.66	-3,144.79
19		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	1,935.80	-1,208.99
20		1,280.00	9,574.90	59.42	9,634.32	8,354.32	1,792.40	583.41

Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando en las ecuaciones establecidas de los indicadores económicos se obtuvo un Valor Actual Neto de S/583.41, una Tasa Interna de Retorno de 8.11%, un Periodo de Recupero de 19.67 años y una Relación Beneficio Costo de 1.006.

Figura 30

Valor Actual Neto y Tasa de Descuento



Fuente: Elaboración Propia.

El proyecto a precios sociales es la mejor alternativa económica, ya que los pobladores pagarían un monto accesible por el suministro de energía eléctrica.

IV. RESULTADOS

Considerando la población del caserío Poza Seca - Cutervo - Cajamarca que consta de ocho viviendas domiciliarias, una institución educativa de educación primaria, un local comunal y una iglesia se obtuvieron los resultados de demanda eléctrica mostrados en la Tabla 47.

Tabla 47

Resultados de Demanda Eléctrica

Potencia Total (W)	Energía Total (Wh/día)	Voltaje de Operación (VCA)
2847	10040	220

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo a la información del SENAMHI, de los datos brindados por la estación meteorológica Cutervo Gore, se obtuvieron los datos de la Tabla 48. Para el dimensionamiento de la parte eólica del sistema híbrido se consideró los datos de velocidad del viento del mes más bajo (Anexo 2), correspondiente el mes de diciembre.

Tabla 48

Resultados del Potencial Eólico

Descripción	Velocidad Mínima	Velocidad Máxima
Velocidad	5.37 Km/h	7.97 Km/h
Mes	Diciembre	Setiembre

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la NASA, teniendo en cuenta que las coordenadas geográficas del caserío Poza Seca, Latitud -6.0989 y Longitud -79.0211, considerando un ángulo de inclinación de 15°, el nivel de irradiación promedio mensual varía desde un máximo del mes de agosto de 5.21 kWh/m²/día hasta un mínimo del mes de febrero de 4.09 kWh/m²/día. Para el dimensionamiento de la parte solar del sistema híbrido se consideró la irradiación promedio más baja, correspondiente el mes de febrero.

Tabla 49*Resultados del Potencial Solar*

Latitud	Longitud	Ángulo de inclinación	Irradiación Mínima	Irradiación Máxima
-6.0989	-79.0211	15°	4.09 kWh/m ² /día	5.21 kWh/m ² /día

Fuente. Elaboración propia.

Se seleccionó el aerogenerador HDL 5 kW cuyas especificaciones técnicas se muestran en el Anexo 3, considerando que es el que más energía produce y tiene menor costo.

Tabla 50*Resultados del Diseño del Sistema de Generación Eólica*

Modelo del Aerogenerador	Potencia	Tensión de trabajo	Eje	Aerogeneradores en total
HDL	5 kW	48 V	Horizontal	1

Fuente. Elaboración propia.

Se seleccionó el panel solar Era 200 W cuyas especificaciones técnicas se muestran en el Anexo 4, considerando que es el más viable tanto en el aspecto energético como en el aspecto económico. En el diseño se obtuvieron los resultados de la Tabla 51, considerando un voltaje de trabajo de 48 V y que el sistema solar debe suministrar como mínimo 12324.22 Wh/día.

Tabla 51*Resultados del Diseño del Sistema de Generación Solar*

Modelo del panel Solar	Potencia (W)	Tensión (V)	Paneles en paralelo	Paneles en serie	Paneles en total
Era Solar 200W 12V	200	12	4	4	16

Fuente. Elaboración propia.

Se seleccionó el regulador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON cuyas especificaciones técnicas se muestran en el Anexo 5, siendo el más viable económicamente. En el diseño se

obtuvieron los resultados señalados en la Tabla 52, considerando una intensidad del sistema de regulación de 59.30 A con una intensidad de corto circuito del panel de 11.86 A.

Tabla 52

Resultados del Diseño del Sistema de Regulación Fotovoltaica

Modelo del regulador	Corriente (A)	Voltaje (V)	Ramas por regulador	Reguladores en total
MPPT Blue Solar 150V 35A Victron	35	150	2	2

Fuente. Elaboración propia.

Se seleccionó la Batería Tensite AGM 150Ah 12V, las especificaciones técnicas se muestran en el Anexo 6. Los resultados del sistema de almacenamiento se muestran en la Tabla 53, se seleccionó esta batería debido a que tiene un costo menor respecto a las otras marcas, verificándose que es la más viable económicamente.

Tabla 53

Resultados del Diseño del Sistema de Almacenamiento

Modelo de batería	Capacidad (A.h)	Tensión de batería (V)	Baterías en paralelo	Baterías en serie	Baterías en total
Tensite 150Ah 12V	150	12	4	4	16

Fuente. Elaboración propia.

Se seleccionó el inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V cuyas especificaciones técnicas se muestran en el Anexo 7. En el diseño se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 54, considerando una potencia de carga de 2847 W y una eficiencia del inversor de 93%.

Tabla 54

Resultados del Diseño del Sistema Convertidor

Modelo de Inversor	Potencia (W)	Voltaje de salida (V)	Frecuencia (Hz)	Inversores en total
Must Solar 5kVA 4000W 48V	4000	220	60	1

Fuente. Elaboración propia.

En la evaluación económica del sistema híbrido a precios sociales se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 55, considerando una inversión de S/74,236.90, los costos de operación y mantenimiento de S/1,280.00, los ingresos por pliego tarifario de S/9,574.90 y los ingresos por bonos de CO₂ de S/59.42.

Tabla 55

Resultados de Indicadores Económicos del Proyecto a Precios Sociales

Tasa de descuento	VAN	TIR	PR	RBC
8%	S/583.41	8.11%	19.67	1.006

Fuente: Elaboración Propia.

V. DISCUSIÓN

Electrificar el caserío Poza Seca que cuenta con 8 viviendas y con la necesidad de energía eléctrica ya sea para iluminación de sus hogares y alumbrado público trayendo beneficios a las familias, principalmente en su calidad de vida y oportunidades de mejora educativa que contribuyan a alcanzar un mejor nivel socio - económico y el cuidado medio ambiental aprovechando las tecnologías verdes.

Indicar que, la principal fuente de alimentación de energía la brinda el sistema solar con un 90.84%, la cual debe ser aprovechada a través del desarrollo de proyectos energéticos para beneficio de las comunidades o caseríos alejados, mientras que el sistema eólico con un 9.16% de energía suministrada funciona como un sistema de respaldo de energía frente a fallas del sistema solar.

Quinzo (2019) en su tesis determinó una demanda de 48 660 Wh/día con una potencia instalada de 4 350 W para el complejo deportivo que investigó. Para este trabajo de investigación la demanda que debe suministrar el sistema híbrido eólico - solar es 10 040 Wh/día con una potencia instalada de 2 847 W.

Portoviejo (2017) en su trabajo de investigación obtuvo en base a 10 metros sobre la superficie de la tierra una velocidad promedio mínima de 6.876 Km/h correspondiente al mes de enero y una velocidad promedio máxima de 9.828 Km/h correspondiente al mes de julio para el sector Cerro Guamán. Para esta tesis se obtuvo a 15 metros sobre la superficie de la tierra una velocidad promedio mínima de 5.37 Km/h correspondiente al mes de diciembre y una velocidad promedio máxima de 7.97 Km/h correspondiente al mes de setiembre.

De La Cruz (2019) en su tesis obtuvo que para el caserío Higuierón el sistema híbrido eólico fotovoltaico está compuesto por 1 Aerogenerador Enair 70PRO, 36 paneles YGE 60 Cell Series 2 de 295Wp, 16 Baterías Estacionarias 12V 840Ah Ultracell OPzS UZS840, 1

inversor PV3500 Series 8kW y 3 controladores SmartSolar MPPT 150V 85A VICTRON con un costo referencial de S/231,593.64. Para este trabajo de investigación se determinó que este sistema requiere 1 aerogenerador HDL 5 kW, 16 Paneles Solares policristalino ERA 200W 12V, 16 baterías Tensite AGM 150Ah 12V, 2 reguladores de carga SmartSolar MPPT Blue Solar 150V 35A y 1 Inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V haciendo un costo referencial del sistema híbrido eólico - solar junto con la red de distribución secundaria de S/74,236.90.

Palacios (2019) en su trabajo de investigación tuvo resultados que para el sistema eólico del fundo Chucupe - Lambayeque tiene un VAN de S/4,438.49 y una TIR de 14%, concluyendo que el proyecto es viable y rentable económicamente, además que se tiene de un valor de RBC de 1.15. En esta tesis teniendo en cuenta el diseño del sistema de generación híbrido eólico - solar y la red secundaria, se determinó un VAN de S/583.41 y la TIR de 8.11%, además una RBC de 1.006.

Peredo (2019) en su tesis determinó que el ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, bajo la latitud del caserío Inneche de -6.5117 , es de 8.193° . En este trabajo de investigación teniendo en cuenta que la latitud del caserío Poza seca es -6.0989 , se obtuvo que el ángulo óptimo de inclinación calculado es de 7.908° .

Suárez (2021) en su trabajo de investigación evaluó la factibilidad económica del aerogenerador para los laboratorios de ingeniería mecánica y eléctrica, resultando el VAN igual a S/. $-264,728.71$, una TIR de -0.27% y la RBC de 0.55. En esta tesis teniendo en cuenta el diseño del sistema de generación híbrido eólico - solar y la red secundaria, se determinó un VAN de S/583.41 y una TIR de 8.11%, además de una RBC de 1.006.

Ventura y Delgado (2020) en su tesis obtuvieron como resultado que para la posta médica el sistema fotovoltaico tiene una potencia instalada de 5.94 kW y está compuesto por 18 paneles solares policristalinos de la marca ERA Solar de 330W 24V, 1 regulador de carga de la marca Blue solar de 250/100A, 24 baterías de la marca Ultracell tipo Frontal 12V

250Ah, 2 inversores de corriente de la marca Victron Energy Phoenix 48V 3000VA. En esta investigación se obtuvo una potencia instalada de 2 847 W y el sistema híbrido está conformado por 1 aerogenerador HDL 5 kW, 16 Paneles Solares policristalino ERA 200W 12V, 16 baterías Tensite AGM 150Ah 12V, 2 reguladores de carga SmartSolar MPPT Blue Solar 150V 35A y 1 Inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V.

Rufasto (2019) en su trabajo de investigación obtuvo que para la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén la demanda eléctrica es de 59 520 Wh/día, determinó que la radiación solar en el mes más desfavorable de 3.88 kWh/m²/día concluyendo que el costo de inversión fue de S/246,249.02. En esta tesis se determinó una demanda diaria de 10 040 Wh/día, con una irradiación en el más desfavorable de 4.09 kWh/m²/día con un costo de inversión de S/74,236.90.

Pérez y Delgado (2019) en su tesis obtuvieron que para el caserío Jaway el sistema fotovoltaico asilado está conformado por 80 Paneles policristalino Era Solar de 320Wp de 24V, 40 baterías TFSU - Power 12V, 5 reguladores MPPT - Victron de 100A y 1 inversor Must Solar 5000VA MPPT. Para la distribución de redes secundarias en 220V, se utilizó conductor CAAI 2×16/25. Concluyeron que el proyecto es viable economicamente con un costo de ejecución del proyecto de S/155,846.447, recuperándose la inversión en 15 años además se dejará de emitir al medio ambiente un total de 7.10 toneladas de CO₂. En este trabajo de investigación se determinó que el sistema híbrido está conformado por 1 aerogenerador HDL 5 kW, 16 Paneles Solares policristalino ERA 200W 12V, 16 baterías Tensite AGM 150Ah 12V, 2 reguladores de carga SmartSolar MPPT Blue Solar 150V 35A y 1 Inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V. Para la red secundaria de distribución se utilizó el conductor autoportante 2×16+16/25 con un costo de inversión de S/74,236.90, recuperándose la inversión en 19.67 años además que se dejará de emitir al medio ambiente 2.24 toneladas de CO₂.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La potencia total instalada es de 2 847 W y el consumo diario de energía es de 10 040 Wh/día.

La velocidad promedio mínima es de 5.37 Km/h correspondiente al mes de diciembre y una irradiación promedio mínima de 4.09 kWh/m²/día correspondiente al mes de febrero.

En el dimensionamiento de sistema híbrido, se requiere 1 aerogenerador HDL 5 kW, 16 Paneles Solares policristalino ERA 200W 12V, 1 controlador eólico, 2 controladores de carga MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON, 16 baterías Tensite AGM 150Ah 12V y 1 Inversor Must Solar 5kVA 4000W 48V.

Considerándose un proyecto de inversión por parte del estado en beneficio de los pobladores del caserío Poza Seca, el costo referencial del sistema híbrido eólico - solar junto con la red de distribución secundaria es de S/74,236.90.

Teniendo en cuenta que los pobladores del caserío Poza Seca tienen un consumo por debajo de 30 kWh por mes, estos estarán dentro del Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) por lo que cada vivienda pagaría un monto de S/14.98 mensuales por el suministro de servicio eléctrico.

El sistema híbrido eólico - solar es viable económicamente con un Valor Actual Neto de S/583.41 y una Tasa Interna de Retorno de 8.11 %.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda la implementación del sistema autónomo híbrido eólico - solar en el caserío Poza Seca, por ser una alternativa de solución eficiente, que genera energía eléctrica limpia, de manera confiable y económica.

El sistema también puede ser implementado en otras localidades o caseríos que presenten niveles de radiación y velocidad del viento aceptables considerando la potencia instalada y la energía eléctrica diaria requerida.

Se recomienda investigar otras alternativas de hibridación de energía para tener un complemento de dos fuentes de alimentación, como serían la biomasa y los biocarburantes, la hidráulica, la geotérmica, entre otras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J., Hontoria, L., y Muñoz, F. J. (2011). Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos. *Grupo Idea, Departamento de Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén*.
- Atlas Eólico del Perú. (2016). *SBC-05/PROSEMER-MINEM Estudio para aprovechamiento eólico con fines energéticos y actualización del atlas eólico del Perú*. Ministerio de Energía y Minas del Perú.
- Barroso, M., Ariel, M., y Leyva, G. (2017). Análisis crítico de la inversión en energías renovables. Enfoque socioeconómico. *Cofin Habana, 11(2)*, 69-90. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2073-60612017000200006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Canales, R. (2015). Criterios para la toma de decisión de inversiones. *REICE: Revista Electrónica De Investigación En Ciencias Económicas, 3(5)*, 101-117. <https://revistacienciaseconomicas.unan.edu.ni/index.php/REICE/article/view/74>
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., y Castro, M.-A. (2009). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Pearson Educación y la Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Castejón, A., y Santamaría, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Edites.
- Cruz, E. (2010). *Diseño y simulación del comportamiento de un sistema híbrido de potencia* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1448/IME_152.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cucó, S. (2017). *Manual de energía eólica desarrollo de proyectos e instalaciones*. Universidad Politécnica de València.
- Dammert, A., Molinelli, F., y Carbajal, M. (2011). *Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano*. Osinergmin.
- De la Cruz, M. (2019). *Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío el Higuierón en Salas en el departamento de Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8108/BC-4497%20DE%20LA%20CRUZ%20CAJO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, L. (2010). *Análisis energético de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el sector típico IV utilizando el método de series sintéticas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3588/Diaz%20Galinos.pdf?sequence=1#:~:text=Este%20sistema%20es%20aut%C3%B3nomo%20basado,zonas%20rurales%20o%20C3%A1reas%20aisladas>.
- Díaz, T., y Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. McGraw-Hill.

- Franco, J., y Aragón, G. (2010). *La focalización es relevante: propuesta de un esquema óptimo de subsidios al consumo eléctrico residencial e impactos sociales de su implementación*. Universidad del Pacífico.
- Grupo NAP. (2002). *Energía solar fotovoltaica*. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación.
- 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 pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8133>
- Hulshorst, W. (2009). *Manual práctico energía eólica*. Universidad Politécnica de Madrid.
- INEI. (2018). *Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1530/libro.pdf
- Ladrón, J. (2014). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. *Universidad Politécnica de Madrid, Madrid*.
- López, A., y Viteri, G. (2010). *Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/9a39cfe6-2da1-49dd-8ef5-30faade35807/D-CD90818.pdf>
- Merino, L. (2012). *Las Energías Renovables*. Iberdrola.
- Mete, M. R. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 7(7), 67-85.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=s2071-081x2014000100006&script=sci_arttext
- Ministerio de Economía y Finanzas . (2021). *Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2003). *Guía general de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública a nivel de perfil*. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Electrificación rural - Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos*. Dirección General de Política de Inversiones.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Nota técnica para el uso de los precios sociales en la evaluación social de proyectos de inversión*. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones.
- Ministerio de Energía y Minas. (2003). *Norma DGE "Alumbrado de vías públicas en áreas rurales"*. Dirección General de Electricidad.

- Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural*. Dirección General de Electricidad.
- Ministerio de Energía y Minas. (2003). *Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural*. Dirección General de Electricidad.
- Moragues, J., y Rapallini, A. (2003). *Energía eólica*. Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”.
- Morales, E. (2009). *Proyección de la demanda eléctrica de Emelsucumbíos basada en una metodología estandarizada y diferentes software de pronósticos* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1104/1/CD-2593.pdf>
- Mur, J. (2001). *Curso energía eólica*. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza.
- Orellana, I., y Quimis, G. (2015). Dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de generación distribuida aislada de la red para autoconsumo con almacenamiento de energía en una vivienda unifamiliar de la provincia del guayas y análisis de viabilidad técnica y económica.
- Osinermin. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf
- Osinermin. (s.f.). *Energía eólica*. Organismo supervisor de la inversión en energía y minería: <https://www.osinermin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica/que-es-la-energia-eolica>
- Osinermin. (s.f.). *Energía solar*. Organismo supervisor de la inversión en energía y minería: <https://www.osinermin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar/que-es-la-energia-solar>
- Palacios, P. (2019). *Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe – Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35911>
- Peredo, E. (2019). *Diseño de un sistema de generación híbrido eólico solar para la electrificación rural al caserío Inneche del Distrito de Morrope Provincia y Departamento de Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8212>
- Pérez, D. (2008). *Procedimiento de mantenimiento y calibración de estación radiométrica*. Universidad de Sevilla. <http://bibing.us.es/proyectos/buscar/procedimiento+de+mantenimiento+y+calibraci>

on+de+estacion+radiometrica+/en/todo/and//en/todo/limitado_a/todos/entre/1970/y/2020///1

- Pérez, D., y Delgado, J. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, distrito y provincia Jaén - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/67>
- Pérez, M., Morales, I., y Castro, E. (2017). The hour equivalent solar pick: Definition and interpretation. *Ingeniería Energética*, 38(2), 124-131. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012017000200007&script=sci_arttext&tlng=en
- Perpiñán, O. (2013). *Energía solar fotovoltaica*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Pinilla, A. (1997). *Manual de aplicación de energía eólica*. Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA).
- Ponce, C., García, L., Ñeco, R., y Valenzuela, R. (2014). *Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua*. Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Portoviejo, J. (2017). *Análisis de factibilidad para la implementación de sistemas híbridos (Eólico-fotovoltaico) en las inmediaciones del centro patrimonial de Quingeo y zona arqueológica Curiquinga* [Trabajo de pregrado, Universidad Católica de Cuenca]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7949>
- Quinzo, L. (2019). *Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo "Cancha Sho" en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil* [Trabajo de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12527>
- Ramírez, C., Ponce, C., Ñeco, R., García, L., y Hernández, M. (2016). Dimensionado de una estación para carga de dispositivos móviles a base de energía solar fotovoltaica. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnología*, 13(59), 265-272.
- Rufasto, J. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/49>
- Sapag, N., Sapag, R., y Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill.
- Serrano, J. (2013). Comparación de métodos para determinar los parámetros de Weibull para la generación de energía eólica. *Scientia et Technica*, 18(2), 315-320.
- Suárez, N. (2021). *Diseño de un aerogenerador eólico para cubrir la demanda eléctrica al laboratorio de ingeniería mecánica y eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén*

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/162>

Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, 2(1), 142-160.

Ventura, E., y Delgado, L. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la demanda eléctrica de la posta médica, centro poblado Urakusa provincia Condorcanqui, Amazonas - Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/215>

AGRADECIMIENTO

A todos quienes me apoyaron de manera directa e indirecta para llegar al cumplimiento de esta meta anhelada que es mi título profesional, a través de este trabajo de tesis, con honor y orgullo expreso mi agradecimiento:

A Dios por darme la voluntad y la fuerza para levantarme de los tropiezos de cada día de mi vida para seguir adelante en todo este proceso de realización personal y profesional.

A toda mi familia y amigos por ser un apoyo constante en todo este tiempo.

A la Universidad Nacional de Jaén por darme las pautas, el programa de estudio, por tener profesionales que nos brindan buena calidad educativa.

A la carrera profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, a mis docentes, por cada una de sus enseñanzas compartidas en el transcurso de toda la carrera.

A mis asesores Ricardo Angel Shimabuku Ysa y Jannier Alberto Montenegro Juárez por su apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos y experiencias en la realización del presente trabajo de investigación.

Les estaré eternamente agradecido...

DEDICATORIA

A mi madre, Adelinda, por su amor, dedicación, esfuerzo y trabajo en todos estos años, por guiarme siempre y ser quien más me apoyó en los momentos difíciles.

A mis hermanas Lizbeth y Leslie, por siempre motivarme y brindarme su cariño.

Jhan Carlos Gonzales Diaz

A mis padres, Justino y Alcidia, quienes me formaron con buenos valores, me brindaron su apoyo constante en todo este proceso y por su paciencia, amor, respeto, que son el sustento para poder alcanzar mis objetivos y metas a realizar.

A mis hermanos, con el propósito de enseñarles que el sacrificio de nuestro día a día tiene su recompensa, como es alcanzar mi título profesional.

Keyber Yober Castillo Garcia

ANEXOS

ANEXO N° 1. METRADO Y PRESUPUESTO

ANEXO N° 2. DATOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

ANEXO N° 3. FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR

ANEXO N° 4. FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR

ANEXO N° 5. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR

ANEXO N° 6. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA

ANEXO N° 7. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR

ANEXO N° 8. FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR

ANEXO N° 9. SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR

ANEXO N° 10. LÁMINAS DE DETALLE DE LA RED SECUNDARIA 220 V

ANEXO N° 11. PRECIOS DE PRINCIPALES EQUIPOS

ANEXO N° 12. PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO N° 1. METRADO Y PRESUPUESTO

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER
LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA**

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

<u>ÍTEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRESUPUESTO</u>
I	PLANTA EÓLICA - SOLAR	46,810.10
1.10	Suministro de Materiales	41,794.73
1.20	Transporte de Materiales	2,925.63
1.30	Montaje e Instalación de Componentes de Planta Eólica - Solar	2,089.74
II	RED SECUNDARIA	23,891.71
2.10	Suministro de Materiales	13,732.51
2.20	Transporte de Materiales	1,373.25
2.30	Montaje Electromecánico	8,785.95
	Costo directo	70,701.81
	Gastos Generales	3,535.09
	Subtotal	74,236.90
	TOTAL PRESUPUESTO	S/74,236.90

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

I. PLANTA EÓLICA - SOLAR

1.10 Suministro de Materiales

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>PRESUPUESTO</u>
1.00	AEROGENERADOR				
1.01	AEROGENERADOR HDL 5 kW	u	7215.00	1.00	7215.00
1.02	TORRE DE 15 m + REGULADOR EÓLICO	u	4884.00	1.00	4884.00
					12099.00
2.00	FLETES				
2.01	FLETES	Glb	2188.23	1.00	2188.23
					2188.23
3.00	PANELES				
3.01	PANELES ERA	u	410.16	16.00	6562.56
3.02	ESTRUCTURA DE PANELES	u	456.09	8.00	3648.72
					10211.28
4.00	REGULADOR				
4.01	REGULADORES	u	1250.00	2.00	2500.00
					2500.00
5.00	BATERÍA				
5.01	BATERÍAS	u	725.35	16.00	11605.60
					11605.60
6.00	INVERSOR				
6.01	INVERSOR	u	2690.62	1.00	2690.62
					2690.62
7.00	ACCESORIOS				
7.01	ACCESORIOS	Glb	500.00	1.00	500.00
					500.00
	TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				S/41794.73

1.20 Transporte de materiales

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>TOTAL</u>
1.00	TRANSPORTE DE MATERIALES				
1.01	TRANSPORTE DE MATERIALES (7% DEL SUMINISTRO)	Glb	2925.63	1.00	2925.63
					2925.63
	TOTAL TRANSPORTE DE MATERIALES				S/2925.63

1.30 Montaje e Instalación de Componentes de Planta Eólica - Solar

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>TOTAL</u>
1.00	MONTAJE E INSTALACIÓN DE COMPONENTES DE PLANTA EÓLICA - SOLAR				
1.01	MONTAJE E INSTALACIÓN DE COMPONENTES DE PLANTA EÓLICA - SOLAR	Glb	2089.74	1.00	2089.74
					2089.74
	TOTAL MONTAJE E INSTALACIÓN DE COMPONENTES DE PLANTA EÓLICA - SOLAR				S/2089.74

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

II. RED SECUNDARIA

2.10 Suministro de materiales

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>PRESUPUESTO</u>
1.00	POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO				
1.01	POSTE DE C.A.C. DE 8 m/300 daN/150mm/270mm (INCLUYE PERILLA)	u	371.00	7.00	2,597.00
					2,597.00
2.00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO				
2.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16 + 1X16/25 mm ²	km	6,000.00	0.23	1,392.63
					1,392.63
3.00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				
3.01	GRAPA DE ANCLAJE CONICA PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 mm ²	u	5.42	14.00	75.88
3.02	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al-25mm ² /Cu-10 mm ² , para Neutro Aislado, Cuña tipo II	u	4.73	2.00	9.46
3.03	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al-25mm ² /Cu-10 mm ² , para Fase Aislada, Cuña tipo II.	u	4.73	1.00	4.73
3.04	CONECTOR PARA Al-16mm ² /Al-16mm ² , para Fase Aislada, Cuña tipo II.	u	4.73	1.00	4.73
3.05	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	4.73	41.00	193.93
3.06	CINTA VULCANIZANTE	m	1.12	1.60	1.79
3.07	CINTA AISLANTE VINILICA	m	1.20	1.60	1.92
					292.44
4.00	CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE				
4.01	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, TIPO N2XY, TRIPOLAR, 3 X 10 mm ² , CUBIERTA NEGRA	m	10.75	2.50	26.88
4.02	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x2,5 mm ²	m	4.07	9.00	36.63
4.03	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm ² CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	2.59	260.00	673.40
4.04	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 35 mm ²	m	10.00	22.00	220.00
					956.91
5.00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				
5.01	PASTORAL PARABOLICO DE A°G° PP / 1.1/ 1.5 / 38.1 / 15°	u	55.00	3.00	165.00
5.02	ABRAZADERA PARTIDA A°G° DE 51 mmX5 mm X 152 mmØ. PARA POSTES DE CAC DE BT.	jgo	29.78	3.00	89.34
5.03	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LÁMPARA LED DE 50 W	u	64.00	3.00	192.00
5.04	LÁMPARA LED DE 50 W	u	39.00	3.00	117.00
5.05	CONECTOR BIMETÁLICO PARA AL 25 mm ² / Cu 2,5 mm ² , PARA NEUTRO FORRADO, CUÑA TIPO III	u	1.96	3.00	5.88
5.06	CONECTOR BIMETALICO PARA AL 16 mm ² / Cu 2,5 mm ² , PARA FASE AISLADA, CUÑA TIPO IV	u	5.25	3.00	15.75
5.07	CINTA VULCANIZANTE	m	1.12	2.70	3.02
5.08	CINTA AISLANTE VINILICA	m	1.20	2.70	3.24
					419.97
6.00	RETENIDAS Y ANCLAJES				
6.01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, 10 mm Ø, 7 HILOS	m	3.89	45.00	175.05
6.02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm Ø x 254 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	7.12	5.00	35.60

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

6.03	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA. Y CTCA. EN EL OTRO	u	37.38	5.00	186.90
6.04	ARANDELA DE ANCLAJE DE ACERO DE 102 x102 x5 mm, AGUJ.18 mm Ø	u	3.20	5.00	16.00
6.05	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57x5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	1.10	10.00	11.00
6.06	ALAMBRE DE ACERO N° 16; PARA ENTORCHADO	m	0.39	15.00	5.85
6.07	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	35.23	5.00	176.15
6.08	AISLADOR DE PORCELANA DE TRACCION, CLASE ANSI 54-2	u	11.00	5.00	55.00
6.09	CONECTOR BIMETÁLICO PARA AL 25 mm2 Y COBRE DE 35 mm2, TIPO CUÑA	u	5.40	5.00	27.00
6.10	GUARDA CABLE DE A°G° DE 2mm x 2.40m con Pernos, Seguro y Tuerca	u	1.55	5.00	7.75
					696.30
7.00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS				
7.01	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø x 305 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	4.11	7.00	28.77
7.02	PERNO CON OJAL, DE A°G°, DE 16 mm Ø x 254 mm PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	8.24	10.00	82.40
7.03	PERNO CON OJAL, DE A°G°, DE 16 mm Ø x 305 mm PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	8.96	1.00	8.96
7.04	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mmØ	u	6.47	3.00	19.41
7.05	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA	m	5.39	1.00	5.39
7.06	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	1.10	22.00	24.20
7.07	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 440-220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u	81.18	1.00	81.18
7.08	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 380-220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u	4.44	1.00	4.44
7.09	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø.	u	7.71	7.00	53.97
					308.72
8.00	PUESTA A TIERRA				
8.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	41.94	2.00	83.88
8.02	CONECTOR BIMETALICO PARA Al-25mm2/Cu-35mm2 CUÑA TIPO I	u	0.15	2.00	0.30
8.03	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE DE 35 mm ²	u	19.57	2.00	39.14
8.04	CAJA REGISTRO DE CONCRETO PARA PUESTA A TIERRA DE 396mmØ X 300 mm; CON ASA Y TAPA	u	4.52	2.00	9.04
8.05	BENTONITA SODICA DE 30Kg	Bol.	26.50	4.00	106.00
8.06	TUBO DE PVC 19 mm DIAMETRO x 3.00 m Longitud.	u	8.00	2.00	16.00
8.07	CINTA VULCANIZANTE	m	10.00	0.90	9.00
8.08	CINTA AISLANTE VINILICA	m	3.20	0.90	2.88
					266.24
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
9.01	TUBO BASTON DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19 mm Ø x 1,5 mm x 4,5 m	u	22.22	8.00	177.76
9.02	TUBO BASTON DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19 mm Ø x 1,5 mm x 6,0 m	u	32.91	4.00	131.64
9.03	TUBO BASTON DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 38 mm Ø x 1,5 mm x 4,5 m, para Muretes	u	48.07	1.00	48.07
9.04	ARMELLA TIRAFONDO DE 10 mm Ø x 64 mm DE LONGITUD	u	0.22	11.00	2.42

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

9.05	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x 50 mm	u	0.39	11.00	4.29
9.06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² / Cu 4 mm ² , PARA NEUTRO FORRADO, CUÑA TIPO III	u	5.25	12.00	63.00
9.07	CONECTOR BIMETALICO PARA Al 25 mm ² / Cu 4 mm ² , PARA FASE AISLADA, CUÑA TIPO III	u	1.69	12.00	20.28
9.08	TEMPLADOR DE A°G°	u	0.15	24.00	3.60
9.09	CORREA PLASTICA AMARRE COLOR NEGRO	u	106.76	48.00	5,124.48
9.10	CAJA PORTAMEDIDOR POLIMERICA, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE 2X16A, 6kA	u	41.23	12.00	494.76
9.11	MEDIDOR MONOFÁSICO TIPO ELECTRONICO CON MICROPROCESADOR DE 220V; 2 HILOS, 10(40)A, 60Hz, CLASE I	u	54.50	12.00	654.00
9.12	CINTA VULCANIZANTE	u	32.00	2.40	76.80
9.13	CINTA AISLANTE VINILICA	u	0.50	2.40	1.20
					6,802.30

TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES

S/13,732.51

2.20 Transporte de materiales

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>TOTAL</u>
1.00	TRANSPORTE DE MATERIALES				
1.01	TRANSPORTE DE MATERIALES (10% DEL SUMINISTRO)	Glb	1373.25	1	1,373.25
					1,373.25

TOTAL TRANSPORTE DE MATERIALES

S/1,373.25

2.30 Montaje electromecánico

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>P.U</u>	<u>METRADO</u>	<u>TOTAL</u>
1.00	OBRAS PRELIMINARES				
1.01	REPLANTEO TOPOGRÁFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE REDES SECUNDARIAS.	Loc.	212.58	1.00	212.58
					212.58
2.00	TRANSPORTE DE SUMINISTROS A PUNTO DE INSTALACIÓN				
2.02	TRANSPORTE DE POSTE DE 8 m/300 daN DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	333.55	7.00	2,334.85
3.00	INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO				
3.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (ARCILLOSO Y CONGLOMERADO)	m3	6.00	3.80	22.80
3.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (ROCOZO)	m3	64.99	0.42	27.44
3.03	IZAJE, IDENTIFICACIÓN Y/O CODIFICACIÓN, Y SEÑALIZACIÓN DE POSTE DE 8 m*	u	57.20	7.00	400.40
3.04	CIMENTACIÓN CON CONCRETO CICLÓPEO PARA POSTE DE 8 m	m3	143.86	2.14	307.40
					3,092.89
4.00	INSTALACIÓN DE RETENIDAS				
4.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m3	50.32	6.38	321.09
4.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m3	333.55	0.71	236.49
4.03	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	u	46.98	5.00	234.90

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

Universidad Nacional de Jaén

Ubicación Cajamarca - Cutervo - Callayuc

Tesistas Jhan Carlos Gonzales Diaz

Keyber Yober Castillo Garcia

4.04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA INCLINADA Y/O VERTICAL	m3	56.12	6.79	381.05
					1,173.53
5.00	MONTAJE DE ARMADOS				
5.01	ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	14.89	6.00	89.34
5.02	ARMADO TIPO E4, CON CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDA	u	24.60	1.00	24.60
5.03	ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	27.85	2.00	55.70
					169.64
6.00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES				
6.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16 + 1X16/25 mm ²	km	877.41	0.23	203.65
					203.65
7.00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA				
7.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m3	50.32	2.53	127.48
7.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m3	333.55	0.28	93.89
7.03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1	u	23.14	2.00	46.28
7.04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 CON MATERIAL ADECUADO	m3	27.17	2.81	76.48
					344.13
8.00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS				
8.01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A°G° EN POSTES DE BT Y/O MT	u	29.77	3.00	89.31
8.02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA, LÁMPARA Y ACCESORIOS	u	15.12	3.00	45.36
					134.67
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
9.01	CONEXIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS, CONFIGURACIÓN CORTA, INCLUYE INSTALACION DE CAJA PORTAMEDIDOR	u	111.50	7.00	780.50
9.02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, CONFIGURACIÓN LARGA, INCLUYE INSTALACION DE CAJA PORTAMEDIDOR	u	56.99	4.00	227.96
9.03	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFASICO DE ENERGIA ACTIVA - ELECTRONICO	u	15.00	12.00	180.00
9.04	INSTALACIÓN DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGIA ACTIVA, INCLUYE INSTALACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		257.00	12.00	3,084.00
9.05	INSTALACION DE MURETE DE CONCRETO DE 1,80X0,30X0,25, INCLUYE BASE DE 0,30X0,50X0,50, SEGÚN LAMINA DETALLE	u	180.00	1.00	180.00
					1,188.46
10.00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:				
10.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE REDES SECUNDARIAS	Loc	384.40	1.00	384.40
10.02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA Y DE CONCESIÓN RURAL DE REDES SECUNDARIAS (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DEL EXPEDIENTE EN UN CD	Loc	500.00	1.00	500.00
					384.40
	TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO				S/8,785.95

ANEXO N° 2. DATOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
1/12/2020	01:00	172	0.7	0.80
1/12/2020	02:00	130	0.4	0.46
1/12/2020	07:00	76	0	0.00
1/12/2020	08:00	69	0	0.00
1/12/2020	09:00	85	0.6	0.69
1/12/2020	11:00	46	1.8	2.07
1/12/2020	13:00	292	0	0.00
1/12/2020	14:00	153	1	1.15
1/12/2020	15:00	212	1	1.15
1/12/2020	16:00	143	0.8	0.92
1/12/2020	18:00	282	2.7	3.10
1/12/2020	20:00	280	0.6	0.69
1/12/2020	21:00	278	0.3	0.34
1/12/2020	23:00	S/D	0	0.00
2/12/2020	02:00	178	0.6	0.69
2/12/2020	07:00	155	0.8	0.92
2/12/2020	09:00	103	0	0.00
2/12/2020	10:00	206	3.2	3.68
2/12/2020	13:00	51	2.8	3.22
2/12/2020	18:00	234	1.4	1.61
2/12/2020	21:00	228	1.9	2.18
2/12/2020	22:00	236	1.1	1.26
3/12/2020	00:00	235	0.5	0.57
3/12/2020	02:00	251	1.1	1.26
3/12/2020	03:00	310	0.2	0.23
3/12/2020	05:00	191	0.2	0.23
3/12/2020	06:00	311	1.1	1.26
3/12/2020	10:00	115	1.8	2.07
3/12/2020	11:00	125	2.1	2.41
3/12/2020	12:00	92	2.2	2.53
3/12/2020	13:00	1	2.1	2.41
3/12/2020	14:00	15	1.9	2.18
3/12/2020	16:00	71	2.9	3.33
3/12/2020	17:00	104	1.2	1.38
3/12/2020	18:00	10	0.4	0.46
3/12/2020	20:00	42	1.9	2.18
4/12/2020	02:00	163	0.5	0.57
4/12/2020	03:00	50	1.4	1.61
4/12/2020	04:00	65	1.7	1.95
4/12/2020	05:00	58	0.4	0.46
4/12/2020	06:00	67	0.9	1.03
4/12/2020	08:00	70	0.4	0.46
4/12/2020	09:00	14	1.7	1.95

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
4/12/2020	11:00	17	1.1	1.26
4/12/2020	12:00	7	1.6	1.84
4/12/2020	14:00	34	1.2	1.38
4/12/2020	16:00	3	3.3	3.79
4/12/2020	20:00	33	1.6	1.84
4/12/2020	21:00	36	1	1.15
4/12/2020	23:00	38	0.9	1.03
5/12/2020	01:00	75	1.3	1.49
5/12/2020	03:00	96	0.7	0.80
5/12/2020	04:00	92	0.8	0.92
5/12/2020	08:00	66	0.2	0.23
5/12/2020	09:00	56	2	2.30
5/12/2020	10:00	S/D	3.6	4.14
5/12/2020	11:00	117	0.4	0.46
5/12/2020	12:00	38	1.8	2.07
5/12/2020	13:00	1	2.9	3.33
5/12/2020	15:00	S/D	1.6	1.84
5/12/2020	16:00	65	2.4	2.76
5/12/2020	18:00	58	2.6	2.99
5/12/2020	19:00	90	0.3	0.34
5/12/2020	20:00	6	0.2	0.23
5/12/2020	21:00	S/D	0.2	0.23
6/12/2020	00:00	57	1	1.15
6/12/2020	01:00	78	2.1	2.41
6/12/2020	02:00	34	1.4	1.61
6/12/2020	03:00	59	0	0.00
6/12/2020	04:00	35	2.1	2.41
6/12/2020	05:00	45	1	1.15
6/12/2020	06:00	83	0.3	0.34
6/12/2020	07:00	39	0.9	1.03
6/12/2020	08:00	111	0.7	0.80
6/12/2020	10:00	58	2.9	3.33
6/12/2020	13:00	24	4.1	4.71
6/12/2020	14:00	334	2.9	3.33
6/12/2020	15:00	33	3.4	3.91
6/12/2020	16:00	25	3.4	3.91
6/12/2020	19:00	108	0.8	0.92
6/12/2020	23:00	21	0.4	0.46
7/12/2020	00:00	21	2.3	2.64
7/12/2020	01:00	162	0.6	0.69
7/12/2020	02:00	47	0.2	0.23
7/12/2020	07:00	42	2.3	2.64
7/12/2020	08:00	115	1.5	1.72

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
7/12/2020	11:00	6	1.2	1.38
7/12/2020	12:00	35	1.7	1.95
7/12/2020	15:00	130	0.6	0.69
7/12/2020	16:00	351	0.7	0.80
7/12/2020	17:00	37	1	1.15
7/12/2020	20:00	52	0.4	0.46
7/12/2020	21:00	120	0.1	0.11
7/12/2020	23:00	47	1.4	1.61
8/12/2020	00:00	162	0.8	0.92
8/12/2020	01:00	174	0	0.00
8/12/2020	02:00	116	0	0.00
8/12/2020	03:00	185	0.6	0.69
8/12/2020	04:00	17	1.4	1.61
8/12/2020	05:00	69	0.6	0.69
8/12/2020	07:00	53	1.5	1.72
8/12/2020	09:00	4	0.6	0.69
8/12/2020	10:00	35	0.8	0.92
8/12/2020	14:00	60	0.8	0.92
8/12/2020	16:00	157	2.1	2.41
8/12/2020	17:00	183	1.4	1.61
8/12/2020	18:00	160	1.2	1.38
8/12/2020	23:00	113	0	0.00
9/12/2020	00:00	35	0.5	0.57
9/12/2020	02:00	313	0.8	0.92
9/12/2020	03:00	261	0	0.00
9/12/2020	05:00	162	0	0.00
9/12/2020	06:00	98	0	0.00
9/12/2020	07:00	55	1.4	1.61
9/12/2020	08:00	42	2.7	3.10
9/12/2020	11:00	51	1.5	1.72
9/12/2020	13:00	S/D	2.5	2.87
9/12/2020	15:00	340	0.9	1.03
9/12/2020	17:00	324	0.6	0.69
9/12/2020	20:00	81	0.4	0.46
9/12/2020	23:00	201	0.8	0.92
10/12/2020	01:00	113	0.4	0.46
10/12/2020	02:00	155	0	0.00
10/12/2020	04:00	261	0	0.00
10/12/2020	06:00	14	0	0.00
10/12/2020	09:00	30	1.8	2.07
10/12/2020	11:00	50	1.3	1.49
10/12/2020	12:00	264	0.4	0.46
10/12/2020	14:00	189	1.7	1.95

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
10/12/2020	16:00	176	2.1	2.41
10/12/2020	17:00	86	0.2	0.23
10/12/2020	18:00	212	2.3	2.64
10/12/2020	21:00	229	1.3	1.49
10/12/2020	23:00	222	0.4	0.46
11/12/2020	01:00	186	0.5	0.57
11/12/2020	03:00	S/D	0.8	0.92
11/12/2020	04:00	215	1	1.15
11/12/2020	05:00	111	0.1	0.11
11/12/2020	07:00	128	2.7	3.10
11/12/2020	09:00	72	1.7	1.95
11/12/2020	10:00	136	1	1.15
11/12/2020	12:00	84	1.4	1.61
11/12/2020	13:00	1	2.7	3.10
11/12/2020	14:00	51	1.8	2.07
11/12/2020	15:00	41	1.3	1.49
11/12/2020	17:00	198	0.6	0.69
11/12/2020	21:00	340	0.4	0.46
11/12/2020	22:00	277	0.7	0.80
11/12/2020	23:00	26	1.2	1.38
12/12/2020	04:00	32	1.1	1.26
12/12/2020	05:00	52	0	0.00
12/12/2020	07:00	37	0.1	0.11
12/12/2020	11:00	96	1	1.15
12/12/2020	12:00	30	1.9	2.18
12/12/2020	15:00	25	2.7	3.10
12/12/2020	16:00	45	1.2	1.38
12/12/2020	17:00	310	1.9	2.18
12/12/2020	18:00	157	0	0.00
12/12/2020	20:00	127	0.7	0.80
12/12/2020	22:00	62	1.4	1.61
13/12/2020	01:00	34	1.4	1.61
13/12/2020	04:00	39	1.5	1.72
13/12/2020	05:00	76	0.9	1.03
13/12/2020	09:00	114	1.4	1.61
13/12/2020	13:00	59	1.1	1.26
13/12/2020	15:00	0	3.9	4.48
13/12/2020	17:00	110	0.6	0.69
13/12/2020	18:00	61	2	2.30
13/12/2020	20:00	350	0.7	0.80
14/12/2020	00:00	107	0.7	0.80
14/12/2020	01:00	72	0.5	0.57
14/12/2020	06:00	64	2.1	2.41

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
14/12/2020	07:00	63	1.5	1.72
14/12/2020	08:00	6	0.8	0.92
14/12/2020	13:00	345	1.5	1.72
14/12/2020	14:00	22	3.3	3.79
14/12/2020	17:00	63	2.3	2.64
14/12/2020	18:00	152	1	1.15
14/12/2020	20:00	52	1	1.15
14/12/2020	21:00	53	1.2	1.38
14/12/2020	22:00	32	0	0.00
14/12/2020	23:00	53	1.4	1.61
15/12/2020	00:00	157	0	0.00
15/12/2020	01:00	40	1.1	1.26
15/12/2020	02:00	19	0.4	0.46
15/12/2020	05:00	40	0.5	0.57
15/12/2020	06:00	75	0.3	0.34
15/12/2020	07:00	2	0.7	0.80
15/12/2020	08:00	84	2.1	2.41
15/12/2020	10:00	16	1.7	1.95
15/12/2020	19:00	79	0	0.00
15/12/2020	20:00	103	0.3	0.34
15/12/2020	21:00	62	1.7	1.95
15/12/2020	22:00	135	1.3	1.49
15/12/2020	23:00	64	1.4	1.61
16/12/2020	00:00	117	0.7	0.80
16/12/2020	02:00	48	0.7	0.80
16/12/2020	04:00	40	1.1	1.26
16/12/2020	05:00	32	1.2	1.38
16/12/2020	07:00	0	1	1.15
16/12/2020	08:00	65	0	0.00
16/12/2020	10:00	112	0.2	0.23
16/12/2020	11:00	40	1	1.15
16/12/2020	12:00	43	1.4	1.61
16/12/2020	14:00	352	2.3	2.64
16/12/2020	15:00	343	1.6	1.84
16/12/2020	16:00	24	1.5	1.72
16/12/2020	17:00	35	2.3	2.64
16/12/2020	19:00	S/D	3.6	4.14
16/12/2020	21:00	5	1.5	1.72
16/12/2020	22:00	54	1.8	2.07
16/12/2020	23:00	51	0.5	0.57
17/12/2020	00:00	70	0.6	0.69
17/12/2020	03:00	136	0.2	0.23
17/12/2020	04:00	117	0	0.00

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
17/12/2020	05:00	78	0.9	1.03
17/12/2020	06:00	92	0.6	0.69
17/12/2020	07:00	102	0.9	1.03
17/12/2020	08:00	55	2.4	2.76
17/12/2020	12:00	100	3	3.45
17/12/2020	14:00	46	3.6	4.14
17/12/2020	15:00	S/D	5.3	6.09
17/12/2020	16:00	37	3.6	4.14
17/12/2020	17:00	44	3.4	3.91
17/12/2020	19:00	47	0.9	1.03
17/12/2020	20:00	25	0.9	1.03
17/12/2020	22:00	342	0.9	1.03
17/12/2020	23:00	134	0.4	0.46
18/12/2020	03:00	115	0.2	0.23
18/12/2020	04:00	47	0.1	0.11
18/12/2020	05:00	71	1	1.15
18/12/2020	06:00	49	1.3	1.49
18/12/2020	07:00	66	0	0.00
18/12/2020	08:00	57	1.7	1.95
18/12/2020	10:00	114	0.5	0.57
18/12/2020	11:00	81	2.8	3.22
18/12/2020	12:00	28	0.3	0.34
18/12/2020	13:00	50	2.3	2.64
18/12/2020	14:00	61	1.7	1.95
18/12/2020	15:00	15	3.5	4.02
18/12/2020	16:00	17	1.5	1.72
18/12/2020	17:00	354	4.2	4.82
18/12/2020	18:00	9	1.4	1.61
18/12/2020	19:00	137	0.8	0.92
18/12/2020	20:00	54	0.7	0.80
18/12/2020	21:00	54	0	0.00
18/12/2020	22:00	46	1.2	1.38
19/12/2020	02:00	3	0	0.00
19/12/2020	07:00	36	0.8	0.92
19/12/2020	08:00	22	2.1	2.41
19/12/2020	09:00	63	0.9	1.03
19/12/2020	10:00	51	2.4	2.76
19/12/2020	11:00	354	1.8	2.07
19/12/2020	12:00	146	0.6	0.69
19/12/2020	15:00	213	1	1.15
19/12/2020	16:00	15	4.3	4.94
19/12/2020	20:00	157	0	0.00
20/12/2020	00:00	257	0	0.00

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
20/12/2020	05:00	169	0.4	0.46
20/12/2020	08:00	54	1.1	1.26
20/12/2020	09:00	92	1	1.15
20/12/2020	16:00	31	1.4	1.61
20/12/2020	17:00	60	2.1	2.41
20/12/2020	18:00	67	1.4	1.61
20/12/2020	19:00	100	0.5	0.57
20/12/2020	23:00	46	0.4	0.46
21/12/2020	01:00	27	1.5	1.72
21/12/2020	04:00	76	1.4	1.61
21/12/2020	05:00	S/D	0.4	0.46
21/12/2020	07:00	22	2.1	2.41
21/12/2020	12:00	27	2.2	2.53
21/12/2020	14:00	53	1.6	1.84
21/12/2020	18:00	68	1	1.15
21/12/2020	22:00	42	0.7	0.80
21/12/2020	23:00	82	2.4	2.76
22/12/2020	00:00	37	1.4	1.61
22/12/2020	01:00	70	1.6	1.84
22/12/2020	02:00	49	0.4	0.46
22/12/2020	04:00	25	0.8	0.92
22/12/2020	06:00	102	0.2	0.23
22/12/2020	07:00	161	0.2	0.23
22/12/2020	09:00	18	1.5	1.72
22/12/2020	10:00	350	1.4	1.61
22/12/2020	12:00	131	0.5	0.57
22/12/2020	13:00	155	0	0.00
22/12/2020	15:00	67	0.5	0.57
22/12/2020	17:00	354	1.4	1.61
22/12/2020	18:00	33	0.6	0.69
22/12/2020	19:00	46	1.2	1.38
22/12/2020	20:00	30	2.2	2.53
22/12/2020	21:00	19	1.3	1.49
22/12/2020	22:00	16	1.1	1.26
22/12/2020	23:00	34	0.9	1.03
23/12/2020	03:00	40	0.5	0.57
23/12/2020	04:00	95	0.7	0.80
23/12/2020	05:00	63	1.1	1.26
23/12/2020	06:00	62	0.6	0.69
23/12/2020	07:00	9	0.7	0.80
23/12/2020	08:00	49	1.6	1.84
23/12/2020	09:00	70	1.1	1.26
23/12/2020	10:00	43	0.3	0.34

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
23/12/2020	12:00	145	0	0.00
23/12/2020	13:00	80	0.6	0.69
23/12/2020	14:00	52	1.5	1.72
23/12/2020	15:00	80	0.1	0.11
23/12/2020	16:00	13	2.3	2.64
23/12/2020	17:00	87	1.2	1.38
23/12/2020	18:00	22	1.9	2.18
23/12/2020	19:00	83	0.1	0.11
23/12/2020	20:00	67	0	0.00
23/12/2020	21:00	109	0.4	0.46
23/12/2020	22:00	303	0.2	0.23
24/12/2020	01:00	260	0	0.00
24/12/2020	02:00	215	0	0.00
24/12/2020	04:00	72	0	0.00
24/12/2020	05:00	150	0	0.00
24/12/2020	07:00	129	0	0.00
24/12/2020	08:00	40	1.8	2.07
24/12/2020	09:00	102	0.8	0.92
24/12/2020	10:00	41	2.5	2.87
24/12/2020	11:00	72	0	0.00
24/12/2020	12:00	27	1.5	1.72
24/12/2020	13:00	88	1.5	1.72
24/12/2020	17:00	126	1.2	1.38
24/12/2020	18:00	139	1.3	1.49
24/12/2020	19:00	64	1	1.15
24/12/2020	20:00	349	0.7	0.80
24/12/2020	21:00	74	0.5	0.57
24/12/2020	22:00	87	1.4	1.61
25/12/2020	00:00	42	0.2	0.23
25/12/2020	01:00	161	1	1.15
25/12/2020	02:00	187	0.5	0.57
25/12/2020	04:00	132	0.5	0.57
25/12/2020	05:00	48	0	0.00
25/12/2020	06:00	87	0	0.00
25/12/2020	09:00	102	1.5	1.72
25/12/2020	10:00	0	1.2	1.38
25/12/2020	11:00	20	1.6	1.84
25/12/2020	16:00	S/D	3.6	4.14
25/12/2020	17:00	258	2.8	3.22
25/12/2020	19:00	226	2.7	3.10
25/12/2020	20:00	272	2.8	3.22
25/12/2020	21:00	242	2.3	2.64
25/12/2020	22:00	220	2.1	2.41

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
26/12/2020	00:00	253	2.3	2.64
26/12/2020	01:00	266	1.8	2.07
26/12/2020	03:00	258	2.2	2.53
26/12/2020	04:00	252	2.4	2.76
26/12/2020	07:00	248	1.6	1.84
26/12/2020	08:00	280	2.7	3.10
26/12/2020	10:00	244	3.7	4.25
26/12/2020	16:00	251	2.2	2.53
26/12/2020	19:00	248	1	1.15
26/12/2020	20:00	236	2	2.30
26/12/2020	21:00	220	3.5	4.02
27/12/2020	00:00	244	3.3	3.79
27/12/2020	01:00	243	2.4	2.76
27/12/2020	02:00	263	4.7	5.40
27/12/2020	03:00	277	3.1	3.56
27/12/2020	04:00	271	2.8	3.22
27/12/2020	06:00	252	3.2	3.68
27/12/2020	08:00	235	1.5	1.72
27/12/2020	09:00	235	2.8	3.22
27/12/2020	10:00	178	0.7	0.80
27/12/2020	12:00	230	1.4	1.61
27/12/2020	13:00	241	3.2	3.68
27/12/2020	14:00	200	2.1	2.41
27/12/2020	17:00	173	1.6	1.84
27/12/2020	19:00	163	1.1	1.26
27/12/2020	20:00	251	1.2	1.38
27/12/2020	21:00	267	1.7	1.95
27/12/2020	22:00	216	0.4	0.46
27/12/2020	23:00	258	1.6	1.84
28/12/2020	00:00	144	0.9	1.03
28/12/2020	01:00	178	1.3	1.49
28/12/2020	02:00	210	0	0.00
28/12/2020	03:00	152	0.3	0.34
28/12/2020	08:00	262	0.4	0.46
28/12/2020	09:00	222	1.6	1.84
28/12/2020	10:00	144	1.5	1.72
28/12/2020	12:00	172	2.3	2.64
28/12/2020	14:00	210	2.5	2.87
28/12/2020	15:00	274	1.7	1.95
28/12/2020	16:00	188	0.4	0.46
28/12/2020	17:00	181	4.5	5.17
28/12/2020	18:00	293	1	1.15
28/12/2020	19:00	213	1.8	2.07

FECHA	HORA	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	Velocidad del viento a 15 m de altura (m/s)
28/12/2020	22:00	254	1.2	1.38
29/12/2020	00:00	294	2	2.30
29/12/2020	01:00	234	2.8	3.22
29/12/2020	02:00	190	1.2	1.38
29/12/2020	03:00	275	0	0.00
29/12/2020	04:00	259	0.7	0.80
29/12/2020	05:00	300	1.3	1.49
29/12/2020	06:00	151	0.3	0.34
29/12/2020	07:00	197	0.4	0.46
29/12/2020	10:00	266	0	0.00
29/12/2020	11:00	290	2.2	2.53
29/12/2020	12:00	245	2.4	2.76
29/12/2020	13:00	226	2.9	3.33
29/12/2020	16:00	164	4	4.59
29/12/2020	17:00	212	1.5	1.72
29/12/2020	19:00	228	3.5	4.02
29/12/2020	21:00	S/D	2.3	2.64
29/12/2020	22:00	S/D	2.5	2.87
30/12/2020	01:00	171	0.9	1.03
30/12/2020	02:00	188	0.5	0.57
30/12/2020	04:00	186	0.4	0.46
30/12/2020	05:00	179	0.5	0.57
30/12/2020	06:00	S/D	3.6	4.14
30/12/2020	08:00	169	0.6	0.69
30/12/2020	12:00	231	1.6	1.84
30/12/2020	13:00	185	1.5	1.72
30/12/2020	14:00	245	2.6	2.99
30/12/2020	15:00	161	4.8	5.51
30/12/2020	17:00	230	2.2	2.53
30/12/2020	18:00	162	2.3	2.64
30/12/2020	19:00	214	1.7	1.95
30/12/2020	22:00	232	0.3	0.34
30/12/2020	23:00	163	0.8	0.92
31/12/2020	00:00	178	0.7	0.80
31/12/2020	01:00	239	1.3	1.49
31/12/2020	02:00	184	0.6	0.69
31/12/2020	06:00	311	0	0.00
31/12/2020	08:00	49	0.6	0.69
31/12/2020	10:00	149	0.6	0.69
31/12/2020	12:00	89	2.2	2.53
31/12/2020	22:00	179	0.3	0.34

**ANEXO N° 3. FICHA TÉCNICA DEL
AEROGENERADOR**

hldwtg.en.alibaba.com

Ficha técnica del aerogenerador HLD 5 kW

Detalles	
Lugar del origen:	Shandong, China
Marca:	HLD
Número de Modelo:	5 kW
Potencia nominal de salida:	5 kW
Tasa de velocidad del viento:	10 m/s
Diámetro del rotor de palas:	6 m/s (5 m/s opcional)
Velocidad del viento de arranque:	3 m/s
Velocidad del viento de supervivencia:	50 m/s
Potencia máxima de salida:	7.5 kW
Tipo de generador:	Generador de imán permanente de C.A trifásico
Tipo de aerogenerador:	Eje horizontal, impulsa directamente la energía eólica
Tensión de trabajo:	48 V / 96 V / 120 V / 240 V / 360 V / 500 V
Sistema de trabajo:	En red, fuera de red, híbrido eólico solar
Potencia nominal	5000 W @ 10 m/s
Potencia de pico	7500 W
Velocidad del viento de arranque	3 m/s
Trabajo de la velocidad del viento	3 – 25 m/s
La supervivencia de la velocidad del viento	50 m/s
Ruido	≤ 45 dB
Diámetro del Rotor	6 m
El área de barrido	28.26 m ³
Hoja	3 piezas de fibra de vidrio reforzada
Longitud de la hoja	2.9 m
Material de la carcasa	De acero de precisión
Nominal RPM	200
Peso	300 Kg
Tipo de generador	3 fases AC PM, sin engranaje, CC W
Regulación de velocidad y protección	Yaw + freno electromagnético
Controlador de tensión nominal	DC 48 V – 500 V
Sugirió que la capacidad de la batería	8 pcs 12 V, 200 Ah
Se sugirió la torre	8 m - 18 m arriostrada cable / 8 - 15 m de pie libre / Torre Inclínada
Temperatura de trabajo	-40 – 60 °C

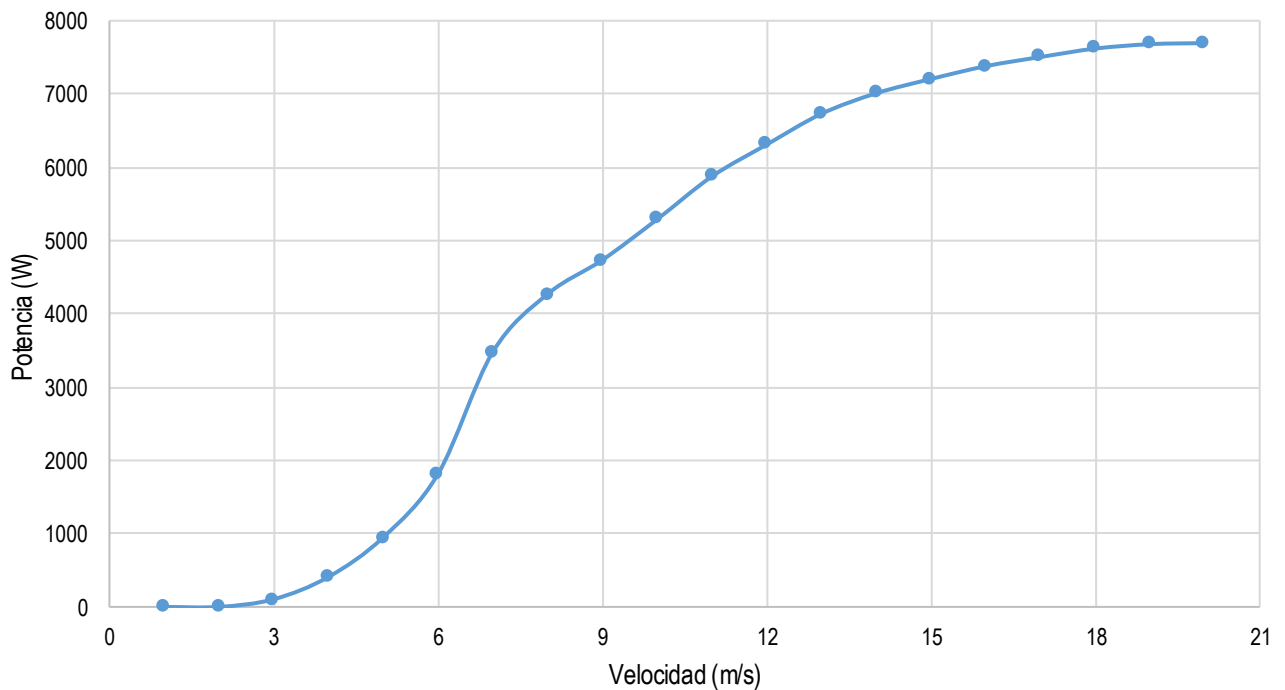
hldwtg.en.alibaba.com



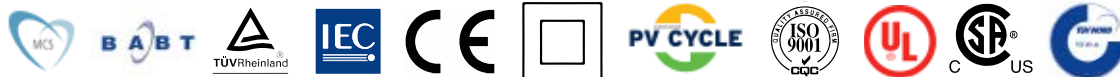
De los datos de potencia

Potencia nominal (W)	La velocidad del viento (m/s)	Rotación (r/min)	Voltaje de funcionamiento (V)	Potencia (W)
5000	3	81	82	105
	4	96	98	410
	5	128	138	950
	6	151	156	1815
	7	186	175	3480
	8	207	204	4270
	9	228	239	4735
	10	243	273	5290
	11	258	309	5875
	12	271	347	6310
	13	285	362	6730
	14	293	366	7010
	15	298	369	7205
	16	305	372	7380
	17	313	376	7505
	18	322	380	7620
	19	331	386	7680
	20	340	390	7695

CURVA DE POTENCIA

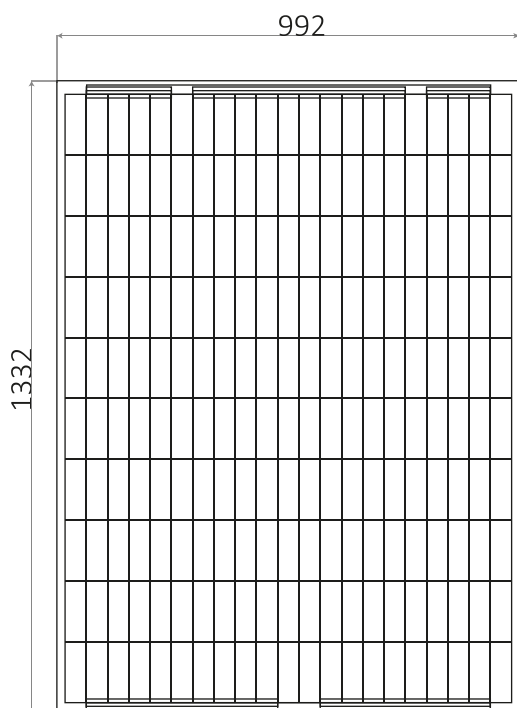


ANEXO N° 4. FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR

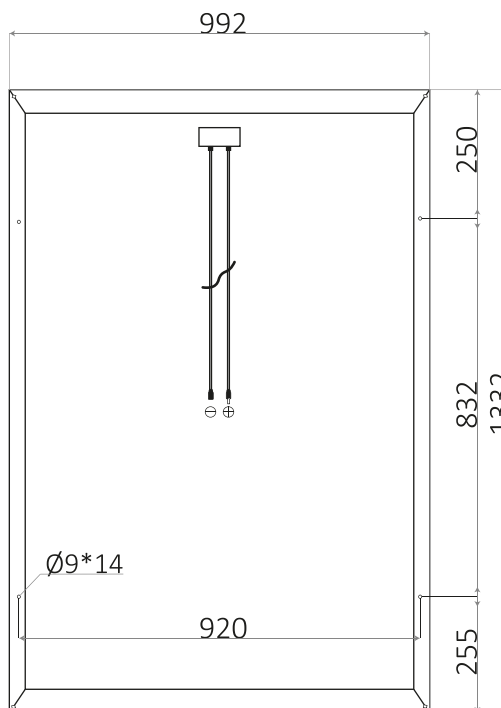


Especificaciones

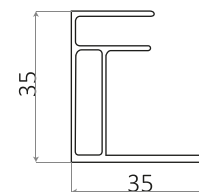
Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm ²
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg



Parte delantera



Parte trasera



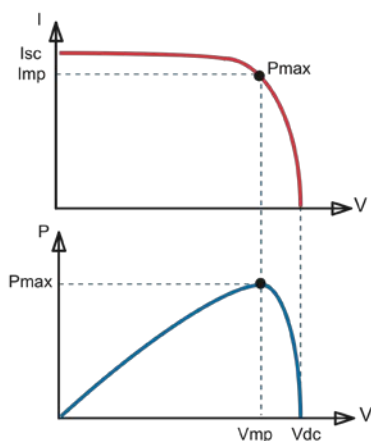
ANEXO N° 5. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR

Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/35

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar MPPT 150/35



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).

El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida.

Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

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

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos **Venus** en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/35
Tensión de la batería	Selección Automática 12 / 24 / 36 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)
Corriente de carga nominal	35 A
Potencia FV nominal 1a,b)	12V: 500W / 24V: 1000W / 36V: 1500W / 48V: 2000W
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	40 A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo	12V: 20 mA 24V: 15 mA 48V: 10mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)
Algoritmo de carga	variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad	95 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web
CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	13 mm ² / AWG6
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	1,25 kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm
ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.	

ANEXO N° 6. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA



CHARACTERISTICS



Compact size ideal for any type of use.

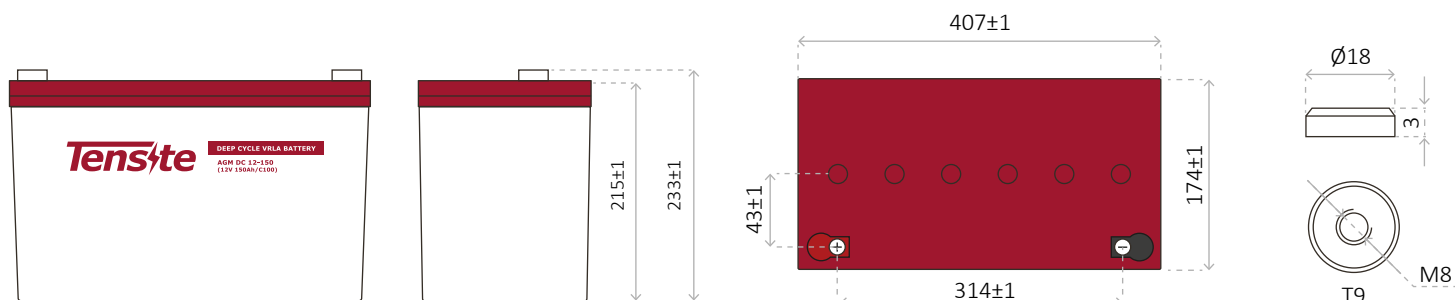


Great performance due to its Deep Cycle technology.



Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS



AGM DEEP CYCLE BATTERY 12V 150 AH

DEEP CYCLE SERIES BATTERY

DC series VRLA batteries are superior Deep Cycle design with thick plates, high-density active materials and slightly stronger electrolyte, which can withstand repeated deep cyclic applications. Deep Cycle series batteries are the special design batteries with 10 years floating design life at 25°C. Meet with IEC, BS,JIS and Eurobat standard, UL(MH62092), CE approved.



APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

TECHNICAL SPECIFICATIONS

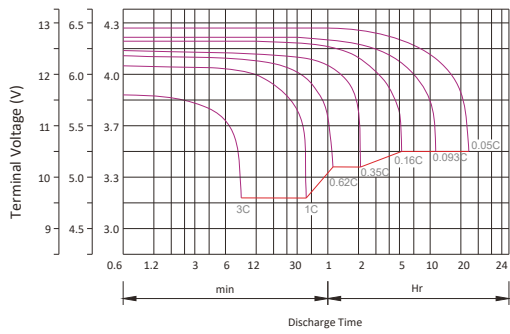
BATTERY MODEL	Nominal voltage			12V		
	Rated capacity (100 hour rate)			150Ah		
DIMENSION	Cells Per battery			6		
	Length 407 mm	Width 174 mm	Height 215 mm	Total Height 233 mm		
APPROX. WEIGHT	35.5 kg ± 3%					
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (12A, 10.8V)	5 hour rate (19.2A, 10.5V)	3 hour rate (30A, 10.2V)	1 hour rate (72A, 9.6V)		
	120 Ah	96 Ah	90 Ah	72 Ah		
MAX. DISCHARGE CURRENT	1200 A (5 sec.)					
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 3.9mΩ					
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C	0°C	-15°C		
	102%	100%	85%	65%		
SELF DISCHARGE @25°C	After 3 months storage		After 6 months storage	After 12 months storage		
	91%		82%	64%		
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use 14.1-14.4V (Initial charging current less than 36A)			Float Use 13.50-13.80V		
	Container BS (UL94-HB) / Flame retardant ABS (UL94-V0)	Electrolyte Sulfuric acid	Separator Fiber glass	Positive Lead dioxide	Negative Lead	Safety valve EPDR

BATTERY DISCHARGE TABLE

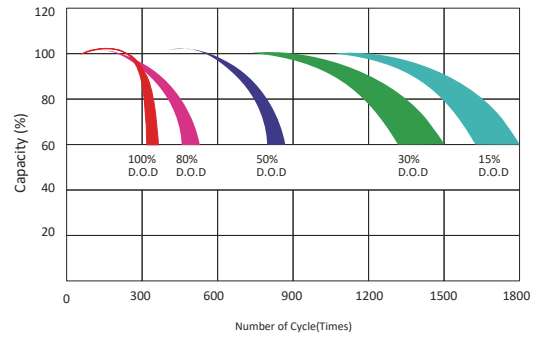
CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C

F.V / TIME	5 min	10 min	15 min	30 min	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	8 hr	10 hr	20 hr
9.60	A	384.0	253.0	204.0	137.0	72.0	42.0	31.0	24.0	19.8	14.0	6.8
	W	3967.0	2704.0	2189.0	1471.0	778.0	461.0	343.0	270.0	225.1	160.9	79.1
10.20	A	372.0	228.0	192.0	131.0	68.0	40.0	30.0	23.4	19.4	13.7	6.6
	W	3976.0	2551.0	2151.0	1468.0	765.0	462.0	347.0	272.1	226.6	160.1	77.4
10.50	A	360.0	204.0	168.0	122.0	66.0	39.0	29.0	23.0	19.2	13.6	6.6
	W	3933.0	2325.0	1919.0	1409.0	759.0	454.0	341.0	269.6	225.1	159.5	78.0
10.80	A	347.0	193.0	156.0	113.0	63.0	38.0	29.0	22.7	18.7	13.2	6.5
	W	3894.0	2221.0	1800.0	1307.0	738.0	447.0	337.0	267.8	221.3	156.4	77.2
11.10	A	335.0	180.0	144.0	101.0	61.0	37.0	28.0	22.1	18.2	12.8	6.1
	W	3803.0	2090.0	1679.0	1179.0	720.0	440.0	328.0	263.0	217.7	153.8	74.2

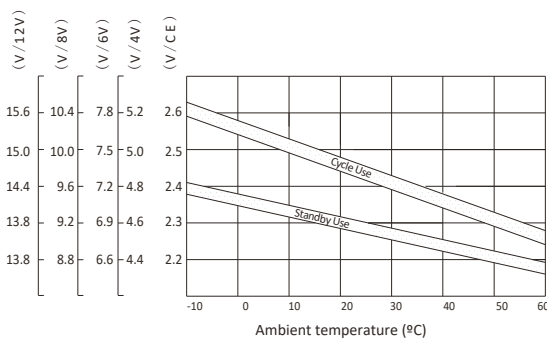
Discharge characteristic Curve



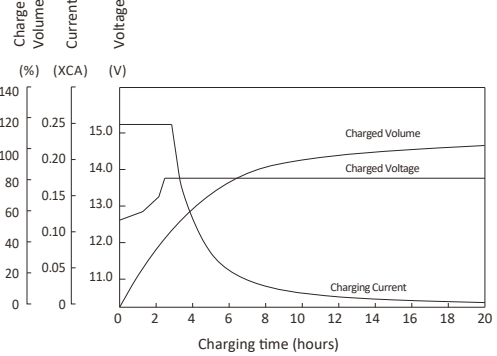
Cycle service life in relation to depth of discharge



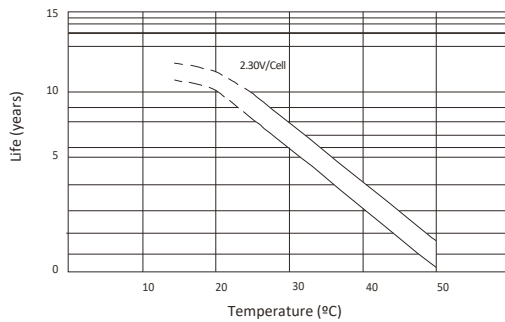
Relationship between charging voltage and temperature



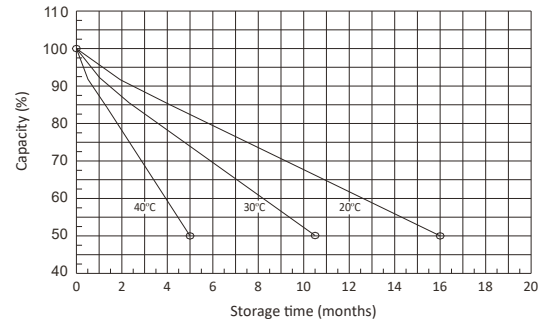
Constant voltage charging characteristic (0.25CA, at 25°C)



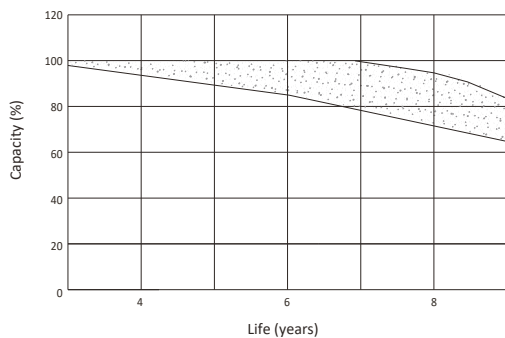
Temperature effects on float life



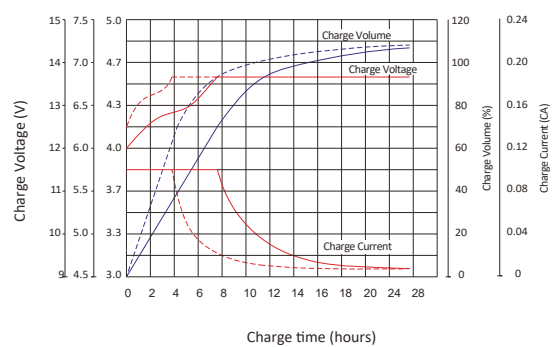
Self-discharge characteristic



Life characteristics of standby use*



Charge characteristic Curve for standby use**



*Testing conditions:
Floating voltage 2.27 to 2.30V/Cell
Ambient temperature 25°C

**Discharge 100% (0.05CA 20h)
50% (0.05CA 10h)
Charge Charge Voltage 2.275V/C
Charge Current 0.1CA
Temperature 25°C

ANEXO N° 7. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR

Must Solar 3000VA-5000VA PWM



PV1800 PK Series

Inversor de Alta Frecuencia

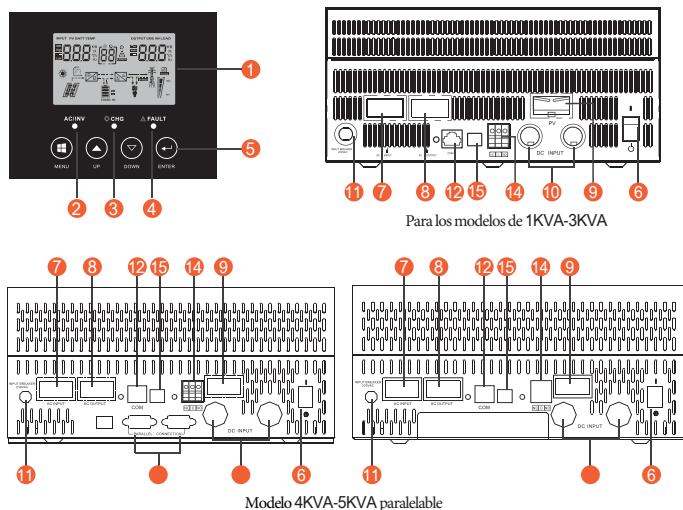
Características:

- Potencia Nominal de 3kVA y 5kVA
- Onda Senoidal Pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador de carga PWM de 50A en el modelo 3kVA y 60A en 5kVA
- Nuevo modo de Trabajo SUB combinando la carga solar y la carga desde generador o de red eléctrica al mismo tiempo y manteniendo la potencia de salida
- Protección contra sobretensión y contra sobrecarga
- Opción de instalar 3 unidades en paralelo (sólo el modelo 5kVA)
- Función de arranque en frío
- Con programa para PC (CD Incluido) para programación del Inversor
- Sistema de monitorización WiFi (opcional)
- Compatible con generadores de gasolina o diésel

Introducción:

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

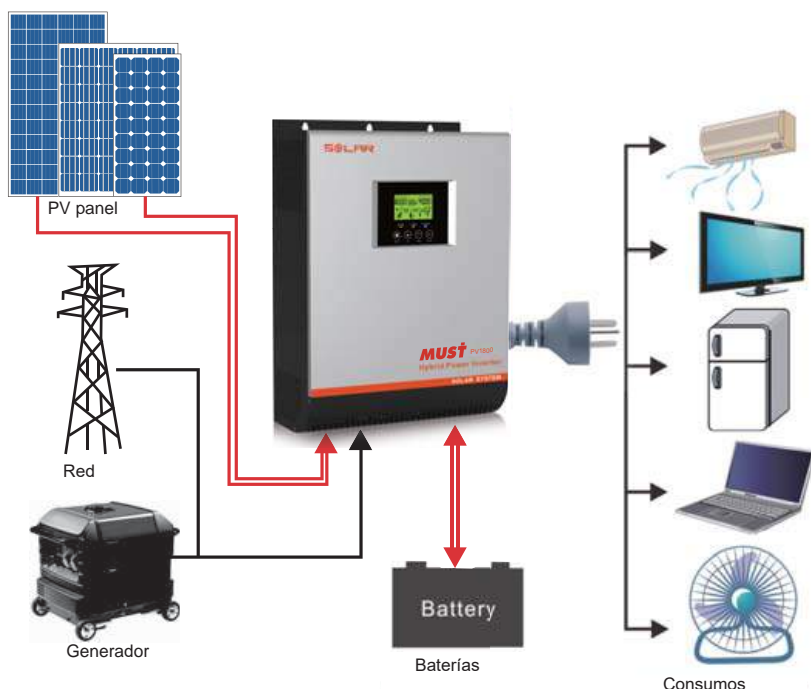
Información del Display LCD



- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Display LCD | 10. Entrada batería |
| 2. Indicador de estado | 11. Protección entrada AC |
| 3. Indicador de Carga / Descarga | 12. Puerto de comunicación RS485 |
| 4. Indicador de fallo | 13. Puerto para conexión en paralelo |
| 5. Botones de Navegación | 14. Contacto de libre potencia |
| 6. Botón de encendido / apagado | 15. USB |
| 7. Entrada AC desde generador o Red | |
| 8. Salida AC a consumos | |
| 9. Entrada de paneles | |

NOTE: Para la configuración de los inversores en paralelo, por favor, revise el manual de conexiones en paralelo disponible en los inversores compatibles.

Conexión del Sistema Solar



MODELO		PV18-3K PK	PV18-5K PK
Voltaje de Baterías del Sistema		24VDC	48VDC
SALIDA INVERSOR	Potencia del Inversor	3000VA	5000VA
		2400W	4000W
	Pico de Potencia	6000VA	10000VA
	Tipo de Onda	Onda Senoidal Pura	
	Regulación de Voltaje AC	220VAC~240VAC	
	Eficiencia del Inversor	93%	
	Tiempo de Tránsito	10ms (FST, APL) , 20ms (SLO)	
ENTRADA AC	Voltaje Salida AC	230VAC	
	Rango Voltaje Salida (Seleccionable)	170~280VAC (FST) , 90~280VAC (SLO) , 184~253VAC (APL)	
	Rango de Frecuencia	50Hz/60Hz (Auto programado)	
BATERÍA	Voltaje Nominal	24VDC	48VDC
	Voltaje de Flotación	27VDC	54VDC
	Voltaje de Protección Sobrecarga Batería	31VDC	60VDC
CARGADOR SOLAR & CARGADOR AC	Voltaje Máximo de Panel en Voc	70VDC	105VDC
	consumo en Stand By	2W	2W
	Máxima Corriente de Carga Solar (PWM)	50A	60A
	Máxima Corriente de Carga AC	30A	60A
	Máxima Corriente de Carga Total	80A	120A
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	Dimensiones de Producto (A*A*L)(mm)	272*355*100	297.5*468*125
	Dimensiones del paquete (A*A*L)(mm)	465*373*231	618*415*261
	Peso Neto(kg)	7.8	12
	Peso en Bruto (Kg)	10.3	13.5
VARIOS	Humedad	5% al 95% Humedad relativa	
	Temperatura de Trabajo	0°C -55°C	
	Temperatura de Almacenamiento	-15°C -60°C	
	Uds. Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	570pcs / 1150pcs / 1380 pcs	360pcs / 720pcs / 850pcs

Conexiones



ANEXO N° 8. FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR

THW-90

Usos

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

Descripción

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

Características

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

Marca

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

Calibres

2.5 mm² - 500 mm²

Embalaje

De 2.5 a 10 mm²: En rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 500 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 10 mm²: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.

Mayores de 16 mm²: Solo en color negro.



Normas de Fabricación

NTP 370.252

Tensión de servicio

450/750 V

Temperatura de operación

90°C

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

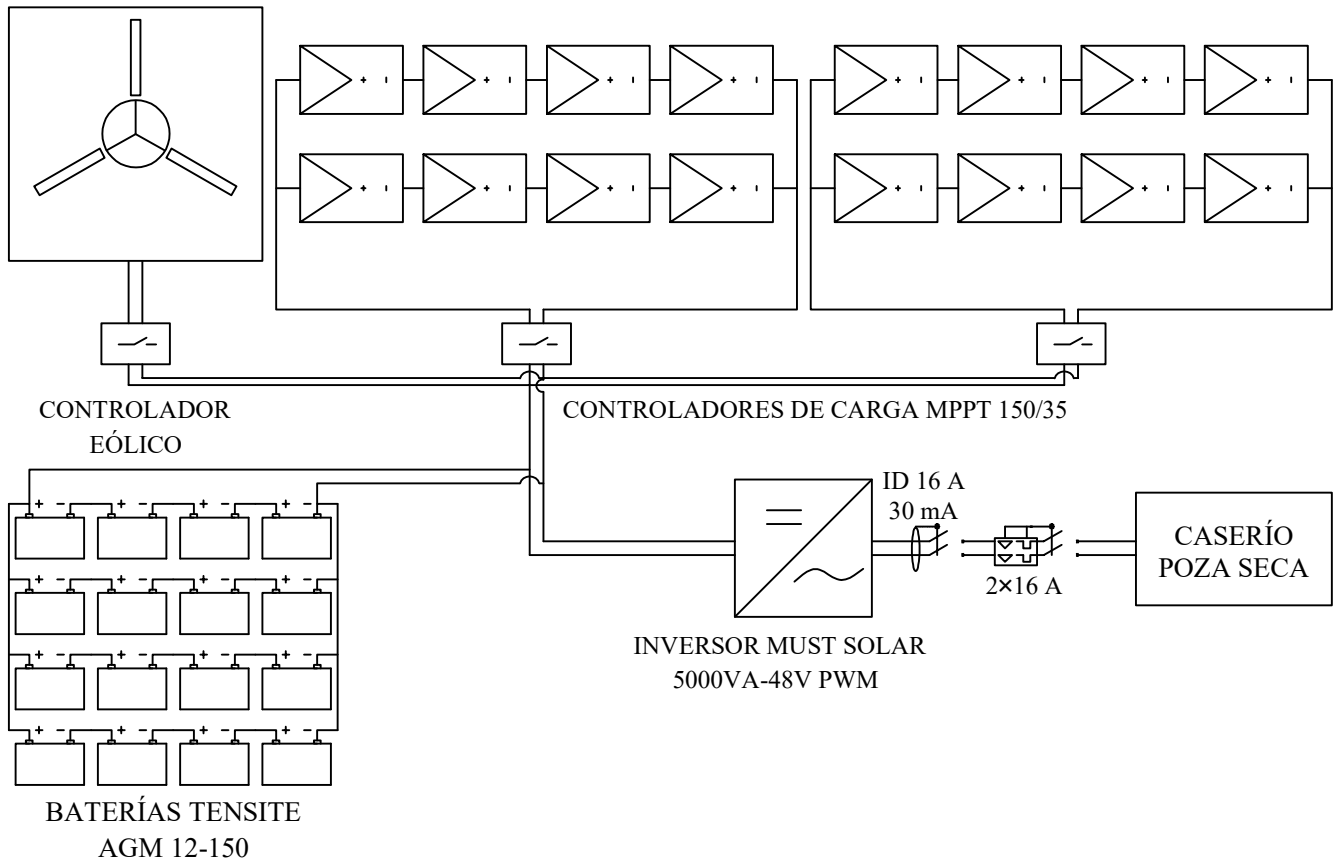
TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPEJOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20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

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

ANEXO N° 9. SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR

AEROGENERADOR
HDL 5 kW

PANELES SOLARES ERA 200 W



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	AEROGENERADOR	1
	PANEL SOLAR	16
	BATERÍA	16
	CONTROLADOR DE CARGA	3
	INVERSOR	1

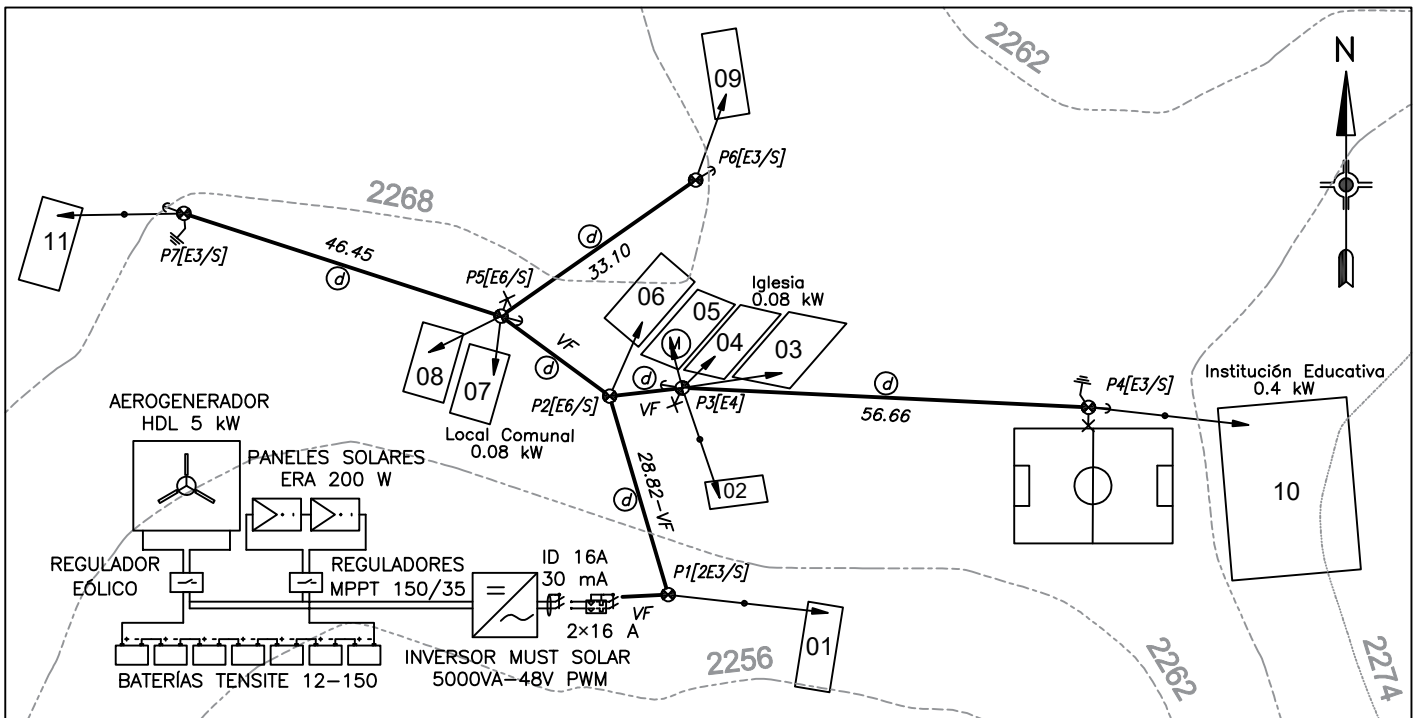


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	PLANTA DE GENERACIÓN	N° LAMINA 01
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		

**ANEXO N° 10. LÁMINAS DE DETALLE DE LA RED
SECUNDARIA 220 V**



Leyenda de Postes		Leyenda de Tramo	
$\bigcirc n[Arm]$		$\otimes \text{---} \text{---} \otimes$	
n : Numeración de Poste		\textcircled{a}	Tipo de Conductor
Arm : Armado de RS		D	Distancia (m)

Leyenda de Conductores mm^2	
d	2×16+16/25

LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANT.
\bullet	Poste de CAC 8m/300 daN	7
	Planta de generación	1
	Acometida domiciliaria; configuración corta empotrada en fachada	7
	Acometida domiciliaria; configuración larga empotrada en fachada	4
\rightarrow	Retenida inclinada en poste de red secundaria	5
\dashv	Retenida vertical en poste de red secundaria	0
\perp	Puesta a tierra tipo PAT-1	2
$\rightarrow X$	Pastoral A'G' de 0.5m de avance; lámpara de vapor de sodio de 50 W	3
$E3/S$	Armado de fin de circuito	4
$E4/S$	Armado de fin de circuito con vano flojo	1
$E6/S$	Armado de anclaje con derivación	2
	Cable autoportante de sección indicada en el cuadro de calibres	-
N°	Vivienda	11

Área de Estudio de Investigación



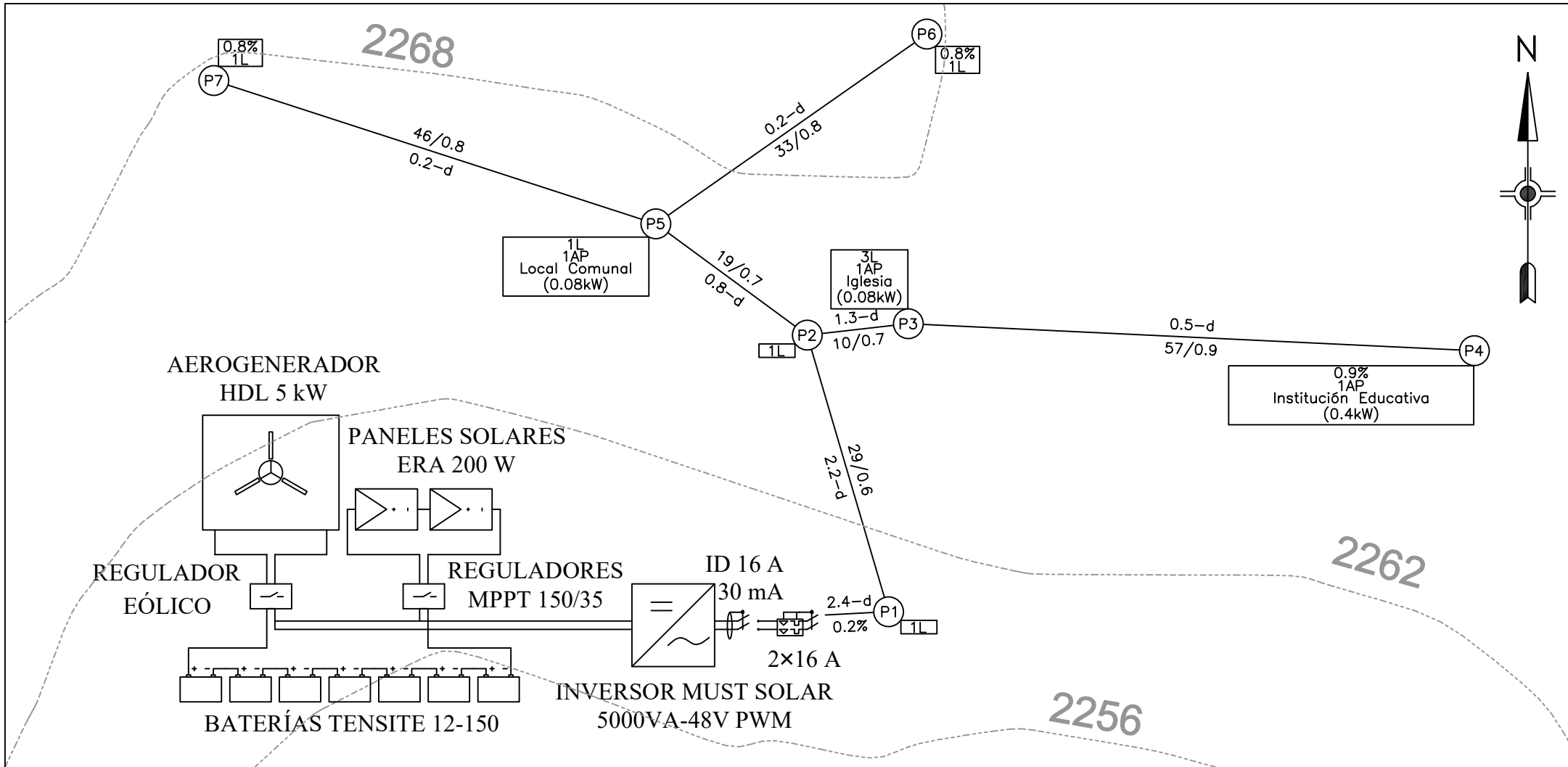
Plano de Ubicación
Escala 1/500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
DISTRITO: CALLAYUC	RED SECUNDARIA	N° LAMINA
PROVINCIA: CUTERVO		02
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO:
Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ
Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA

TESIS

ESC.: S/E

DISTRITO: CALLAYUC

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

FECHA:
NOVIEMBRE
2022

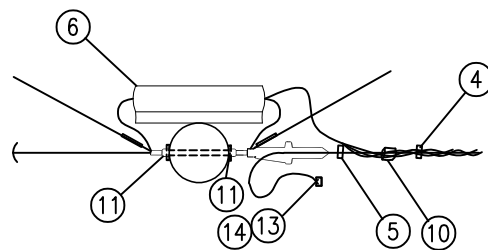
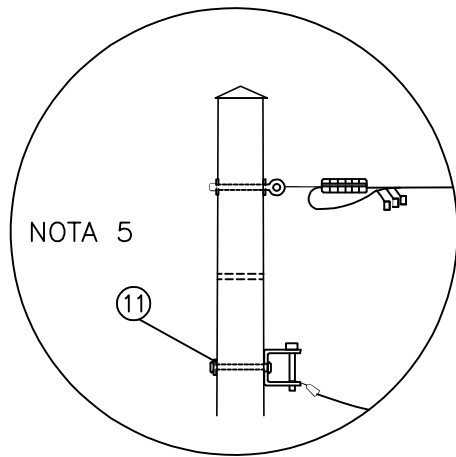
PROVINCIA: CUTERVO

DIAGRAMA DE CARGAS

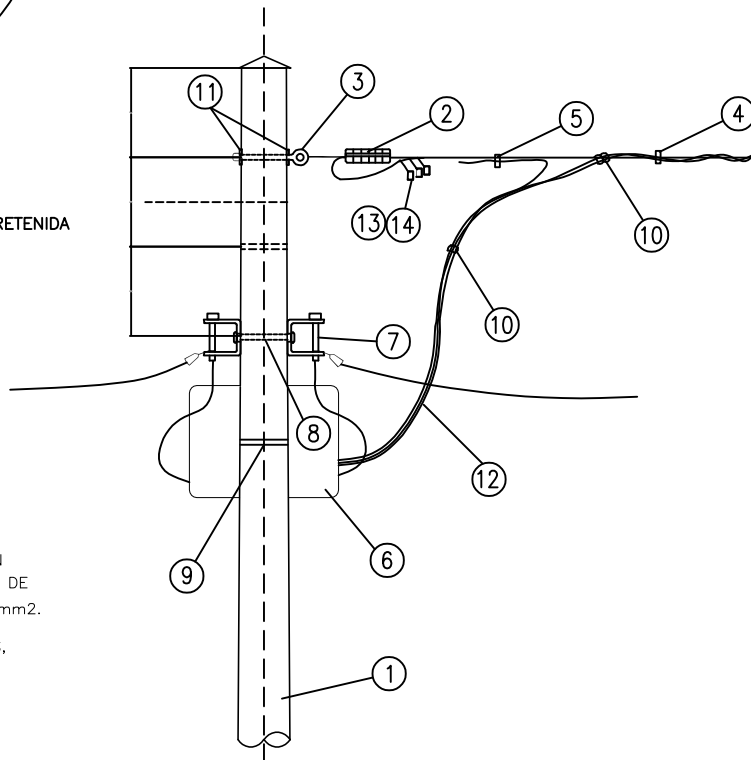
N° LAMINA

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

03



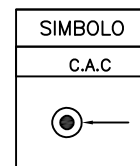
POSICION DE RETENIDA



ELEVACION

* NOTA :

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



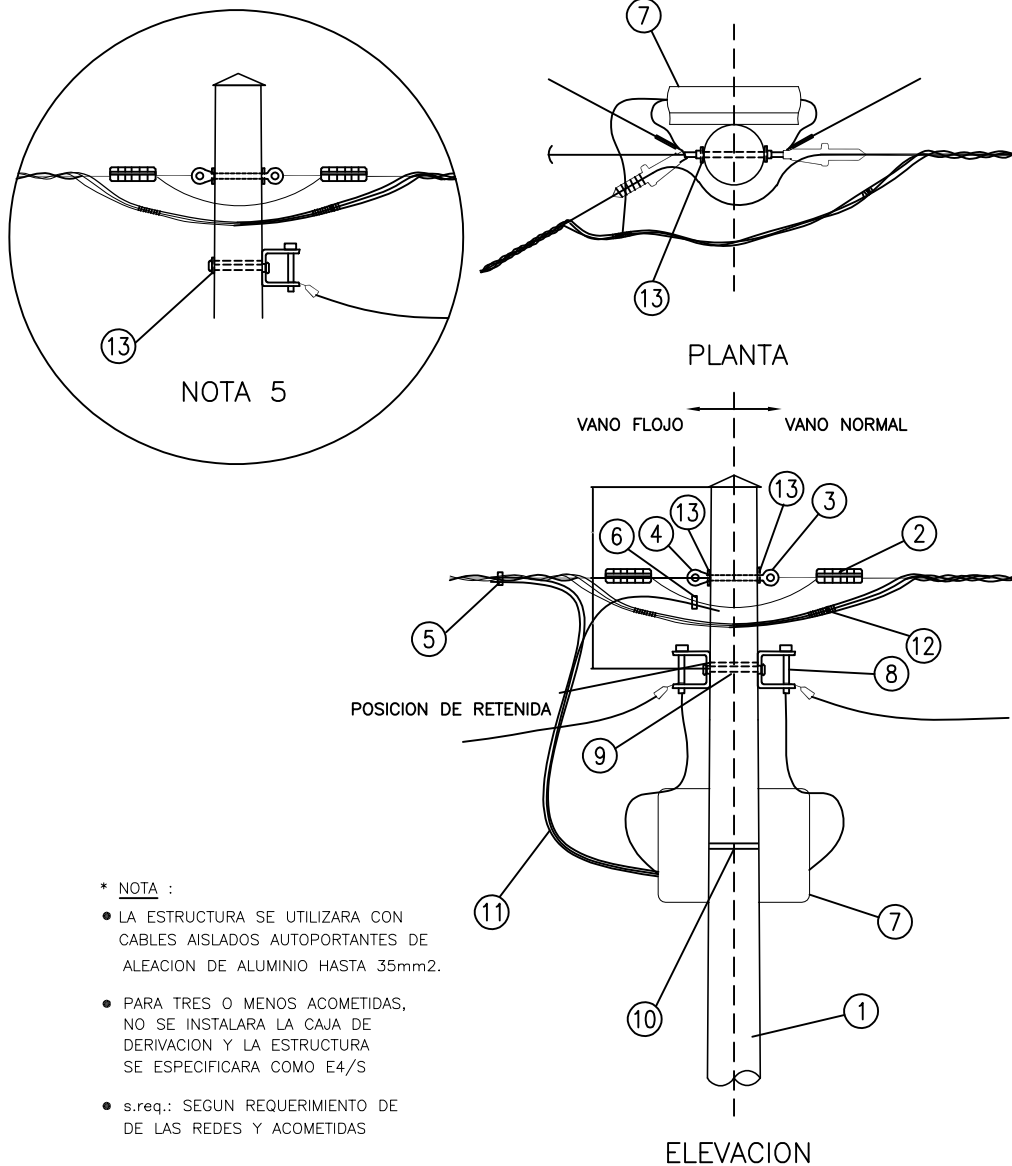
ITEM	DESCRIPCION	E3	E3/S
14	Cinta aislante	0,6m	0,6m
13	Cinta Autofundente	0,6m	0,6m
12	Conductor de Cobre Recocido, tipo N2XY, Bipolar, 2 x 10 mm ² , cubierta negra	1.5m	—
11	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	2	2
10	Correa Plástica de Amarre, color negro	5	5
9	Fleje de acero inoxidable de 19 mm provisto de hebilla	1m	—
8	Perno de A°G° de 13 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1	s.req.
7	Portalineas unipolar de A°G°, provisto de PIN de 10 mm Ø	2	NOTA-5
6	Caja de Derivación para Acometidas, Sistema 440-220 V (10 Borneras en cada barra de cobre)	1	—
5	Conector Bimetálico para Al 25 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (*)	1	—
4	Conector Bimetálico Aislado, para Al 35 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación	s.req.	—
3	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1	1
2	Grapa de Anclaje Cónica para Conductor de Aleación de Aluminio de 25 mm ²	1	1
1	Poste de CAC 8m/300kg/150mm/270mm o 8m/200kg/150mm/270mm	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

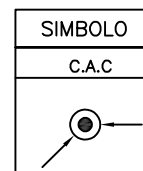


DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ESTRUCTURA DE EXTREMO DE LINEA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E3	04



* NOTA :

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



ITEM	DESCRIPCION	E4	E4/S
13	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	2	2
12	Correa Plástica de Amarre, color negro	8	8
11	Conductor de Cobre Recocido, tipo N2XY, Bipolar, 2 x 10 mm ² , cubierta negra	1.5m	-
10	Fleje de acero inoxidable de 19 mm provisto de hebilla	1m	-
9	Perno de A°G° de 13 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1	s.req.
8	Portalineas unipolar de A°G°, provisto de PIN de 10 mm Ø	2	NOTA-5
7	Caja de Derivacion para Acometidas, Sistema 440-220 V (10 Borneras en cada barra de cobre)	1	-
6	Conector Bimetálico para Al 25 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (*)	1	-
5	Conector Bimetálico Aislado, para Al 35 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación	s.req.	-
4	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	1	1
3	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1	1
2	Grapa de Anclaje Cónica para Conductor de Aleación de Aluminio de 25 mm ²	2	2
1	Poste de CAC 8m/300kg/150mm/270mm o 8m/200kg/150mm/270mm	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	



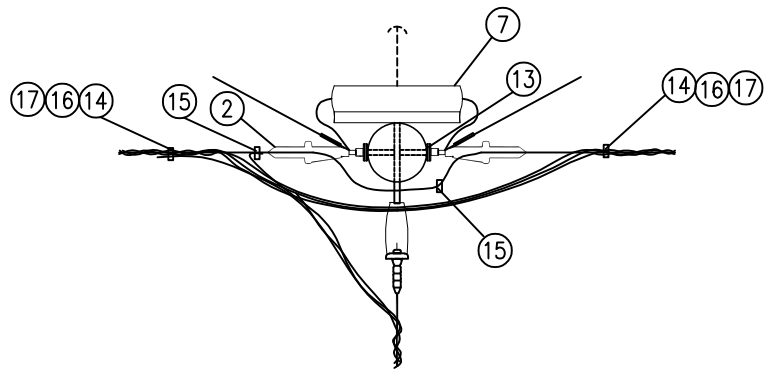
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



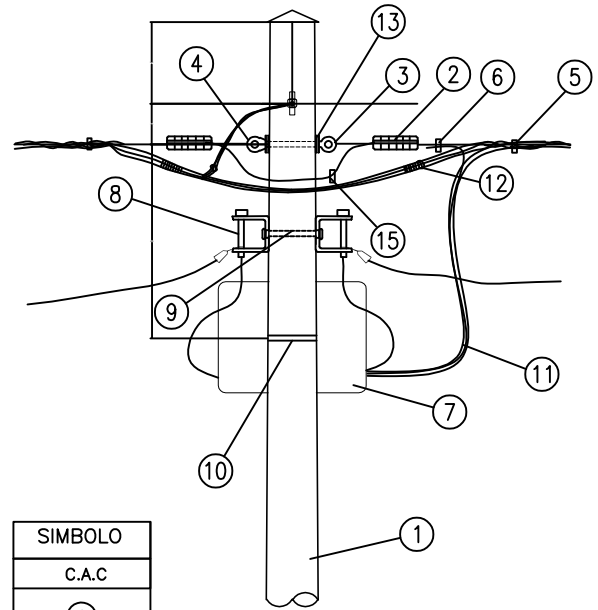
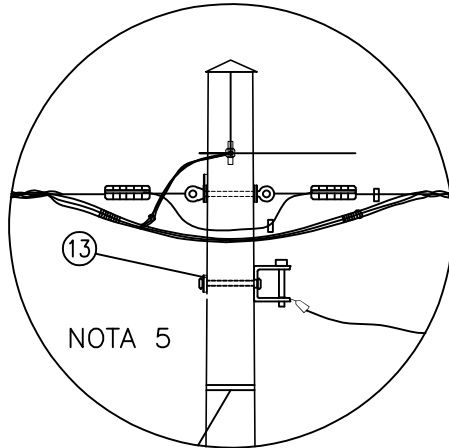
DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ESTRUCTURA EXTREMO DE LINEA CON DERIVACION PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E4	05

* NOTA :

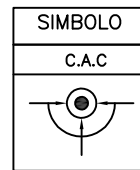
- LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO HASTA 35mm².
- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E6/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE LAS REDES Y ACOMETIDAS



PLANTA



ELEVACION



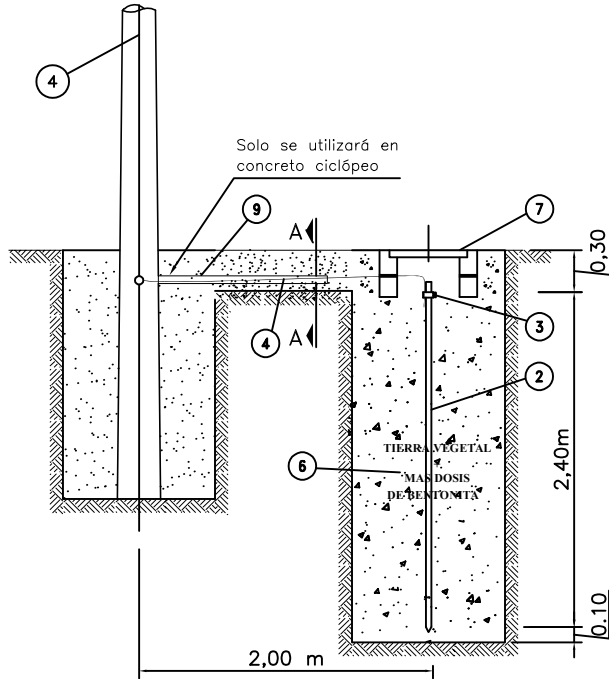
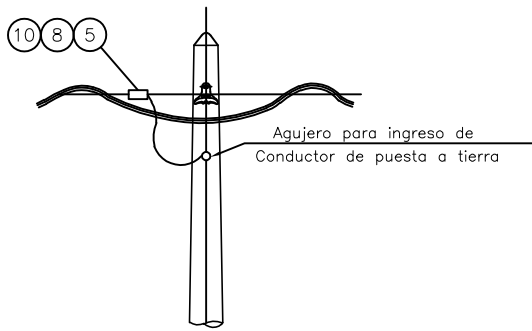
ITEM	DESCRIPCION	E6	E6/S
17	Cinta aislante	s.req.	s.req.
16	Cinta Autofundente	s.req.	s.req.
15	Conector para Al 25 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (**)	2	2
14	Conector Aislado para Al 35 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación	s.req.	s.req.
13	Arandela Cuadrada curva de A' G', 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	4	4
12	Correa Plástica de Amarre, color negro	10	10
11	Conductor de Cobre Recocido, tipo N2XY, Bipolar, 2 x 10 mm ² , cubierta negra	1,5m	-
10	Fleje de acero inoxidable de 19 mm provisto de hebilla	1m	-
9	Perno de A'G' de 13 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1	s.req.
8	Portalineas unipolar de A'G', provisto de PIN de 10 mm Ø	2	NOT-5
7	Caja de Derivacion para Acometidas, Sistema 440-220 V (10 Borneras en cada barra de cobre)	1	-
6	Conector Bimetálico para Al 25 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (*)	1	-
5	Conector Bimetálico Aislado, para Al 35 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación	s.req.	-
4	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	1	1
3	Perno Ojo de A'G' de 16 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	2	2
2	Grapa de Anclaje Cónica para Conductor de Aleación de Aluminio de 25 mm ²	3	3
1	Poste de CAC 8m/300kg/150mm/270mm o 8m/200kg/150mm/270mm	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

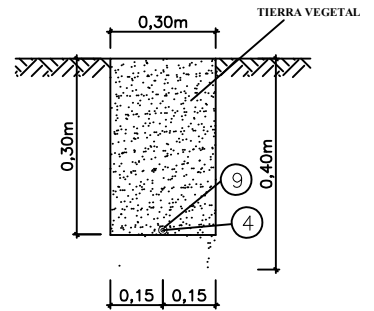


DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ESTRUCTURA DE ANCLAJE Y/O DERIVACION PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES TIPO E6	06

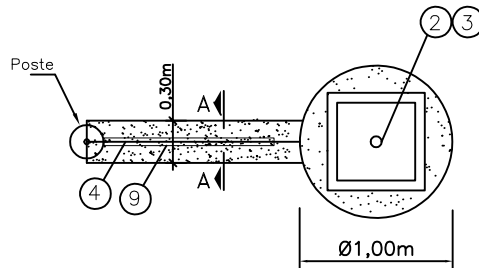


PAT-1
VISTA DE PLANTA

CORTE A-A



TIPO	VOLUMEN (m ³)	
	EXCAVACION	RELLENO
PAT-1	1,41	1,41



10	Cinta vulvanizante	0.20 rll
9	Tubo de PVC 19 mm Diámetro x 3.00 m Longitud.	1
8	Cinta aislante vinilica	0.20 rll
7	Caja de registro de concreto para puesta a tierra de 396mmØ X 300 mm; con asa y tapa	1
6	Bentonita sodica DE 30Kg	2 bol
5	Conector bimetálico para Al-25mm ² /Cu-35mm ² Cuña Tipo I	1
4	Conductor de cobre recocido, cableado, desnudo DE 35 mm ²	11m
3	Conector de bronce tipo AB para electrodo de 16 mm Ø y conductor de cobre de 35 mm ²	1
2	Electrodo de acero recubierto de cobre de 16 mm Ø x 2,40 m	1
1	Conector doble vía bimetálico para cable de acero de 10 mm Ø y cobre de 35 mm ²	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT

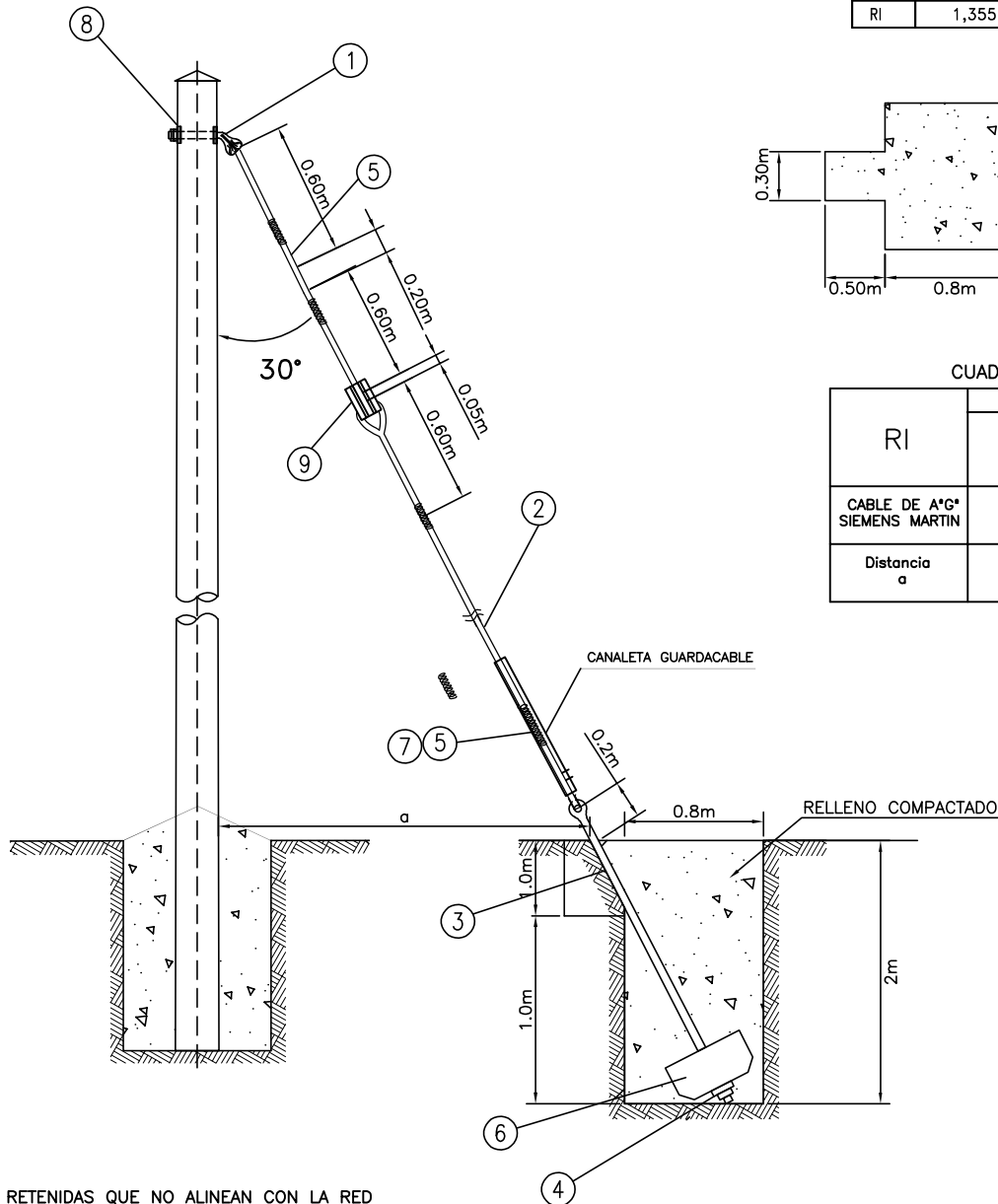


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	07

TIPO	VOLUMEN (m3)	
	EXCAVACION	RELLENO
RI	1,355	1,331



CUADRO N° 2

RI	TIPO DE POSTE
	8 CAC
CABLE DE A°G° SIEMENS MARTIN	9.0m
Distancia a	3.60m

SIMBOLO
CONCRETO
C.A.C

(*) EN LAS RETENIDAS QUE NO ALINEAN CON LA RED SE UTILIZARÁ ABRAZADERA EN REEMPLAZO DEL PERNO ANGULAR

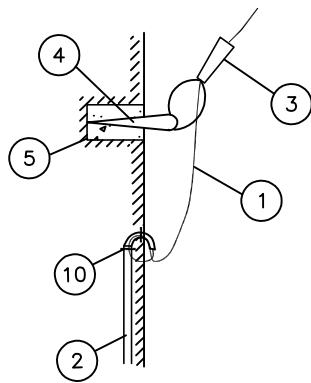
ITEM	DESCRIPCION	CANT.
9	Aislador de Porcelana de Traccion Clase ANSI 54-2	1
8	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	2
7	Alambre de Acero N° 12 para Entorchado	6.0m
6	Bloque de concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	1
5	Mordaza Preformada de A°G° para Cable de 10 mm Ø	4
4	Arandela de Anclaje de A°G°, 102 x 102 x 6,35 mm, Agujero de 18 mmØ	1
3	Varilla de Anclaje de A°G° de 16 mm Ø x 2,40 m, provisto de Ojal Guardacabo en un extremo; Tuerca y Contratuerca en el otro, incluido canaleta guarda cable de 1/16" x 2.4 mts	1
2	Cable de acero grado Siemens Martin, de 10 mm Ø, 7 hilos	9,0m
1	Perno Angular con Ojal Guardacabo de A°G°, 16 mm Ø x 203 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	1



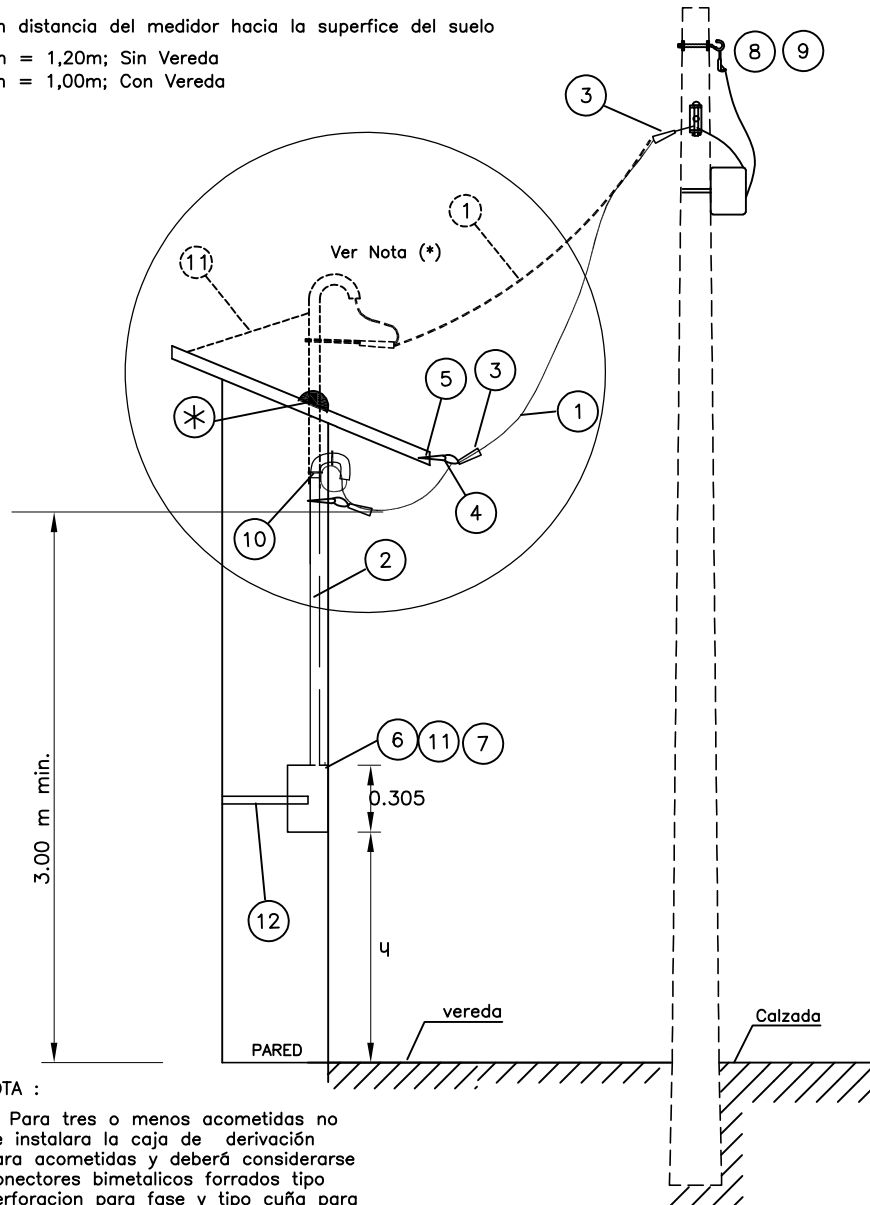
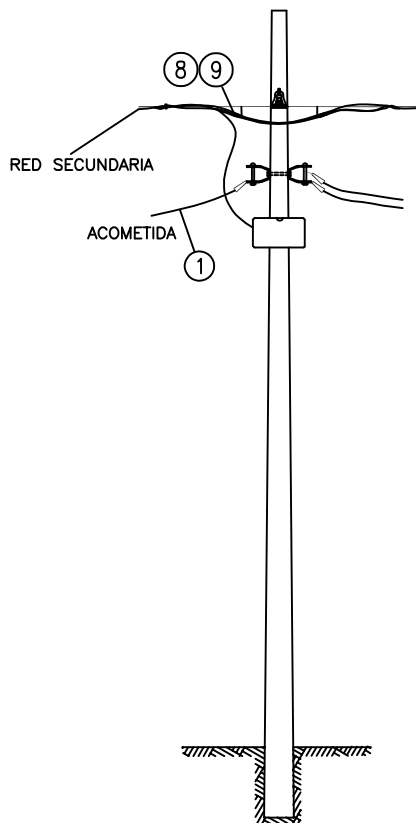
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS REDES DE DISTRIBUCION SECUNDARIA RETENIDA INCLINADA	N° LAMINA 08
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		



- h distancia del medidor hacia la superficie del suelo
- h = 1,20m; Sin Vereda
- h = 1,00m; Con Vereda



NOTA :

- Para tres o menos acometidas no se instalara la caja de derivación para acometidas y deberá considerarse conectores bimetálicos forrados tipo perforación para fase y tipo cuña para fase por cada acometida
- * se considerara el uso de diablo fuerte (cemento+yeso) para sellar el ingreso del tubo por el techo de la vivienda

- Las Medidas estan dadas en metros
- (* En el caso de fachadas relativamente bajas, no se recortará el tubo F°G°
- (**) Se utilizará conector cuña de tipo III

ITEM	DESCRIPCION	CANT.
13	Cable THW N° 12 para conexión de medidor y termomagnético	1m
12	Tubo Plastico de PVC SAP de 19 mm ø x 3,0 m, con curva de plastico de 19 mm ø x 180°	0,2
11	Alambre galvanizado N° 12 AWG	s.req.
10	Correa Plástica de Amarre, color negro	4
9	Conector Bimetálico para Al 25 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (**) (Ver nota)	1
8	Conector Bimetálico Aislado, para Al 35 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación (Ver nota)	1
7	Medidor Monofásico de Energía Activa, tipo Electrónico con Micro Procesador de 220 V; 2 hilos, 10-40 A, 60 Hz, Clase 1	1
6	Caja Metálica Portamedidor, equipado con Interruptor Termomagnético de 10A	1
5	Tarugo de cedro de 13 mm x 50 mm	1
4	Armella Tirafondo de 10 mm ø x 64 mm de longitud	1
3	Templador de A°G°	2
2	Tubo de A°G° standard / redondo de 19 mm ø x 1,5 mm x 2,5 m, provisto de codo	1
1	Conductor de Cobre Concéntrico, 2 x 4 mm ² , con aislamiento y cubierta de PVC	s.req



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO:
Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ
Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA

DISTRITO: CALLAYUC

PROVINCIA: CUTERVO

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

TESIS

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA

**REDES SECUNDARIAS
ACOMETIDAS DOMICILIARIAS PARA RED AEREA CON CONDUCTORES
AUTOPORTANTES CONFIGURACION CORTA**

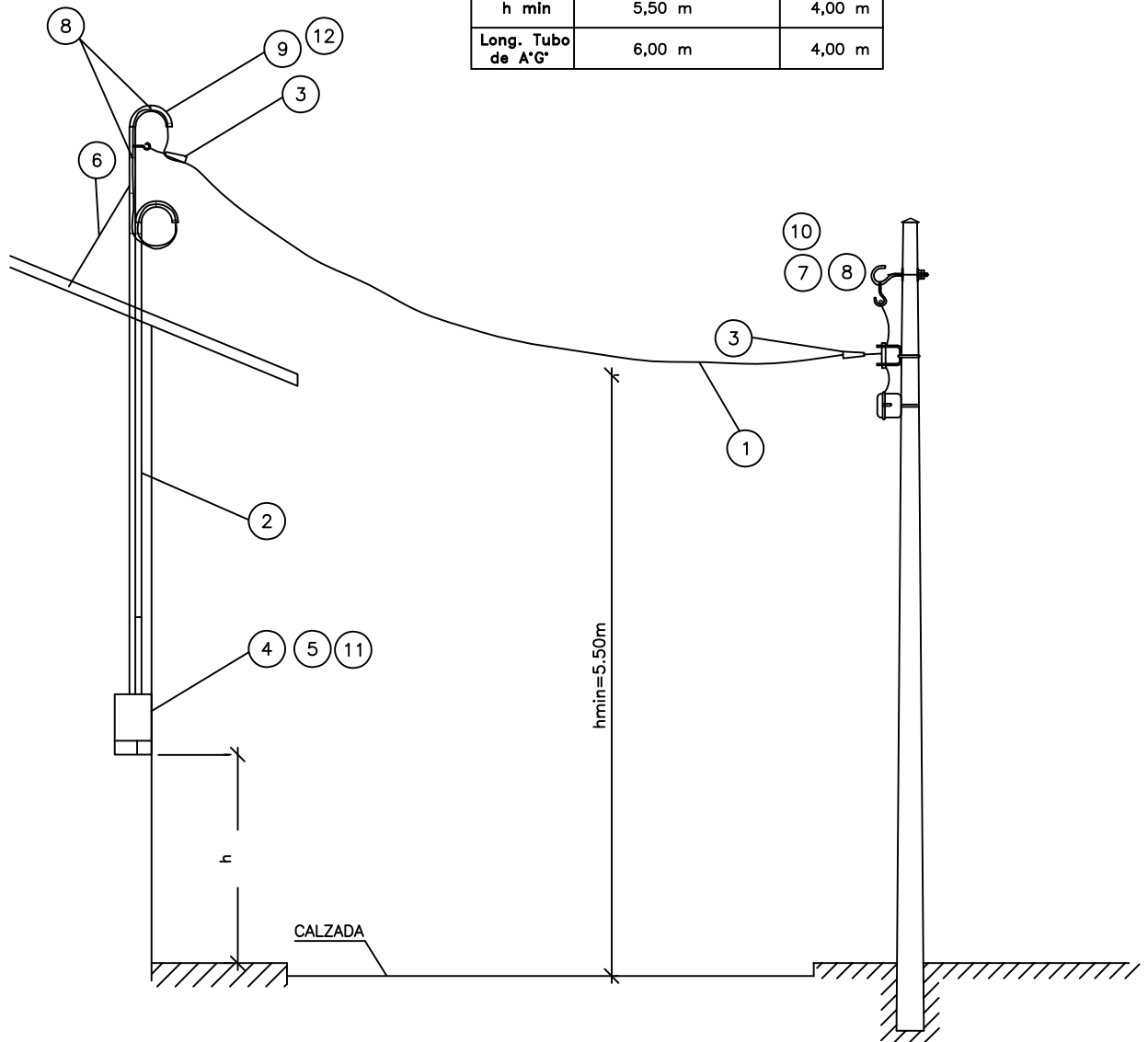
ESC.: S/E

FECHA:
NOVIEMBRE
2022

N° LAMINA
09

- h distancia del medidor hacia la superficie del suelo
- h = 1,20m; Sin Vereda
- h = 1,00m; Con Vereda

TIPO DE AREA	Al cruce de vias transtable por vehiculos	Otras areas
h min	5,50 m	4,00 m
Long. Tubo de A°G°	6,00 m	4,00 m



NOTA :

- Para tres o menos acometidas no se instalara la caja de derivación para acometidas y deberá considerarse conectores bimetálicos forrados tipo perforacion para fase y tipo cuña para fase por cada acometida

* SEGUN REQUERIMIENTO

(**) Se utilizará conector cuña de tipo III

(***) Para cruces de caminos y calles se utilizaran tubos de 6m

12	Armella Tirafondo de 10 mm Ø x 64 mm de longitud	1
11	Cable THW N° 12 para conexión de medidor y termomagnético	1m
10	Conector Bimetálico para Al 25 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Neutro Desnudo, tipo Cuña (**) (Ver nota)	1
9	Tubo de A°G° standard / redondo de 19 mm Ø x 1,5 mm x 4,0 m, provisto de codo(***)	1
8	Correa Plástica de Amarre, color negro	10
7	Conector Bimetálico Aislado, para Al 35 mm ² / Cu 4-10 mm ² , para Fase Aislada, tipo Perforación (Ver nota)	1
6	Alambre galvanizado N° 12 AWG	s.req.
5	Medidor Monofásico de Energía Activa, tipo Electrónico con Micro Procesador de 220 V; 2 hilos, 10-40 A, 60 Hz, Clase 1	1
4	Caja Metálica Portamedidor, equipado con Interruptor Termomagnético de 10A	1
3	Templador de A°G°	2
2	Tubo Plastico de PVC SAP de 19 mm ø x 3,0 m, con curva de plastico de 19 mm ø x 180°	1
1	Conductor de Cobre Concéntrico, 2 x 4 mm ² , con aislamiento y cubierta de PVC	s.req.
ITEM	DESCRIPCION	CANT.

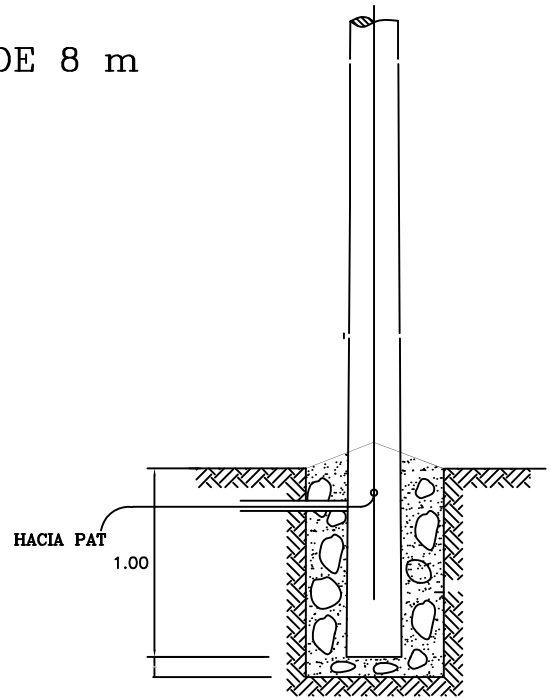
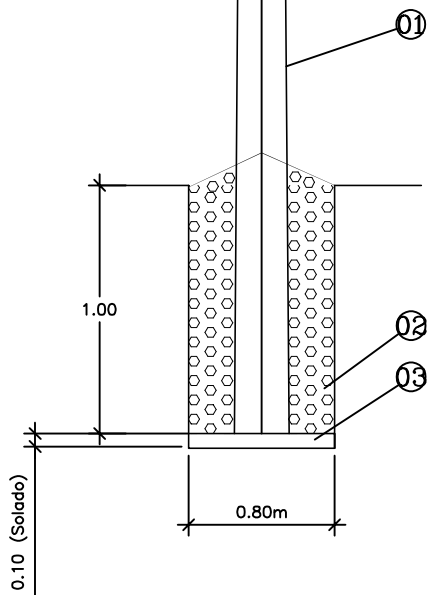


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS	ESC.: S/E
DISTRITO: CALLAYUC	DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	FECHA: NOVIEMBRE 2022
PROVINCIA: CUTERVO	REDES SECUNDARIAS	N° LAMINA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	ACOMETIDAS DOMICILIARIAS PARA RED AEREA CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES CONFIGURACION LARGA	10

POSTE DE 8 m



CON SALIDA DE PAT

PROFUNDIDAD DE EMPOTRAMIENTO:

- POSTE C.A.C DE 8/200/150/270= 1,00 m
- POSTE C.A.C DE 8/300/150/270= 1,00 m



CONCRETO CICLÓPEO(C:H=1:10)
30% DE PIEDRA MEDIANA EN VOLUMEN



CONCRETO SIMPLE(C:H=1:12)
30% DE PIEDRA CHICA EN VOLUMEN

CIMENTACIÓN PARA POSTE

CUADRO DE METRADOS					
Tipo de Estructura	Tipo de Suelo	Tipo de Cimentación	Profundidad de excavación h (m)	Ø (m)	Excavación (m ³)
Poste de CAC 8 m / 200 daN 8 m / 300 daN	Tipo I	CI-A	1,10	0,80	0,704
	Tipo II	CII-A	1,10	0,80	0,704

03	Glb	Concreto simple (C:H=1:12)
02	Glb	Concreto ciclópeo (C:H= 1:10)
01	01	Poste C.A.C
ITEM	CANT	DESCRIPCION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



DIBUJADO: Bach. JHAN CARLOS GONZALES DIAZ Bach. KEYBER YOBER CASTILLO GARCIA	TESIS DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA ATENDER LA DEMANDA ELÉCTRICA DEL CASERÍO POZA SECA - CUTERVO - CAJAMARCA	ESC.: S/E FECHA: NOVIEMBRE 2022
DISTRITO: CALLAYUC	REDES SECUNDARIAS DETALLE DE CIMENTACION Y VOLUMENES PARA POSTES DE C.A.C 8m	N° LAMINA 11
PROVINCIA: CUTERVO		
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		

ANEXO N°11. PRECIOS DE PRINCIPALES EQUIPOS

Figura 31

Precio del Aerogenerador Seleccionado

The screenshot shows the Alibaba.com interface for a selected wind turbine product. The top navigation bar includes the Alibaba logo, a search bar with a 'NUEVO' (New) badge, and user options like 'Iniciar sesión' (Log in) and 'Unirse de forma gratuita' (Sign up for free). The main content area displays the product title '¡Mejor! 5kw turbina de viento para casa v 48v 96v 120v 240v 360v' and a price table:

Cantidad (juegos)	1 - 5	> 5
1 - 4 Conjuntos	1.950,00 US \$	1.900,00 US \$

Additional details include the product type 'Generador de energía eólica', rated power '5kw', and a 'Comprar muestras' (Buy samples) button. The supplier information for 'Qingdao HenryD Wind Power Equi...' is visible, showing a 7-year business history and a response time of ≤4h with an 84.6% delivery rate. A video player is partially visible on the left side of the page.

Figura 32

Precio del Panel Seleccionado

AutoSolar 01 715 1357 Horario Mi Cuenta S/. 0,00

ENERGÍA SOLAR BOMBAS DE AGUA Blog Cursos Paneles Solares Contacto Buscar en AutoSolar...

Kits Solares Fotovoltaicos Paneles Solares Baterías Solares Inversores Solares Controladores de Carga Iluminación

(01) 715 1357
Comercial: 993 943 927
963 812 578
945 457 588
984 435 735
956 262 497
983 598 243
981 532 931
autosolar@autosolar.pe

Panel Solar 200W 12V Policristalino Era Solar

S/. 483,99 SIN IGV S/. 410,16

Envío: Envío gratuito a provincias por más de S/. 500

Fabricante: Era Solar | Cod. Artículo: 1002222

Cantidad: - 1 +

25 años de garantía 14 días de devolución 100% pago seguro

Secured by GeoTrust

Contactar via WhatsApp

Figura 33

Precio del Regulador Seleccionado

AutoSolar 01 715 1357 Horario Mi Cuenta S/. 0,00

ENERGÍA SOLAR BOMBAS DE AGUA Blog Cursos Paneles Solares Contacto Buscar en AutoSolar...

Kits Solares Fotovoltaicos Paneles Solares Baterías Solares Inversores Solares **Controladores de Carga** Iluminación

(01) 715 1357
Comercial: 993 943 927
963 812 578
945 457 588
984 435 735
956 262 497
983 598 243
981 532 931
autosolar@autosolar.pe

SECCIÓN ENERGÍA SOLAR
Kits Solares Fotovoltaicos

Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON

s/. 1.475,00 SIN IGV S/. 1.250,00

Envío: Envío gratuito a provincias!
Entrega: **Recójalo el lunes 14 de marzo en agencia Marvisur o Shalom de provincias**
Fabricante: Victron Energy | Cod. Artículo: 2008098
Cantidad: - 1 +

AÑADIR AL CARRITO **COMPRAR**

Figura 34

Precio de la Batería Seleccionada

The screenshot displays the AutoSolar website interface. At the top right, there is a phone number 01 715 1357, a clock icon for 'Horario', and a user icon for 'Mi Cuenta'. A shopping cart icon shows '0' items for 'S/. 0,00'. A navigation bar includes 'ENERGÍA SOLAR' (active), 'BOMBAS DE AGUA', 'Blog', 'Cursos Paneles Solares', 'Contacto', and a search bar 'Buscar en AutoSolar...'. A secondary navigation bar lists 'Kits Solares Fotovoltaicos', 'Paneles Solares', 'Baterías Solares' (active), 'Inversores Solares', 'Controladores de Carga', and 'Iluminación'. On the left, a contact box shows the phone number (01) 715 1357 and several other numbers, with the email autosolar@autosolar.pe. The main content area features the product title 'Batería AGM 12V 150Ah Tensite' and a large image of the battery. The price is prominently displayed as **S/.855,91** (SIN IGV) and S/. 725,35. Below the price, it states 'Envío: Envío gratuito a provincias!', 'Fabricante: Tensite | Cod. Artículo: 1708042', and 'Cantidad: - 1 +'. At the bottom of the product section, there are three icons: '1 año de garantía', '14 días de devolución', and '100% pago seguro'. The website is secured by GeoTrust, as indicated by the logo in the bottom right corner.

Figura 35

Precio del Inversor seleccionado

The screenshot displays the AutoSolar website interface. At the top, the logo "AutoSolar" is on the left, and contact information "01 715 1357", "Horario", and "Mi Cuenta" is on the right. A shopping cart icon shows "S/. 0,00". Below the logo, there are navigation buttons for "ENERGÍA SOLAR" and "BOMBAS DE AGUA". A secondary navigation bar includes "Kits Solares Fotovoltaicos", "Paneles Solares", "Baterías Solares", "Inversores Solares" (highlighted), "Controladores de Carga", and "Iluminación".

The main content area features a contact box on the left with the phone number (01) 715 1357 and several other numbers. The central product listing is for "Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V PWM 60A Must Solar". The price is listed as S/. 3.174,93, with a note "SIN IGV S/. 2.690,62" and a five-star rating. Below the price, it states "Envío: Envío gratuito a provincias!" and "Fabricante: Must Solar | Cod. Artículo: 3004096". A quantity selector shows "1".

At the bottom of the product listing, there are three icons representing "1 año de garantía", "14 días de devolución", and "100% pago seguro". A "Secured by GeoTrust" logo is also present. A green button at the bottom right says "Contactar vía WhatsApp".

On the left side of the product listing, there is a vertical sidebar with a "SECCIÓN ENERGÍA SOLAR" header and two menu items: "Kits Solares Fotovoltaicos" and "Kits Bombeo Agua Solar".

ANEXO N° 12. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 36

Colegio de Educación Primaria del Caserío Poza Seca



Figura 37

Local Comunal del Caserío Poza Seca



Figura 38

Iglesia del Caserío Poza Seca



Figura 39

Vivienda Unifamiliar del Caserío Poza Seca



Figura 40

Recolección de Datos Geográficos del Caserío









Figura 41

GPS Utilizado para la Recolección de Datos Geográficos



Figura 42

Trabajo de Gabinete

