



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**ENERGÍAS RENOVABLES**



**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**  
**DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A UNA**  
**MÁQUINA DE ORDEÑO MECÁNICO”**

**PRESENTADO POR:**

**Dalthon Valentín Choque Calcina**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**

**Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros**

**JULIACA - PERÚ**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN**  
**ENERGÍAS RENOVABLES**



**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**  
**DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A UNA**  
**MÁQUINA DE ORDEÑO MECÁNICO”**

**PRESENTADO POR:**

**Dalthon Valentín Choque Calcina**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**

**Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros**

**JULIACA - PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**



**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN**  
**SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE**  
**ORDEÑO MECÁNICO”**

Dalthon Valentín Choque Calcina

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS  
RENOVABLES

---

Asesor: Dr. Henry Pizarro Viveros

Juliaca, 2022

## Ficha catalográfica

Choque, D, V. (2022). *Diseño, implementación y evaluación económica de un sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico*. (Tesis de ingeniería).  
Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca.

**AUTOR:** Dalthon Valentin Choque Calcina

**TÍTULO:** Diseño, implementación y evaluación económica de un sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2022

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (89 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables —  
Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 02-000013-02/CH75

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dr. Henry Pizarro Viveros

**PALABRAS CLAVE:**

energía fotovoltaica, evaluación económica, máquina de ordeño mecánico, ordeño fotovoltaico, sistema fotovoltaico.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA EN ENERGÍAS  
RENOVABLES**

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN  
SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE ORDEÑO  
MECÁNICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Presentado por:**

Dalthon Valentin Choque Calcina

**Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:**

MSc. Reynaldo Condori Yucra  
**PRESIDENTE DE JURADO**



---

**PRESIDENTE**

Dr. Washington Miguel Soncco Vilcapaza  
**JURADO (Secretario)**



---

**2º MIEMBRO**

MSc. Fredy Bernardo Coyla Apaza  
**JURADO (Vocal)**



---

**3º MIEMBRO**



---

Dr. Henry Pizarro Viveros  
**ASESOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado esa voluntad de trabajo y humildad en esta vida.

A mis padres Valentín Choque y Norma Calcina, por brindarme todo su apoyo y guiarme de manera adecuada.

A mis hermanos Madame, Rhone y Flor de María, por los buenos y malos momentos que se vivió en todo este proceso de formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida que me está dando.

A mis padres por el apoyo diario que me brindan.

A mis tíos Antonio padilla, Cristina Hanco, Luz Marina Calcina y Edgar Alvarez, por sus consejos, recomendaciones y apoyo.

Al Dr Henry Pizarro por la enseñanza y el apoyo en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis compañeros de la universidad y del trabajo por todos los consejos y sugerencias.

A la Compañía de Bomberos UBO-239 Azángaro.

A la Universidad Nacional de Juliaca.

# ÍNDICE

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos .....	xiii
Resumen .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 Análisis de la situación problemática.....	17
1.2 Formulación del problema .....	19
1.2.1 Problema general.....	19
1.2.2 Problemas específicos .....	19
1.3 Objetivos de la investigación .....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos .....	19
1.4 Justificación de la investigación .....	20
CAPÍTULO II - REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
2.1 Antecedentes de la investigación .....	22
2.2 Marco teórico .....	23
2.2.1 Sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red.....	23
2.2.2 Ordeño manual .....	25
2.2.3 Ordeño mecánico .....	25
2.2.4 Máquina de ordeñadora mecánica.....	26
2.2.5 Análisis de costo beneficio.....	26
2.3 Marco conceptual.....	26
2.3.1 Energías Renovables .....	26
2.3.2 Usos de la energía solar.....	27
2.3.3 Potencial de la energía solar fotovoltaica.....	27
2.3.4 Tipos de células fotovoltaicas .....	28
2.3.5 Situación energética rural en el Perú.....	28



2.4	Normativa utilizada.....	29
<b>CAPÍTULO III - MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>30</b>
3.1	Formulación de Hipótesis .....	30
3.1.1	Hipótesis general .....	30
3.1.2	Hipótesis específicas .....	30
3.2	Materiales y equipos .....	30
3.2.1	Recursos humanos.....	30
3.2.2	Instrumentos .....	31
3.2.3	Diseño de la estructura .....	31
3.2.4	Módulo fotovoltaico (Jinko Solar).....	31
3.2.5	Inversor híbrido (Epever).....	33
3.2.6	Baterías (RITAR).....	35
3.2.7	Variador de frecuencia (INVERTEK) .....	37
3.2.8	Ordeñadora mecánica (TAMAN) .....	39
3.3	Recolección de datos.....	40
3.3.1	Inclinación y declinación de los módulos fotovoltaicos .....	40
3.3.2	Radiación solar.....	42
3.3.3	Potencia máxima .....	43
3.3.4	Cálculo del consumo máximo.....	43
3.3.5	Cálculo de la corriente máxima del regulador de carga.....	44
3.3.6	Cálculo de la potencia del inversor .....	45
3.3.7	Cálculo de baterías .....	45
3.3.8	Cálculo de la sección de cableado.....	46
3.3.9	Esquema de la ordeñadora .....	47
3.3.10	Diagrama de flujo.....	47
3.3.11	Sistema de ordeño mecánico con energía solar.....	49
3.3.12	Operacionalización de variables .....	49
3.4	Valor actual neto (VAN).....	50
3.5	Tasa interna de retorno (TIR).....	51
3.6	Índice de beneficio costo (B/C) .....	51
3.7	Payback .....	51
3.8	Metodología .....	52

3.8.1	Ubicación del proyecto .....	52
3.8.2	Vías de acceso al lugar del proyecto .....	53
CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		54
4.1	Inclinación del módulo fotovoltaico .....	54
4.2	Sección del cableado.....	54
4.3	Cálculo del variador de frecuencia.....	56
4.4	Cálculo del inversor .....	56
4.5	Cálculo de las baterías .....	57
4.6	Cálculo del módulo fotovoltaico.....	57
4.7	Cálculo de VAN, TIR, B/C y PAYBACK.....	57
4.8	Equipos de protección.....	58
4.9	Diagrama multifilar de la instalación.....	59
4.10	Costo para la implementación del sistema.....	61
4.10.1	Agrobanco .....	61
4.10.2	Proceso de ordeño mecánico.....	62
4.10.3	Montaje y Estructura de soporte .....	64
4.11	Mediciones del sistema .....	68
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		70
5.1	Conclusiones .....	70
5.2	Recomendaciones .....	71
CAPÍTULO VI - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		72
ANEXOS.....		77

## Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros eléctricos y térmicos del módulo fotovoltaico (ficha técnica del módulo fotovoltaico).....	32
Tabla 2. Parámetros eléctricos del inversor (ficha técnica del inversor EPEVER).....	34
Tabla 3. Parámetros eléctricos y térmicos de la batería (ficha técnica de la batería RITAR).....	35
Tabla 4. Parámetros eléctricos del variador de frecuencia (ficha técnica del variador de frecuencia INVERTEK).....	38
Tabla 5. Parámetros eléctricos y técnicos de la ordeñadora mecánica (TAMAM).....	40
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	50
Tabla 7. Vías de acceso al lugar de estudio.....	53
Tabla 8. Costos de la implementación del sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico. ....	61
Tabla 9. Mediciones de parámetros eléctricos y presión de la máquina de ordeño en funcionamiento. ....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Fotovoltaico Autónomo y Sistema Fotovoltaico Conectado a Red.....	24
Figura 2. Modulo fotovoltaico JKM405M-72H-V (ficha técnica Jinko Solar).....	33
Figura 3. Inversor cargador (ficha técnica Epever UP2000-M3322). ....	34
Figura 4. Batería Ritar de 100AH.....	35
Figura 5. curva característica de carga (ficha técnica de la batería RITAR).....	36
Figura 6. curva característica de descarga (ficha técnica de la batería RITAR). ....	37
Figura 7. Variador de frecuencia monofásico Invertek .....	38
Figura 8. Modelo de ordeñadora Tamam .....	39
Figura 9. Comportamiento del ángulo $\delta$ en un año. ....	42
Figura 10. Corriente eléctrica de un módulo fotovoltaico en función de la diferencia de potencial (Tavares y Galdino, 2014).....	43
Figura 11. Esquema de una máquina de ordeño de línea de leche (FCA, 2016).....	47
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de generación fotovoltaica aplicado a una máquina de ordeño de línea de leche. ....	48
Figura 13. Esquema de ordeño mecánico con generación fotovoltaica (DeLaval, 2017)....	49
Figura 14. Coordenadas geográficas de la ubicación del lugar del proyecto de investigación. ....	53
Figura 15. Grafica de la VAN y TIR. ....	58
Figura 16. Diagrama multifilar. ....	60
Figura 17. Máquina de ordeño móvil. ....	63
Figura 18. Proceso de ordeño mecánico.....	63
Figura 19. Vacuometro para presión de vacío de la máquina de ordeño.....	64
Figura 20. Soporte base del módulo fotovoltaico.....	65
Figura 21. Soporte del módulo fotovoltaico.....	65
Figura 22. Soporte del módulo fotovoltaico elaborado en Autocad.....	66

Figura 23. Soporte de equipos electrónicos.....	67
Figura 24. Soporte de equipos electrónicos instalados.....	68

## Índice de anexos

Anexo 1. Ficha técnica del módulo fotovoltaico (JINKO SOLAR).....	77
Anexo 2. Ficha técnica de inversor híbrido (EPEVER). ....	79
Anexo 3. Ficha técnica de la batería (RITAR). ....	81
Anexo 4. Ficha técnica del variador de frecuencia (OPTIDRIVE).....	83
Anexo 5. Fotos de la instalación.....	84
Anexo 6. Tabla de cálculo de VAN, TIR, B/C Y PAYBACK.....	88
Anexo 7. Plano de la estructura del soporte del módulo fotovoltaico. ....	89

## RESUMEN

La región Puno es tradicionalmente agrícola y ganadera que necesita de energía eléctrica para cubrir sus necesidades. Estos sectores utilizan comúnmente la energía de la red eléctrica pública del concesionario local. Sin embargo, ese servicio de energía eléctrica no abastece a todas las localidades de la región mucho menos a localidades rurales alejadas con potencial ganadero, además en lugares donde sí se cuenta con energía eléctrica se tiene el problema de constantes cortes del abastecimiento que afectan a la población. Por ese motivo no pueden cubrir diversas aplicaciones tecnológicas ganaderas como por ejemplo el funcionamiento de los sistemas de ordeño mecánico para optimizar la producción de leche, es en este contexto que la utilización de las energías renovables se tornan una opción para solucionar este problema. El objetivo del presente trabajo fue diseñar, implementar y evaluar económicamente un sistema fotovoltaico que suministre energía eléctrica de manera constante y principalmente limpia a una máquina de ordeño mecánico en el establo Bonanza de la localidad de Copacachi del centro poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro. Fue diseñado el sistema fotovoltaico considerando la potencia de la máquina de ordeño mecánico para una capacidad de 550 W con un tanque de vacío que tiene la capacidad de ordeñar en menos tiempo y obteniendo leche sin agentes contaminantes dándole un valor agregado a la leche, el diseño del sistema fotovoltaico dio resultados a un módulo fotovoltaico de 405 W, un inversor cargador de 1600 W y dos baterías de 100 Ah. Como resultado se tiene el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaico que es abundante en la región para generar energía eléctrica que alimente a una máquina de ordeño mecánico. Fue realizado la evaluación económica que, a través de los indicadores económicos de VAN, TIR, B/C y Payback, donde los resultados nos muestran que el proyecto es rentable recuperando la inversión inicial en el año 4. Se realizó una proyección del funcionamiento del sistema por 10 años con una relación de B/C = 1.08 y un TIR = 21.99 % y VAN = S/. 5,938.91. Teniendo en cuenta que el sector rural tiene la facilidad de trabajar con Agrobanco con la tasa de interés del 3.5 %, además se consideró que en el año 6 se realizará la compra de baterías nuevas.

**Palabras clave:** Energía fotovoltaica, evaluación económica, máquina de ordeño mecánico, ordeño fotovoltaico, sistema fotovoltaico.

## ABSTRACT

The Puno region is traditionally agricultural and livestock that needs electricity to cover its needs. These sectors commonly use power from the local concessionaire's public power grid. However, this electrical energy service does not supply all the towns in the region, much less the rural areas affected by the livestock potential, as well as in the places where the electrical energy is accounted for if there is a problem of constant power cuts. that affect the population. For this reason, it is not possible to cover different agricultural technological applications, such as the operation of mechanical management systems to optimize milk production, it is in this context that the use of renewable energies becomes an option to solve this problem. The objective of this work was to design, implement and economically evaluate a photovoltaic system that supplies electrical energy in a constant and mainly clean way to a mechanical ordering machine in the Bonanza establishment in the town of Copacachi in the town center of Hanajquia in the district and province of Azangaro. The photovoltaic system was designed considering the power of the mechanical classifier for a capacity of 550 W with a vacuum tank that has the capacity to classify in less time and obtain milk without contaminating agents, giving added value to the milk, the design of the The product's photovoltaic system results in a 405 W photovoltaic module, a 1600 W charging inverter and 100 Ah batteries. As a result, the use of photovoltaic solar energy, abundant in the region, is available to generate electrical energy to feed a mechanical computing machine. An economic evaluation was carried out, using the economic indicators of VAN, IRR, B/C and Payback, of which the results show that the project is profitable, recovering the initial investment in year 4. system at 10 years with a B/ C = 1.08, TIR = 21.99 % and VAN = S/. 5,938.91. Bearing in mind that the rural sector has the facility to work with Agrobanco with an interest rate of 3.5 %, it is also considered that in year 6 new batteries will be purchased.

**Keywords:** Economic evaluation, mechanical ordering machine, photovoltaic energy, photovoltaic order, photovoltaic system.



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día se habla de la Norma Internacional ISO 50001 conocido también como el Sistema de Gestión Energética. Esta norma ayuda a las organizaciones a implantar una política energética y a gestionar adecuadamente los aspectos energéticos de acuerdo al sector a aplicarse y también indica el uso de las energías renovables, teniendo en cuenta que el uso de los combustibles fósiles para la generación de energía contamina el medio ambiente. El uso de la energía eléctrica en máquinas que se utilizan en el sector agropecuario se está volviendo más cotidiano y necesario para reducir la mano de obra optimizando sus procesos y mejorando la calidad de sus productos.

La energía solar fotovoltaica en el Perú se está implementando como una solución al acceso de energía eléctrica, la región cuenta con condiciones climatológicas adecuadas para la instalación de sistemas fotovoltaicos. La alta irradiación solar junto con las bajas temperaturas torna la generación fotovoltaica como la más promisoría en la región. Ya son diversos los proyectos como el bombeo solar, sistemas fotovoltaicos aislados y conectados a la red entre otros que buscan cubrir las necesidades energéticas de los sectores agrícolas y ganaderos. Sin embargo, no muchas necesidades de estos sectores están cubiertas lo que motiva al planteamiento de proyectos para otras aplicaciones energéticas.

Es en este contexto que se planteó debido a que el problema de energía eléctrica en la región todavía no cubre el 100 % de establos y el tiempo de reposición de la energía por parte de la concesionaria eléctrica es de 4- 48 Hr según disponibilidad y acceso, el presente proyecto que diseñó, implementó y evaluó económicamente un sistema fotovoltaico que abastece una máquina de ordeño mecánico, en la ciudad de Azángaro de la región de Puno en condiciones climatológicas extremas del altiplano. El sistema fotovoltaico trabaja con un módulo fotovoltaico, inversor cargador, baterías, variador de frecuencia y el cableado correspondiente para la alimentación de una ordeñadora mecánica de 550 W, con una corriente de arranque de 14.5 A. Realizando el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico presentará una viabilidad económica adecuada al establo Bonanza el cual afirmamos la hipótesis planteada

El diseño del sistema fotovoltaico consideró las características geográficas del lugar del proyecto que resultó en un módulo fotovoltaico de 405 W de la marca Jinko solar. Un inversor cargador de 2000 VA de la marca EPEVER que trabaja a una potencia de salida de 1600 W. Un variador de frecuencia monofásico de 800 W de la marca Invertek con dos baterías de marca Ritar de 100 Ah además del sistema de seguridad eléctrico con un seccionamiento del cableado para el sistema.

El inversor cargador trabaja de manera autónoma con módulos fotovoltaicos y batería, también puede trabajar con un generador eléctrico o conectado a red. Este inversor tiene un sistema de control MPPT y hace que el sistema sea más óptimo en el aprovechamiento de la energía solar. El sistema fotovoltaico se instaló en el establo Bonanza de la localidad de Copacachi del Centro poblado de Hanajquia, distrito de Azángaro, el diseño del sistema fotovoltaico se realizó considerando los aspectos ambientales, técnicos, económicos, geográficos y climatológicos, de acuerdo a la Normativa DGEE-MINEM NTP 399.403.2006.

Los resultados del estudio servirán para futuras investigaciones como antecedentes para las empresas comercializadoras de sistemas fotovoltaicos con el fin de promocionar tecnologías renovables en aplicaciones ganaderas.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Análisis de la situación problemática

El desarrollo de la economía está estrechamente relacionado con un mayor consumo de energía y un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y las energías renovables contribuye al desarrollo sostenible, la mitigación del cambio climático, el desarrollo económico y social, acceso a fuentes de energía, reducción de los impactos medioambientales y sanitarios negativos (IPCC, 2011).

La situación energética en el medio rural está en función del Programa Nacional de Electrificación Rural (PNER) donde el uso de la electricidad se incrementó de 32 % (2004) a 78 % (2015) y el consumo eléctrico no evidencio cambios significativos en el medio rural (OSINERGMIN, 2017). La concesionaria de energía eléctrica en el departamento de Puno tiene demoras en la reposición de energía, esta demora provoca muchos perjuicios en diversos aspectos principalmente en la imposibilidad de utilizar la energía eléctrica en aplicaciones tecnológicas. Es el caso de la zona rural del interior de la provincia de Azángaro, donde es común la ocurrencia de fallas en el servicio eléctrico que provocan la falta de energía eléctrica con un extenso tiempo de reposición de la energía que demora entre 4 a 48 horas, los reclamos son constantes, sin embargo, no se presentan soluciones a estos eventos. La falta de energía eléctrica y la demora en reposición perjudica grandemente a los pobladores del medio rural y no permite que se utilice sistemas mecanizados para optimizar la producción agrícola y ganadera de las zonas rurales. La posibilidad de contar con grupos electrógenos en muchas zonas rurales se torna inviable debido a los altos costos.

Una alternativa de solución es el aprovechamiento del recurso solar que en la región tiene los más altos índices de irradiancia solar del Perú que combinada a las bajas temperaturas se tornan en las condiciones más óptimas para la generación de energía fotovoltaica. La Ley N° 28749 (Ley General de Electrificación Rural) indica en el desarrollo de los proyectos de electrificación rural se debe dar prioridad al aprovechamiento de recursos energéticos renovables. El decreto legislativo N° 1002 en el artículo 12 indica:

Promoción de investigación y desarrollo de proyectos de generación eléctrica con RER, en actividades productivas, negocios rurales, difundiendo los beneficios de la energía eléctrica, para contribuir a incrementar la productividad y mejorar las condiciones de vida en las comunidades rurales. La electrificación rural en la actualidad no solamente sustituye velas (iluminación) si no también debe generar oportunidades de mejora y progreso (OSINERGMIN, 2017).

La industria láctea en países tecnificados concentra los mayores consumos energéticos. En busca de cubrir estas altas demandas energéticas la literatura muestra que existen alternativas mediante fuentes de generación fotovoltaica que buscan cubrir en parte estas demandas. Experiencias internacionales en haciendas colombianas, muestran que el uso de la energía fotovoltaica combinada con la convencional permitió que el productor lácteo obtuviera un 171% de retorno de inversión en 6 años de funcionamiento (Camargo y Garzon, 2018). En el caso de la hacienda lechera Trinidad, se implementó un sistema fotovoltaico con producción de 22,2 kWh destinada al consumo propio y para aplicaciones de ordeño, siendo viable económicamente con un beneficio neto en 30 años (Aguilar y Narváez, 2018). En el Perú, las aplicaciones de la energía fotovoltaica son cada vez mayores, para sistemas de ordeño existen propuestas de diseños sin embargo ninguno plantea la implementación del sistema, sin embargo, todos coinciden en el beneficio inmediato de evitar la emisión de contaminantes además del beneficio económico a mediano plazo.

Actualmente, el establo Bonanza de la localidad de Copacachi, Centro Poblado de Hanajquia, distrito y provincia de Azángaro del departamento de Puno tiene como principal actividad a la ganadería y agricultura a menor escala. Dentro de sus actividades ganaderas tiene la de producción lechera de forma tradicional.

Para la mejora de la producción lechera se plantea la tecnificación de la producción mediante el uso de máquinas de ordeño mecánicas, sin embargo, es necesario el abastecimiento continuo y confiable de la energía eléctrica con el fin de que no se inactive la oxitocina que es la responsable de la salida de la leche (Garcés y Morocho, 2018).

En ese sentido se plantea el diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a una máquina de ordeño mecánico que contribuya a mejorar la productividad utilizando tecnologías de generación eléctrica limpias con bajo impacto en el medio ambiente además de evaluar económicamente la viabilidad de la implementación de esta nueva tecnología.

En ese contexto se plantea el siguiente problema de investigación:

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo el diseño, la implementación y la evaluación económica de un sistema fotovoltaico será aplicado para el funcionamiento de una máquina de ordeño mecánico?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿El diseño del sistema fotovoltaico garantizará el funcionamiento de la máquina de ordeño mecánico?
- ¿La implementación del sistema fotovoltaico influirá en el funcionamiento del sistema fotovoltaico y la máquina de ordeño mecánico?
- ¿Serán los indicadores económicos que determinen la viabilidad económica de la máquina de ordeño mecánico?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar, implementar y evaluar económicamente un sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico.

- Implementar el sistema fotovoltaico aplicado de una máquina de ordeño mecánico.
- Determinar los indicadores económicos para establecer la viabilidad económica de la máquina de ordeño mecánico.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Según manifiesta OSINERGMIN (2017), las energías renovables son una alternativa económicamente competitiva y técnicamente confiable para el aprovechamiento en zonas rurales del Perú, porque son una fuente inagotable, que ayuda a reducir la dependencia energética, promueven el desarrollo local y protegen el medio ambiente con el fin de reducir los gases de efecto invernadero. En el establo Bonanza al igual que en toda la región de Puno, el recurso solar es grande y las temperaturas ambientales son bajas lo que garantizará la generación fotovoltaica óptima para el proyecto propuesto.

La implementación y operación del sistema de ordeño mecánico con energía solar, mostrará la viabilidad técnica de una alternativa energética que se puede aprovechar y aplicar exitosamente a una actividad económica común en el establo Bonanza. Para tal fin, se utilizarán los conocimientos adquiridos y los recursos tecnológicos presentes en el mercado local que servirá como modelo a replicar en el sector ganadero y lácteo de la región.

Con la implementación de un sistema fotovoltaico se descartará el uso de un generador eléctrico portátil debido a que el problema de los cortes de energía que no son programados por parte de la concesionaria eléctrica y se presentan en la temporada de lluvias hace que sea necesario el uso de generador eléctrico que funciona con el combustible (gasolina).

De acuerdo a la literatura revisada, se tiene que los proyectos de generación fotovoltaica aplicados a haciendas ganaderas presentan alentadores índices económicos, es decir que la inversión económica será recuperada en mediano plazo. Estos resultados sirven de motivación para la implementación del proyecto.

La energía solar y el avance tecnológico van contribuyendo en favor del medio ambiente, principalmente los sistemas fotovoltaicos debido a su simplicidad, ya que en comparación

con otro tipo de energías renovables son de muy fácil instalación, además de ser considerada energía limpia que ayuda a reducir la producción de Gases de Efecto Invernadero. El establecimiento de leyes regulatorias, con sanciones por contaminación con el fin de limitar los efectos en el cambio climático están contribuyendo el desarrollo de las plantas de energías renovables y las más destacadas son las energías fotovoltaicas y eólica en el corto y mediano plazo (Beltrán et al., 2017).

## **CAPÍTULO II**

# REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes internacionales encontrados muestran importantes avances, así tenemos el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de energía solar destinados a haciendas en Colombia nos muestra el avance que en esta área se tiene. Según indican Aguilar y Narváz (2018), la industria ganadera láctea es uno de los sectores agrícolas que concentra consumos energéticos elevados. El impacto ambiental que genera también es muy importante, siendo estos consumos de energía abastecidos mediante fuentes de redes comerciales de tipo convencional asociados a la generación de gases de efecto invernadero. Mediante el diseño de un sistema con energía renovable que está interconectado a la red se logró dar una posible solución para paliar esta problemática, mediante el uso de una fuente de energía renovable como lo es la solar. Para el estudio de caso hacienda la Trinidad, específicamente en el proceso de ordeño de hato se encontró que este proceso produce junto al proceso de enfriamiento un 30 a 40 % del consumo total de energía representando costos económicos elevados, que se podrían disminuir con la implementación de un sistema fotovoltaico que alimente al proceso de ordeño industrial. En la misma línea, Camargo y Garzón (2018), indican que el uso de sistemas fotovoltaicos en la finca La Chorrera, permitió la implementación de maquinaria de ordeño especializada, generando un aumento de producción que el proceso manual, además de contribuir con la disminución de costos en cuanto a energías y combustibles. En el aspecto económico, se muestra que el uso de energía solar fotovoltaica de manera híbrida (red pública de energía) permite que el productor tenga un 171% de retorno de su inversión durante los 6 años de implementación de este antes de necesitar una nueva inyección de capital para el cambio de ganado.

Investigaciones nacionales como la de Feliciano et al. (2016), manifiestan que el uso de un sistema fotovoltaico para el uso de máquinas de ordeño permitirá reducir contaminantes y por lo tanto se puede lograr un desarrollo sostenible. Según Pretell (2017), en su investigación presenta una propuesta de tratamiento de excretas de ganado bovino para la generación de energía eléctrica en el área de ordeño mecánico en el establo Monteverde y su objetivo principal es reducir costos a largo plazo de energía eléctrica mediante la



utilización de energía renovable y contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La literatura nacional encontrada muestra diversas aplicaciones de la energía fotovoltaica en diversas áreas por ejemplo en el sector deportivo. Así tenemos a Kamalvand (2019), quien implemento un sistema fotovoltaico para un complejo deportivo con excelentes índices económicos. Se tiene estudios de viabilidad económica de la instalación de sistema fotovoltaicos, así tenemos a Quispe (2017), quien utilizó el análisis de los índices económicos de una planta de generación solar para determinar la recuperación de la inversión y obtener el resultado que la inversión inicial se recuperará en 4 años. Antecedentes locales referidos a sistemas de ordeño mecánico con alimentación de energía fotovoltaica no existen

En el ámbito local no encontramos investigaciones relacionadas al tema de la presente investigación lo que resalta aún más la importancia de los resultados obtenidos de esta nueva aplicación fotovoltaica.

## **2.2 Marco teórico**

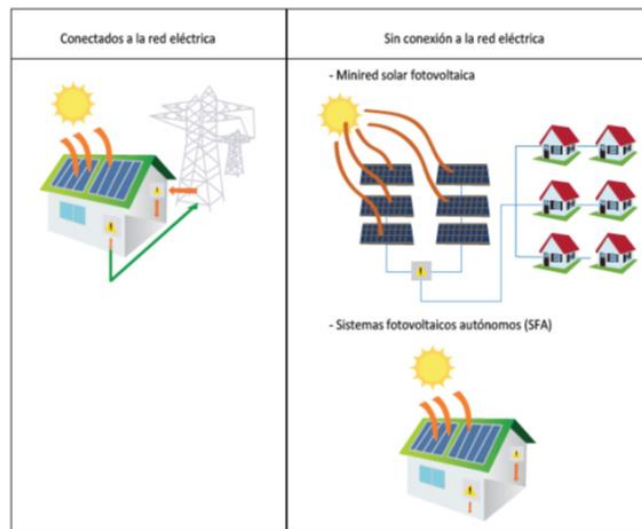
### **2.2.1 Sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red**

Según se menciona en Carta et al. (2009), indica que los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen la solución de muchos problemas energéticos y son parte fundamental para la garantía del fluido eléctrico y de las comunicaciones, los sistemas autónomos requieren de baterías para almacenar energía que será consumida en los ciclos diarios. En relación a los sistemas fotovoltaicos conectados a red consiste básicamente en un arreglo fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional y está conectado con los medidores inteligentes.

El organismo nacional como es OSINERGMIN (2019), indica que los sistemas fotovoltaicos se utilizan en zonas geográficamente aisladas o zonas remotas donde no existe red eléctrica pública o llega en escasez, como depende de la energía solar, solo provee energía por unas pocas horas y requiere baterías para tener un suministro continuo de electricidad y se ha convertido en una de las principales formas de llevar

energía eléctrica a zonas donde existe alto potencial solar. En Perú, este tipo de sistemas corresponde a aquellos usuarios que no se encuentran conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

La Figura 1, muestra sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica y sin conexión a la red eléctrica donde está se divide en minired solar fotovoltaica y sistemas fotovoltaicos autónomos. Los sistemas conectados a la red eléctrica, sin conexión a la red eléctrica AC y sistemas fotovoltaicos autónomos CC según se menciona en Energías Renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (OSINERGMIN, 2019).



**Figura 1.** Sistema Fotovoltaico Autónomo y Sistema Fotovoltaico Conectado a Red. (OSINERGMIN, 2019).

#### a. Sistema fotovoltaico conectado a red

Según manifiesta Perpiñán (2020), que indica que un sistema fotovoltaico conectado a la red es un sistema que produce energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional, el sistema fotovoltaico conectado a red tiene como componentes del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas, la energía generada por este sistema será consumida parcial o totalmente en alrededores, y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución

a otros puntos de consumo. Es común en otros países que existan mecanismos de retribución económica que compensan al propietario del sistema por la energía que su sistema intercambia con la red, en el Perú todavía no se tiene leyes aprobadas de generación distribuida.

#### **b. Sistema fotovoltaico aislado**

Según Perpiñán (2020), manifiesta que un sistema fotovoltaico autónomo produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a red, empleando un sistema de almacenamiento de energía para hacer frente a los periodos en los que la generación es inferior al consumo. También existen sistemas fotovoltaicos que solo funcionan con energía de corriente continua o energía de corriente alterna

#### **2.2.2 Ordeño manual**

El investigador Gutiérrez (2008), manifiesta que el ordeño manual es la extracción de la leche por las ubres de las vacas, se denomina ordeño y se produce por un reflejo nervioso que se pone en marcha al iniciar el mismo. Para que la leche sea expulsada de la ubre es necesario la presencia de la hormona oxitocina que se produce durante el ordeño. Según la ONG FAO (2011), indica que las buenas prácticas de ordeño se deben aplicar durante todo el proceso de obtención de la leche: El comportamiento diario de la persona que ordeña y la manera de actuar antes, durante y después del ordeño son clave para garantizar la inocuidad del producto.

#### **2.2.3 Ordeño mecánico**

Este tipo de ordeño según Wandurraga (2019), es un proceso organizado, con menos incomodidad para el establo y además se ahorra la mano de obra incrementando la productividad en cuanto a cantidad de animales ordeñados por hora pasando de 20 a 30 en un ordeño manual a 40 a 80 animales en un ordeño mecánico. Es importante tener en cuenta los parámetros de ordeño mecánico:

- Presión:40-42kPa.
- Frecuencia de pulsación: 90 puls/min.
- Relación de succión masaje: 60/40.

#### **2.2.4 Máquina de ordeñadora mecánica**

La ordeñadora mecánica es una máquina que está destinado al ordeño de la leche, la ordeñadora mecánica está compuesto por un motor, una bomba de vacío, tanque de vacío y los pulsadores.

#### **2.2.5 Análisis de costo beneficio**

Como manifiesta Ortega (2012), el análisis costo-beneficio es una metodología para evaluar de manera exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto, con el objetivo de determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados y expresados en unidades monetarias, para poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto. Esta metodología muestra además quien gana y quien pierde (y por cuánto) como resultado de la ejecución del proyecto.

### **2.3 Marco conceptual**

#### **2.3.1 Energías Renovables**

Según OSINERGMIN (2017), las características tecnológicas y económicas de la generación de electricidad con recursos energéticos renovables han evolucionado hasta la actualidad, en muchos casos, son más competitivos con respecto a tecnologías de energías convencionales. Además, los recursos energéticos renovables permiten mitigar en mayor cuantía la emisión de gases de efecto invernadero y contrarrestar los efectos del cambio climático. Según Jara (2006), indica que las energías renovables se caracterizan porque, sus procesos de transformación y el uso de energía útil, no se consumen ni se agotan en una escala humana de tiempo el lento desarrollo se debe principalmente a la estacionalidad de su utilización y al alto grado de estudios requeridos, para implementarlas y como para almacenar la energía.

### **2.3.2 Usos de la energía solar**

Según Carta et al. (2009), indica que la energía radiante que llega a la superficie de la Tierra (infrarrojo, luz visible y ultravioleta) es procedente del sol. Se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas, hecha de materiales semiconductores cristalinos y por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando la radiación solar incide sobre las células solares, la corriente eléctrica generada a partir de la energía solar fotovoltaica tiene actualmente muchas aplicaciones en distintos sectores de producción.

Carta et al. (2009), en su libro manifiestan que la generación de energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores cristalinos y por efecto fotovoltaico generan corriente eléctrica cuando la radiación solar incide sobre las células fotovoltaicas. Dentro de las aplicaciones que se puede dar con la energía generada por los paneles fotovoltaicos se encuentran las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a zonas aisladas o con deficiencias en el abastecimiento eléctrico convencional (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombeos, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agroganaderos, etc.).

### **2.3.3 Potencial de la energía solar fotovoltaica**

Según Carta et al. (2009), indica que la radiación solar emitida por el sol en todas las direcciones una parte es interceptada por la tierra, de manera que puede definirse una magnitud llamada constante solar, así como la energía por unidad de tiempo y unidad de superficie perpendicular a la dirección de la propagación de la radiación, el valor de la constante solar puede estimarse suponiendo el sol como un cuerpo negro a una temperatura de 5762K; y se obtiene así el valor de la constante solar de  $1359 \text{ W/m}^2$ . Así, en las horas centrales de un día despejado y de cielo limpio el panel solar esté dispuesto con una inclinación y orientación adecuada, la irradiancia incidente en el panel fotovoltaico puede ser de orden de  $1 \text{ kW/m}^2$ .

#### **2.3.4 Tipos de células fotovoltaicas**

Existen diferentes tecnologías de células fotovoltaicas en el mercado, cada una de ellas tiene diferentes características, las más comunes pueden clasificarse:

- Silicio
- Cristalino (monocristalinos, policristalinos)
- Célula monocristalina: Las células monocristalinas tienen un color uniforme, generalmente azul o negro.
- Célula policristalina: Las células policristalinas tienen un color no uniforme ya que son restos de partículas de silicio y su rendimiento es inferior a las células monocristalinas.
- Amorfo
- Compuesto:  
Grupo II-VI (CIS, CdTe) y  
Grupo III-V (GaAS, Inp).

#### **2.3.5 Situación energética rural en el Perú**

Según OSINERGMIN (2012), manifiesta que el acceso a la energía eléctrica a nivel rural está experimentando un avance notable en los últimos años debido a las políticas de electrificación rural promovidas por el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Electrificación Rural. Esta dependencia, constituida por la Dirección Ejecutiva de Proyectos y la Dirección de Fondos Concursables, se ha logrado incrementar de forma sostenida la cobertura rural al amparo de la Ley N° 28749, “Ley General de Electrificación Rural” del año 2006 actualizado en el año 2020, cuyo destino será la creación de la infraestructura en zonas rurales.

Banco Mundial (2014), indica el Perú ha incrementado el acceso a la energía eléctrica para más de 105,000 usuarios domésticos rurales de bajos recursos económicos a través de un programa de apoyo del Banco Mundial para ampliar la red eléctrica e instalar sistemas de energía solar. Este esfuerzo de electrificación incluyó a colegios, hospitales y centros comunitarios. El Proyecto fue instrumental

en el establecimiento de una tarifa nacional para el servicio regulado con usuarios domésticos independientes de la red de sistemas fotovoltaicos, el proyecto apoyo a más de 21,000 productores rurales incluyendo a mujeres, quienes constituyeron más de un tercio de beneficiarios.

#### **2.4 Normativa utilizada**

- “Universal Technical Standard for Solar Home Systems” Thermie B SUP 995-96, EC-DGXVII, 1998. (Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos)
- Norma técnica de edificación EM080 instalaciones con energía solar.
- Norma DGE especificación técnica del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural (setiembre 2015).
- Código Nacional de Electricidad (Utilización) enero 2006.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Formulación de Hipótesis

##### 3.1.1 Hipótesis general

El diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico presentará una viabilidad económica adecuada al establo Bonanza.

##### 3.1.2 Hipótesis específicas

- El diseño del sistema fotovoltaico considerará todos los parámetros fotovoltaicos para el funcionamiento autónomo de la máquina de ordeño mecánico.
- Con la implementación del sistema fotovoltaico se podrá realizar pruebas experimentales del funcionamiento del sistema de ordeño mecánico.
- La determinación de los indicadores económicos verificará la viabilidad económica de la máquina de ordeño mecánico.

#### 3.2 Materiales y equipos

Los materiales y equipos a utilizar: equipo completo de la máquina de ordeño mecánico, cables de energía, aceite mineral para ordeñadora, modulo fotovoltaico, inversor híbrido, batería, interruptores termo magnéticos en AC y DC, tablero de control, destornilladores dieléctricos, llaves de fuerza, alicates de corte y fuerza, alicate prensa terminal, canaletas de cable, cintillos, terminales tipo pin y ojal.

##### 3.2.1 Recursos humanos

- Tesista
- Personal para la construcción de la estructura
- Transporte de material



### **3.2.2 Instrumentos**

Los instrumentos a utilizar para medición de los datos de la investigación son: pinza amperimétrica, multímetro digital, vacuómetro, clinómetro, nivel, brújula.

La pinza amperimétrica que se utilizó es de la marca Prasek, de modelo PR-54 que tiene los siguientes parámetros de medición en corriente de hasta 400 A en AC y DC, en voltaje también es de 600 V en AC y DC, con un rango de frecuencia de 10 Hz a 10 MHz con un error de 1% y teniendo un display para leer los datos de medición.

El vacuómetro utilizado es de la marca Tamam que tiene un rango de medición de 0 a -1.0 Bar, este instrumento nos sirve para realizar la medición de presión de vacío que se tiene que lograr para el funcionamiento de la máquina de ordeño mecánico.

El Clinómetro utilizado es de la marca Suunto PM 5/360 PC que se utilizó para la inclinación del módulo fotovoltaico. Como la brújula y el nivel que sirvieron para la orientación y nivel del módulo fotovoltaico.

### **3.2.3 Diseño de la estructura**

La estructura se diseñó con fierro galvanizado con la finalidad de aumentar el tiempo de vida de la estructura, la estructura del módulo fotovoltaico se diseñó para una inclinación de 5° a 45° y variar la orientación en 360°. En la estructura de soporte del inversor, baterías, variador de frecuencia y regleta de ITM's se realizó con acero simple

### **3.2.4 Módulo fotovoltaico (Jinko Solar)**

El módulo fotovoltaico utilizado para la investigación es de la marca Jinko Solar, el modelo JKM405M-72H-V como se muestra en la figura 2, el tipo de célula es mono PERC de 72 células de silicio, de 405W de máxima potencia, con una eficiencia del módulo STC (20.13%) y se muestran datos técnicos en la siguiente tabla, y la ficha técnica se muestra en el anexo 1. Realizando el cálculo para

determinar la potencia del módulo fotovoltaico, nos da 330W, y el proveedor teniendo en stock el módulo fotovoltaico de 405 W. La Tabla 1, muestra las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos utilizados en el sistema.

**Tabla 1**

*Parámetros eléctricos y térmicos del módulo fotovoltaico (ficha técnica del módulo fotovoltaico)*

<b>Módulo JKM405M-72H-V Jinko Solar</b>	
<b>Parámetros eléctricos</b>	
Potencia máxima (P <sub>máx</sub> )	405 W
Corriente de máxima potencia (I <sub>mp</sub> )	9.65 A
Tensión de máxima potencia (V <sub>mp</sub> )	42 V
Corriente de corto circuito (I <sub>sc</sub> )	10.48 A
Tensión de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	50.1 V
<b>Parámetros térmicos</b>	
Temperatura nominal de Operación de la Célula (TNOC)	45±2°C
Coeficiente de Temperatura de I <sub>sc</sub>	0.048%/°C
Coeficiente de Temperatura de V <sub>oc</sub>	-0.29%/°C
Coeficiente de Temperatura de P <sub>mp</sub>	-0.35 % °C
Condiciones estándares de prueba STC	
AM: 1.5	IRRADIANCIA: 1000w/m <sup>2</sup> Temp: 25°C



**Figura 2.** Modulo fotovoltaico JKM405M-72H-V (ficha técnica Jinko Solar).

### **3.2.5 Inversor hibrido (Epever)**

El inversor utilizado es de la marca EPEVER de modelo UP2000-M3322 debido al costo y las bondades que te ofrece el equipo, según los cálculos para abastecer energía a la ordeñadora mecánica de 550 W con una corriente de arranque de 14.5 A y una corriente de trabajo de 4.5 A, con el variador de frecuencia se obtiene una corriente de arranque de 9.7 A, realizando el cálculo del inversor nos da 1200 W el cual el siguiente inversor es de 1600 W con el que se trabaja.

En la tabla 2, se muestra las especificaciones técnicas del inversor hibrido y este equipo ofrece potencia de salida picos de 3200 W por cinco segundos y 2000 W por 15 segundos el cual es favorable para el uso en motores o equipos que tienen una elevada potencia de arranque.

**Tabla 2**

*Parámetros eléctricos del inversor (ficha técnica del inversor EPEVER)*

<b>Datos técnicos del inversor cargador</b>	
Voltaje nominal de batería	24 Vdc
Potencia de salida	1600 W
Potencia de salida (5s)	3200 W
Tensión de salida	220 VAC $\pm$ 5%, 230 VAC (-10% ~ +5%)
Frecuencia	50/60 Hz
Eficiencia máxima	95%
Tensión en circuito abierto del módulo fotovoltaico	100 Vdc
Potencia máxima del módulo fotovoltaico	780 W
Corriente máxima del módulo fotovoltaico	30 A
Rango de voltaje de batería	21.6-32 Vdc



**Figura 3.** Inversor cargador (ficha técnica Epever UP2000-M3322).

### 3.2.6 Baterías (RITAR)

Las baterías utilizadas para en trabajo de investigación se utilizó 2 baterías de la marca Ritar de 100 Ah, para abastecer de energía eléctrica a la máquina de ordeño mecánico de 550 W

El funcionamiento diario de 2 hr, en horas de las 7:00-8:00 am y 5:00-5.30 pm y 30 min ante cualquier demora o retraso en el proceso de ordeño. Con el cálculo realizado considerando el clima de la zona se trabaja con 2 días de autonomía.



**Figura 4.** Batería Ritar de 100AH.

A continuación, la Tabla 3, nos muestra las especificaciones técnicas de la batería.

**Tabla 3**

*Parámetros eléctricos y térmicos de la batería (ficha técnica de la batería RITAR)*

<b>Datos técnicos de la batería</b>	
Tensión	12 V
Tensión máxima de carga	13.6-13.8 V
Corriente máxima de carga	30 A

---

**Continuación de tabla 3**

---

Rango de temperatura de operación

Descarga (-20°C~60°C)

Carga (0°C~50°C)

Almacenamiento (-20°C~60°C)

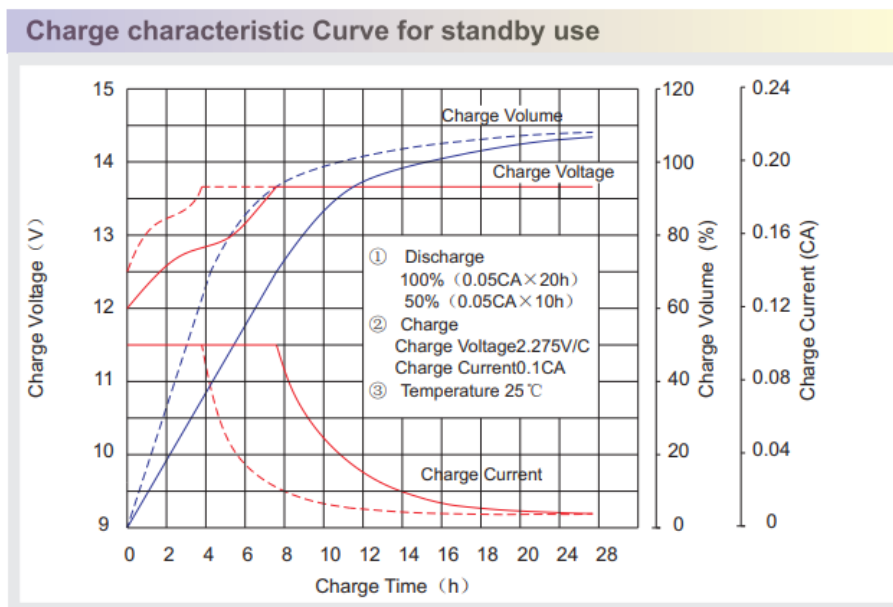
Corriente máxima de descarga

1000 A (5s)

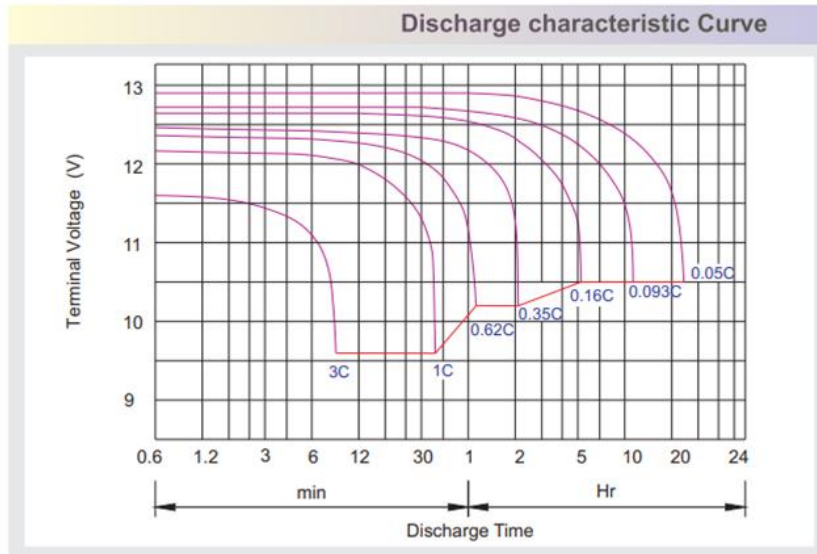
Capacidad

100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25 C

---



**Figura 5.** curva característica de carga (ficha técnica de la batería RITAR).



**Figura 6.** curva característica de descarga (ficha técnica de la batería RITAR).

### 3.2.7 Variador de frecuencia (INVERTEK)

El variador de frecuencia utilizado para la investigación es un variador de la marca inverttek de 1.1 hp de modelo optidrive E3, el variador es de entrada monofásica y salida monofásica obteniendo una corriente de arranque de 9.7 A. La tabla 4 nos muestra los parámetros eléctricos del variador de frecuencia para el diseño del sistema.



**Figura 7.** Variador de frecuencia monofásico Invertek,

**Tabla 4**

*Parámetros eléctricos del variador de frecuencia (ficha técnica del variador de frecuencia INVERTEK.*

<b>Datos técnicos del variador de frecuencia</b>	
Voltaje de alimentación	200-240 V $\pm$ 10%
Frecuencia de alimentación	48-62 Hz
Corriente de salida	10.5 A
Potencia de salida	0.37-1.1 kW
Frecuencia de salida	0-500 Hz
Tiempo de aceleración	0-600 s
Tiempo de desaceleración	0-600 s



---

**Continuación de tabla 4**

---

Eficiencia típica	98%
Grado de protección	IP20
Programación	Con teclado
Altitud de trabajo	Máximo 4000 msnm

---

### 3.2.8 Ordeñadora mecánica (TAMAM)

La ordeñadora mecánica que utiliza el establo es de marca TAMAM MILKING TECHNOLOGY con una capacidad de ordeñar 2 vacas al mismo tiempo con un motor de 550 W de marca GAMAK. La tabla 5 nos muestra los datos técnicos de la máquina de ordeño para los cálculos de diseño.



**Figura 8.** Modelo de ordeñadora Tamam

**Tabla 5**

*Parámetros eléctricos y técnicos de la ordeñadora mecánica (TAMAM).*

<b>Datos técnicos de la ordeñadora mecánica</b>	
Tensión	220 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	550 W
RPM	1690
Corriente de trabajo	4.5 A
Cos ( $\varphi$ )	0.88
Caudal	190 l/min
Capacidad de tanque	18 l

### **3.3 Recolección de datos**

#### **3.3.1 Inclinación y declinación de los módulos fotovoltaicos**

La inclinación de los paneles solares ayuda al aprovechamiento más eficiente de la radiación solar. En cualquier instalación solar fotovoltaica el módulo fotovoltaico es una célula básica del sistema fotovoltaico que genera energía. La cantidad de módulos conectados en serie se suma para determinar la tensión de operación del sistema en corriente continua. La corriente del generador solar es definida por la conexión en paralelo de los paneles individuales. La potencia instalada, normalmente especificada en corriente continua, es dada por la suma de la potencia nominal de los módulos individuales (Rüther, 2004).

La declinación es el ángulo que forma el plano del ecuador con la línea situada en el plano de la elíptica, que une los centros del sol y de la Tierra, este ángulo, varía a lo largo de la órbita de la tierra alrededor del sol, alcanzando valores máximos en los solsticios de verano ( $+23.45^\circ$ ) e invierno ( $-23.45^\circ$ ) y los valores nulos en los equinoccios ( $0^\circ$ ) (Castejon y Santamaria, 2010).

## **Inclinación del panel solar fotovoltaico**

La ecuación 1 del ángulo de inclinación de un panel solar fotovoltaico es extraída del libro de Perpiñán (2020).

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * latitud \quad (1)$$

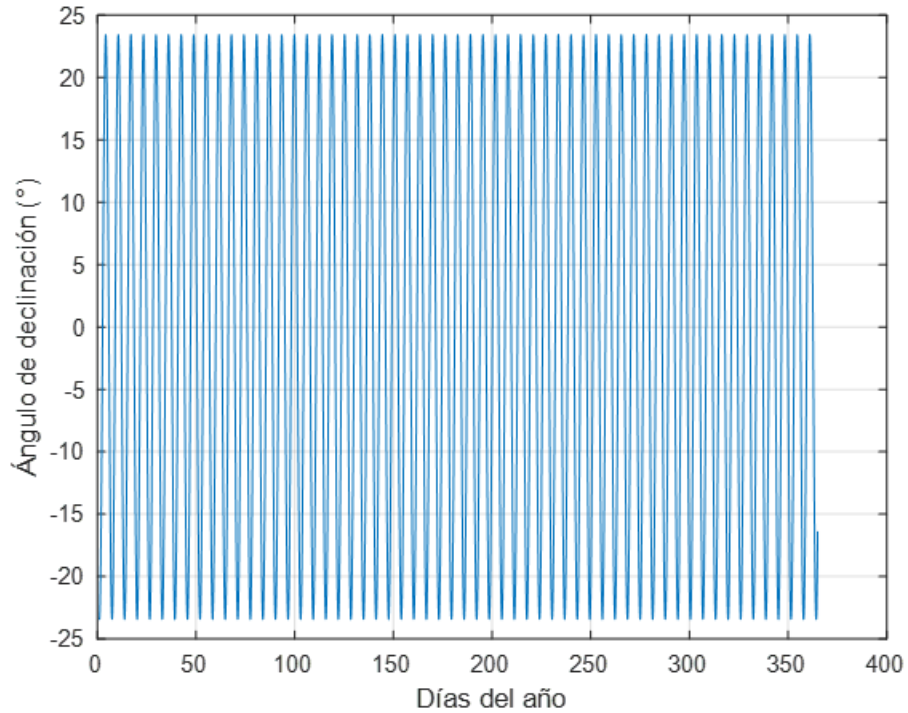
Donde,  $\beta_{opt}$  es el ángulo de inclinación óptimo del módulo fotovoltaico, latitud es la latitud para todos los casos se considera como valor positivo.

## **Declinación**

La ecuación 2 de declinación de Cooper ayuda a calcular la declinación (Castejon y Santamaria, 2010). Esta ecuación determina el ángulo de declinación de la tierra, asume valores positivos y negativos. Es cero en los equinoccios (22 de marzo y 22 de setiembre), la declinación alcanza el mínimo de  $-23.45^\circ$  en 22 de junio y un máximo de  $23.45^\circ$  el 22 de diciembre.

$$\delta = 23.45 * \text{sen}\left(360 * \frac{\delta_n}{365}\right) \quad (2)$$

Donde,  $\delta$  es el ángulo de declinación (grados) y  $\delta_n$  es el día del año (1-365). La Figura 9, muestra el comportamiento del ángulo de declinación a lo largo del año.



**Figura 9.** Comportamiento del ángulo  $\delta$  en un año.

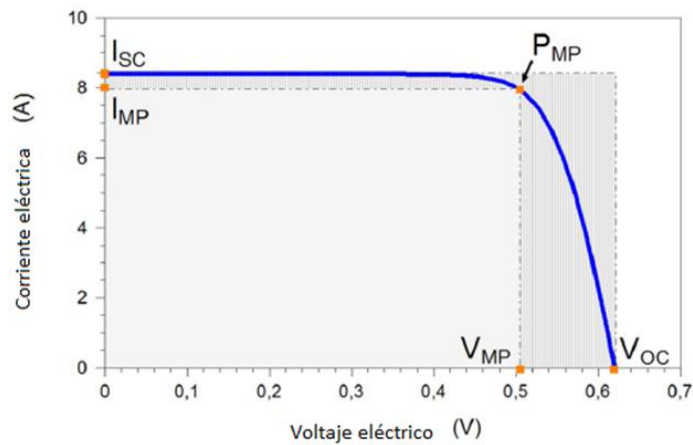
### 3.3.2 Radiación solar

La radiación solar está compuesta por ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Algunas frecuencias (las longitudes de las ondas correspondientes comprendidas entre 0.4 y 0.7 mm) estas son detectables por el ojo humano y constituyen el flujo visible, mientras que otras no son visibles. Sea cual sea la frecuencia, una onda electromagnética o un grupo de ondas transporta una cierta cantidad de energía (ICAI, 2012).

La radiación llega a la tierra y varía de forma aleatoria debido a efectos diversos que provoca en ella la atmosfera terrestre, la radiación solar que llega a la superficie terrestre se divide en tres partes: La radiación directa, la radiación difusa y la radiación reflejada (ICAI, 2012).

### 3.3.3 Potencia máxima

La corriente eléctrica en función de la diferencia de potencial aplicada en una célula fotovoltaica de silicio en condiciones y padrón de ensayo. Los principales parámetros eléctricos están destacados por la corriente de corto circuito, la tensión de circuito abierto es la potencia máxima, la corriente de máxima potencia y voltaje de máxima potencia son, respectivamente, la corriente y la tensión en el punto de potencia máxima. En la Figura 10, se muestra la corriente eléctrica de un módulo fotovoltaico en función de la diferencia de potencial (Tavares y Galdino, 2014).



**Figura 10.** Corriente eléctrica de un módulo fotovoltaico en función de la diferencia de potencial (Tavares y Galdino, 2014).

### 3.3.4 Cálculo del consumo máximo

**a. Panel fotovoltaico.** El campo eléctrico interno en una celda solar es relativamente débil y solo se pueden lograr pequeñas diferencias en el potencial eléctrico (0,3 V para Germanio y 0,7 V para Silicio). El voltaje de circuito abierto real que se podría lograr es ligeramente menor que estos valores. Para obtener voltajes más altos, las células solares se conectan en serie, las llamadas “cadenas” de células solares (Krauter, 2006).

Para seleccionar un modelo comercial y calcular el número de paneles es necesario conocer cuál es la energía necesaria diaria que se debe producir. También se deben conocer las condiciones de radiación de cada mes, las condiciones de la instalación y el criterio para dimensionarla (Ladrón, 2018). La

Ec. 3 y Ec. 4, nos facilitara para el cálculo de la energía del panel solar y la cantidad de paneles solares necesarios y se tomó de referencia del libro de (Ladrón, 2018).

$$E_p = P_{PS} * HSP \quad (3)$$

$$N_p = \frac{E_T}{E_p} \quad (4)$$

Donde,  $E_p$  es la energía del panel solar,  $P_{PS}$  es la potencia del panel solar, HSP es la hora solar pico,  $N_p$  es el número de paneles solares y  $E_T$  es la energía total.

- b. Controlador de carga.** Son dispositivos electrónicos con la función de controlar o regular el voltaje hacia el sistema acumulador. Este elemento evita sobrecarga de las baterías contra una profundidad de descarga excesiva (Villegas y Alcivar, 2020).
- c. Inversor.** El inversor se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna, el inversor en instalaciones autónomas es proporcionar una corriente alterna como la de la red eléctrica, con el fin de que se puedan conectar a la misma (Díaz y Carmona, 2010).

Se utilizan en sistemas conectados a red para convertir la electricidad de corriente continua que se origina en los módulos fotovoltaicos en electricidad de corriente alterna que se puede alimentar a la red eléctrica. Muchos inversores tienen un convertidor de corriente continua a corriente continua pero distinto voltaje. También los sistemas autónomos pueden tener un inversor conectado a las baterías. El diseño de un inversor de este tipo difiere considerablemente de un sistema conectado a red (HM Smets, et al. 2016).

### 3.3.5 Cálculo de la corriente máxima del regulador de carga

En cuanto al regulador de carga, se selecciona en función de la aplicación, la tensión nominal del sistema y la corriente máxima de generación. La corriente en operación continua debe ser soportada por el controlador de carga, será como

máximo la intensidad de cortocircuito de los módulos multiplicado por el número de módulos en paralelo (Orbegozo y Arivilca, 2010). La Ec. 5, nos sirve para calcular la corriente máxima que va soportar el regulador de carga, y fue tomada del libro de (Orbegozo y Arivilca, 2010).

$$I_R = N_{PP} * I_{SC} \quad (5)$$

Donde,  $I_R$  es la intensidad máxima a soportar por el regulador de carga,  $N_{PP}$  es el número de paneles en paralelo y  $I_{SC}$  es la intensidad de corto circuito

### 3.3.6 Cálculo de la potencia del inversor

El inversor solar funciona para convertir la energía solar de corriente continua de 12-96 voltios a 210 - 230 voltios en corriente alterna directamente. En pocas palabras, con un inversor, cuando el sol brilla en el exterior y el panel solar está generando energía, puede utilizar la energía producida en su casa directamente de los paneles solares sin tener que cambiar las baterías. Para cargar las baterías (Reeves, 2018).

### 3.3.7 Cálculo de baterías

La capacidad de almacenamiento de un Sistema Electroquímico o un Banco de Baterías, se dimensiona en función de la energía consumida diariamente por las cargas eléctricas y los días de autonomía requerida en el sistema. En un sistema fotovoltaico la autonomía de banco de baterías se define como el número de días que funcionarían las cargas eléctricas en posibles casos que no se genere energía con los paneles fotovoltaicos (Sánchez et al, 2017). La ecuación 6 nos ayuda para calcular la demanda total de energía y fue tomado de referencia del libro de (Sánchez et al., 2017).

$$C_B = \frac{E * D_A}{V_{NS} * F * f} \quad (6)$$

Donde,  $C_B$  es la demanda total de energía,  $D_A$  son los días de autonomía,  $V_{NS}$  es el voltaje nominal del sistema, F es el factor de uso recomendado por el fabricante y f es el factor (para placa delgada 1.05, para placa gruesa 1.35).

### 3.3.8 Cálculo de la sección de cableado

La sección dependerá del tipo de conductor, longitud y corriente que ha de soportar. También tendrá que ver la tolerancia que se considere a la hora de aceptar una determinada caída de tensión entre sus terminales, lo que ocasionara unas pérdidas de potencia determinada y se describe en la ecuación 7 (Lopez, 2015).

$$S = 2 * L * \frac{I}{\gamma} * (\%V) \quad (7)$$

Donde, S es la sección del conductor, L es la longitud del cable y I es la corriente,  $\gamma$  es la conductividad del conductor (cobre 56, aluminio 35), %V es el porcentaje de caída de tensión admisible.

Fórmula para determinar la sección del conductor en AC se describe en la ecuación 8.

$$S = \frac{2 * L * I * \cos\varphi}{\gamma * \Delta V} \quad (8)$$

Donde;

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

L: longitud de línea (m)

I: Intensidad de corriente (A)

$\cos\varphi$ : factor de potencia

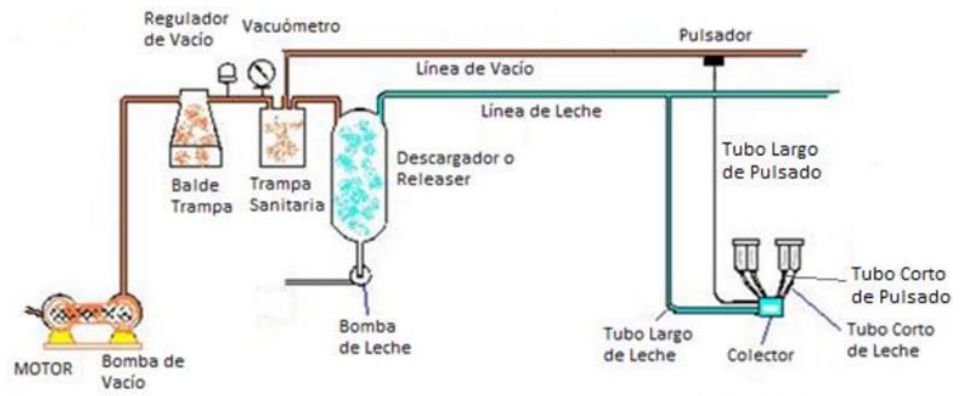
$\gamma$ : conductividad del conductor

$\Delta V$ : Caída de tensión máxima admisible (V) de 220 V



### 3.3.9 Esquema de la ordeñadora

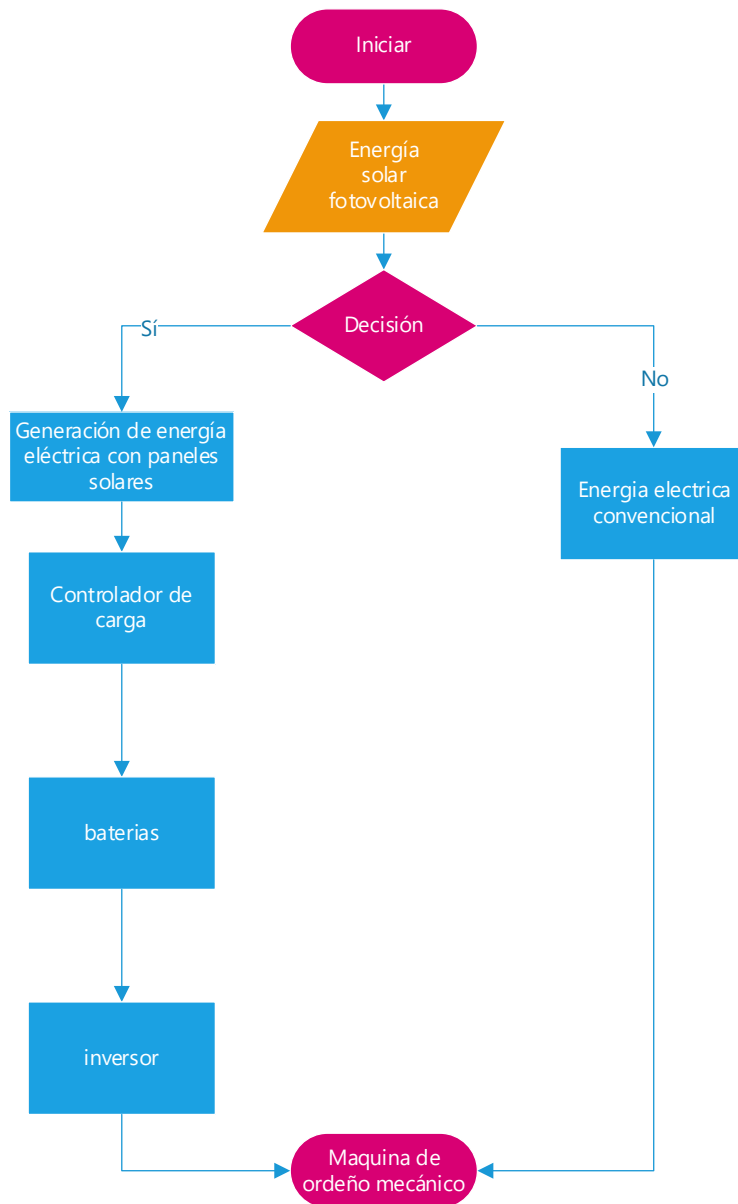
La Figura 11, muestra un esquema de la máquina de ordeño en donde se muestra los componentes de la máquina de ordeño fue adaptado de (FCA, 2016).



**Figura 11.** Esquema de una máquina de ordeño de línea de leche (FCA, 2016).

### 3.3.10 Diagrama de flujo

Se describe el siguiente diagrama de flujo como una representación gráfica del proceso de generación de energía para la ordeñadora mecánica. En el diagrama de flujo se muestra el proceso de generación de energía para la máquina de ordeño mecánico.

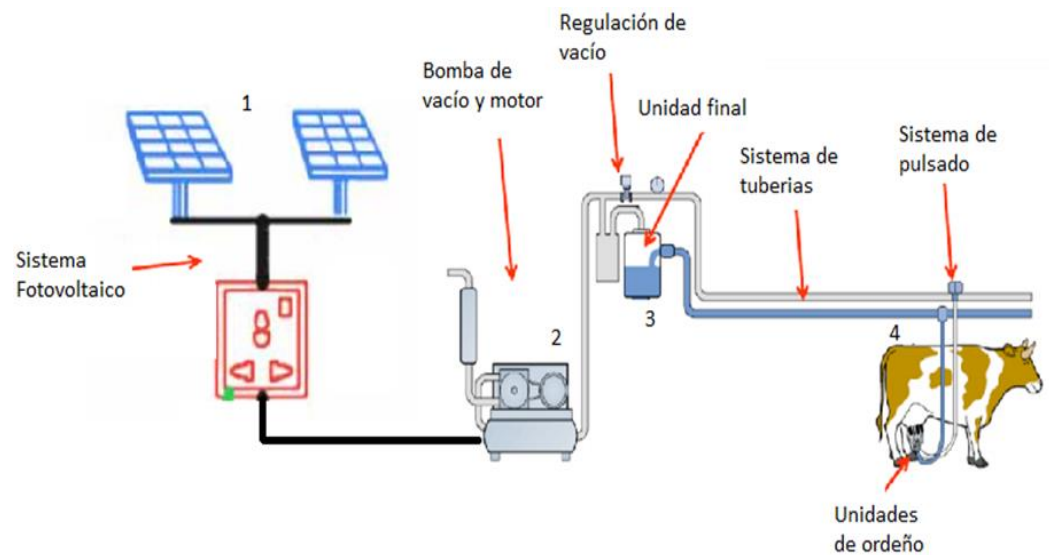


**Figura 12.** Diagrama de flujo del proceso de generación fotovoltaica aplicado a una máquina de ordeño de línea de leche.

En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 12 nos indica que para el funcionamiento de la máquina de ordeño se requiere de energía eléctrica, ya sea por generación del sistema fotovoltaico o mediante la energía convencional, este se decide que ya la instalación funciona solo con el sistema fotovoltaico debido a que el sistema está diseñado para dos días de autonomía.

### 3.3.11 Sistema de ordeño mecánico con energía solar

El sistema de ordeño mecánico y el sistema fotovoltaico mostrado en la Figura 13 describe las partes donde: (1) Sistema fotovoltaico, (2) Bomba de vacío y motor, (3) Tanque de acopio de leche y (4) unidad de ordeño. Este es un esquema que se utiliza como referencia (Camargo y Garzón, 2018).



**Figura 13.** Esquema de ordeño mecánico con generación fotovoltaica (DeLaval, 2017).

### 3.3.12 Operacionalización de variables

En la Tabla 6, se muestra la operacionalización de variables, donde se describe las variables, dimensiones e indicadores.

**Tabla 6**

*Operacionalización de variables*

Definición Conceptual	VARIABLES				METODOLOGIA
	Definición	Dimensiones	Indicadores	unidad	
Un sistema fotovoltaico genera energía eléctrica a partir de la energía solar, reduciendo las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Acción de evaluar económicamente el costo y beneficio del sistema que se va diseñar para ver si es económicamente rentable o no. El sistema de ordeño mecánico es un equipo destinado al ordeño de la leche con la finalidad de mejorar la calidad de producto y reducción de personal en el trabajo.	<b>Independiente</b>	Dimensionamiento de sistema fotovoltaico	Potencia	W	El tipo de investigación utilizado en la investigación de tipo aplicada, dentro de la investigación se utilizará bases teóricas y metodológicos existentes.  El nivel de investigación es básico y aplicativo.  El diseño de la investigación es de tipo experimental.
			Radiación solar	W/m2	
			Energía	Wh	
			VAN	S/.	
			TIR	S/.	
	<b>Dependiente</b>	Modelo del sistema de ordeño mecánico fotovoltaico	Costo-Beneficio	S/.	
			PAYBACK		
			Potencia	W	
			Horas de uso	H	
			- Evaluación económica	Indicadores económicos	

**3.4 Valor actual neto (VAN)**

El valor actual neto o también conocido como valor presente neto es una medida de excesos o pérdidas en los flujos de efectivo, todo en el valor presente, ya que el valor real del dinero va cambiando con el tiempo, todos los flujos de efectivos del proyecto y a este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el VAN y se calcula mediante la ecuación 8 (Beltrán, Tinajeros y Morante, 2016).

$$VAN = -1 + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (9)$$

Donde, VAN es el Valor Actual Neto, I es el valor de desembolso inicial de la inversión,  $Q_n$  es la representación de los flujos de caja, r es la tasa de descuento y n es el número de periodos considerados.

### 3.5 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de una inversión sea cero, además de que solo dependa de los flujos de efectivo en una inversión particular, para calcular la TIR se utiliza la ecuación 9 (Stephen, Randolph, y Bradford, 2018).

$$VAN = -1 + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (10)$$

Donde, VAN es el Valor Actual Neto, I es el valor de desembolso inicial de la inversión,  $Q_n$  es la representación de los flujos de caja, r es la Tasa interna de retorno (TIR) y n es el número de periodos considerados.

### 3.6 Índice de beneficio costo (B/C)

Es el cociente entre el valor absoluto de los costos y los beneficios, actualizado a un valor presente ambos costos se actualizan con la misma tasa de descuento (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011).

Teniendo en cuenta que:  $B/C > 1$  indica que los beneficios son mayores a los costos;  $B/C < 1$  indica que los beneficios son superados por los costos.

### 3.7 Payback

Denominado también plazo de recuperación, es un método por el cual una empresa al realizar un proyecto o una inversión el cual indica cuánto tarda en recuperar la inversión sin tener en cuenta los flujos de caja, la ecuación 10 indica el cálculo de Payback (Torres y Paredes, 2017).

$$PAYBACK = \frac{I_0}{F} \quad (11)$$

Donde,  $I_0$ : Inversión inicial, F: Valor de flujos de caja. El coeficiente de correlación se determinará de acuerdo a la siguiente ecuación:

### 3.8 Metodología

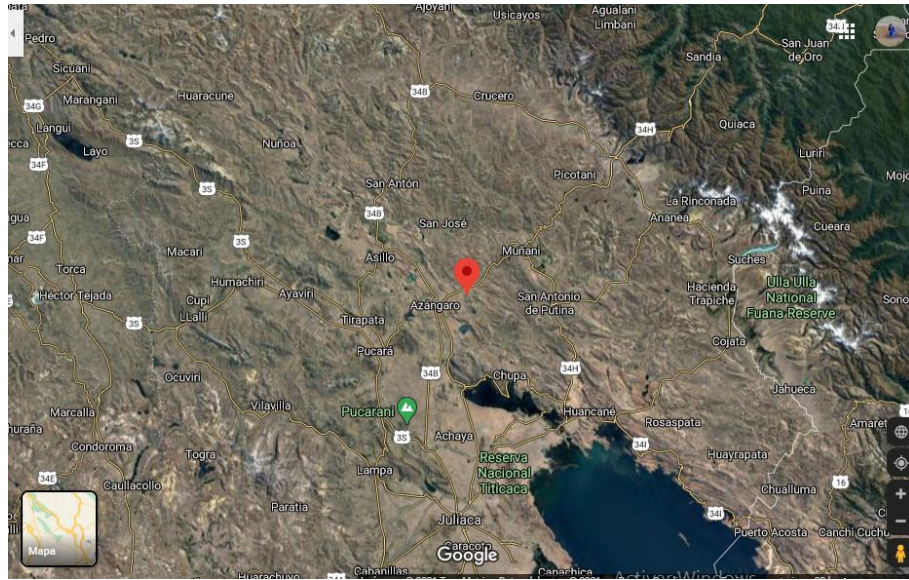
La presente investigación será del tipo aplicada experimental y será desarrollada con un enfoque del tipo cuantitativo debido a que se manipulará datos desde los cálculos hasta las mediciones. El diseño de la investigación es de tipo experimental. El nivel es explicativo de carácter causa efecto aplicando un diseño de investigación experimental.

El método a utilizar será la síntesis de observación de los datos obtenidos del sistema fotovoltaico aplicado al ordeño mecánico. Serán medidos y registrados en tablas de documentación los valores de los parámetros del sistema de generación como son voltaje, corriente, potencia y los parámetros de sistema de ordeño mecánico como son el volumen de ordeño y presión de trabajo.

#### 3.8.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se realizó en el Establo Bonanza que está ubicado en la localidad de Copacachi, Centro Poblado de Hanajquia del distrito y provincia de Azángaro, que se encuentra ubicado al sur del Perú. En la Figura 14, se muestra la ubicación del proyecto:

- Localidad : Centro Poblado de Hanajquia.
- Distrito : Azángaro.
- Provincia : Azángaro.
- Departamento : Puno.



**Figura 14.** Coordenadas geográficas de la ubicación del lugar del proyecto de investigación.

Las coordenadas y la Figura 14, fueron adaptado de Google, ubicación del proyecto de investigación, 2020, Google Maps.

### 3.8.2 Vías de acceso al lugar del proyecto

*Tabla 7*

*Vías de acceso al lugar de estudio.*

	<b>Tramo</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Estado</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Ruta</b>	San Roman- Azángaro	Asfaltado	Regular	72 km	70 min
	Azángaro-sector Copacachi	Trocha carrozable	Regular	15 km	30 min

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Inclinación del módulo fotovoltaico

Con la ecuación 1 se realiza el cálculo para determinar el Angulo de inclinación del módulo fotovoltaico y con una orientación al norte debido a que todo el día en el lugar de estudio no tiene sombras.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * 14.89788$$

$$\beta_{opt} = 13.97 \approx 14^\circ$$

#### 4.2 Sección del cableado

Para cálculo de la sección del cable a utilizar para cada conexión se utilizó la Ec.7 y la Ec. 8. De acuerdo a la energía en DC o AC.

##### a. Cable del panel solar fotovoltaico al inversor

Con la ecuación 7 calculamos la sección de cable que se requiere, considerando la distancia del módulo fotovoltaico al inversor (3 metros), también la corriente máxima que puede generar el módulo fotovoltaico, teniendo en cuenta el rango permisible por temperatura.

$$S = 2 * L * \frac{I}{\gamma} * (\%V)$$

$$S = 3.74 \text{ mm}^2 \cong 10 \text{ AWG} \cong 5.26 \text{ mm}^2$$

Según ficha técnica del módulo fotovoltaico de la marca Jinko Solar indica cables de  $1 \times 4.0 \text{ mm}^2$  y según cálculos por formula nos da  $1 \times 3.74 \text{ mm}^2$ . coincide a elegir el cable 10 AWG.



## **b. Cable del inversor a las baterías**

Con la Ecuación 7 calculamos la sección de cable que se requiere, considerando la distancia de la batería al inversor (4 metros), también la corriente máxima que se descarga de la batería (30 A descarga del inversor), teniendo en cuenta el rango permisible por temperatura.

$$S = 2 * L * \frac{I}{\gamma} * (\%V)$$

$$S = 8.57 \text{ mm}^2 \cong 6 \text{ AWG} \cong 13.3 \text{ mm}^2$$

Según tabla del fabricante de cables Indeco, indica cables de 6 AWG soporta una corriente 65 A y es el más delgado en su categoría coincidiendo con los cálculos realizados.

## **c. Cable del inversor al variador de frecuencia**

Con la ecuación 8 calculamos la sección de cable que se requiere, considerando la distancia de la batería al inversor (0.5 metros), también la corriente máxima que se descarga de la batería (14.6 A descarga del inversor), teniendo en cuenta el rango permisible por temperatura.

$$S = \frac{2 * L * I * \cos\varphi}{\gamma * \Delta V}$$

$$S = 12 \text{ AWG}$$

Por ser cargas especiales al momento de arrancar un motor, la corriente de arranque se eleva y se indica por ficha técnica el cable soporta 4.5 A en trabajo nominal y 9.7 A al momento de arrancar por tan motivo se coincide con el cálculo al seleccionar el cable 12 AWG.

#### **d. Cable del variador de frecuencia al motor de la ordeñadora**

Con la ecuación 7 calculamos la sección de cable que se requiere, considerando la distancia de la batería al inversor (20 metros), también la corriente máxima que se descarga de la batería (14.6 A) descarga del inversor), teniendo en cuenta el rango permisible por temperatura.

$$S = \frac{2 * L * I * \cos\phi}{\gamma * \Delta V}$$

$$S = 12 \text{ AWG}$$

Para seleccionar el cable se evaluó que estará trabajando a la intemperie expuesto al sol y a temperaturas elevadas el cual se trabaja con el cable 12 AWG para evitar temperaturas elevadas en el cable.

#### **4.3 Cálculo del variador de frecuencia**

Se utiliza la ficha técnica de la marca del variador de frecuencia para seleccionar el variador de frecuencia a utilizar en el proyecto. El cual se elige el variador de frecuencia monofásico de la marca Invertek, modelo Optidrive E3. Se obtiene una corriente de arranque de 9.7 A teniendo en cuenta como dato de medición la corriente de arranque sin el variador de frecuencia es 14.5 A. el variador de frecuencia nos economiza la corriente de arranque y la energía de las baterías que se requiere para arrancar.

#### **4.4 Cálculo del inversor**

Para determinar la potencia necesaria que debe aceptar el inversor es necesario tener el dato de la potencia de la bomba de vacío también la corriente de arranque.

Potencia del motor de la bomba de vacío 550 W, corriente de arranque con el variador monofásico se reduce a 9.7 A. de una corriente de arranque inicial de 14.5 A sin utilizar el variador de frecuencia. La corriente de arranque se eleva 3.3 veces la corriente de trabajo el cual nos daría una potencia de arranque de 3190 W y se requiriera un inversor de más potencia, cuando se reduce con el variador de frecuencia a 9.7 A la corriente de arranque se

obtiene que el inversor cargador necesario es el de modelo de UP2000-M3322 el cual trabaja a 1600 W y con una potencia de salida de 3200 W por 5 segundos. Con estos datos se verifica la ficha técnica para elegir el inversor a utilizar en el proyecto UP2000-M3322.

#### 4.5 Cálculo de las baterías

Para el cálculo de la cantidad de baterías utilizamos la Ec. 6 considerando la potencia de arranque.

$$C_B = \frac{E * D_A}{V_{NS} * F * f}$$

$$C_B = 1.92 \cong 2$$

Las descargas de las baterías son por la mañana y tarde y se tiene energía disponible en el día, debido a que la máquina de ordeño trabaja en horas específicas.

#### 4.6 Cálculo del módulo fotovoltaico

Utilizando la Ec. 3 y Ec.4 se realiza el cálculo de la potencia del panel solar necesario y el número de paneles teniendo en cuenta la ficha técnica del módulo fotovoltaico, considerando la potencia de arranque.

$$E_p = P_{PS} * HSP$$

$$N_p = \frac{E_T}{E_p}$$

$$N_p = 0.77 \cong 1$$

#### 4.7 Cálculo de VAN, TIR, B/C y PAYBACK

Para el análisis de los indicadores económicos VAN, TIR, B/C y PAYBACK se trabajó con una inversión inicial de S/. 5,501.71 donde toda la inversión es asumida por el estable y trabajado al 100% con el prestamos de Agrobanco el cual trabaja a una tasa de interés del 3.5% el cual beneficia y aporta al sector agropecuario.

Se trabajó un tiempo de vida útil de 10 años debido al tiempo de vida útil del inversor cargador es de 10 años, con esa base se determinó el tiempo de vida útil.

Los costos de operación y mantenimiento no se asumieron debido a que son mínimos esos gastos, para el cálculo de VAN, TIR, B/C Y PAYBACK se realizó teniendo la cotización de los equipos el cual también se muestra en el anexo 6 la gráfica de VAN y TIR para el cálculo de los indicadores económicos se utilizó la herramienta de Excel, donde se utilizó la ecuación 9, 10 y 11.

$$VAN = S/. 5,938.91$$

$$TIR = 21.99\%$$

$$B/C = 1.08$$

$$PAYBACK = 3.99$$

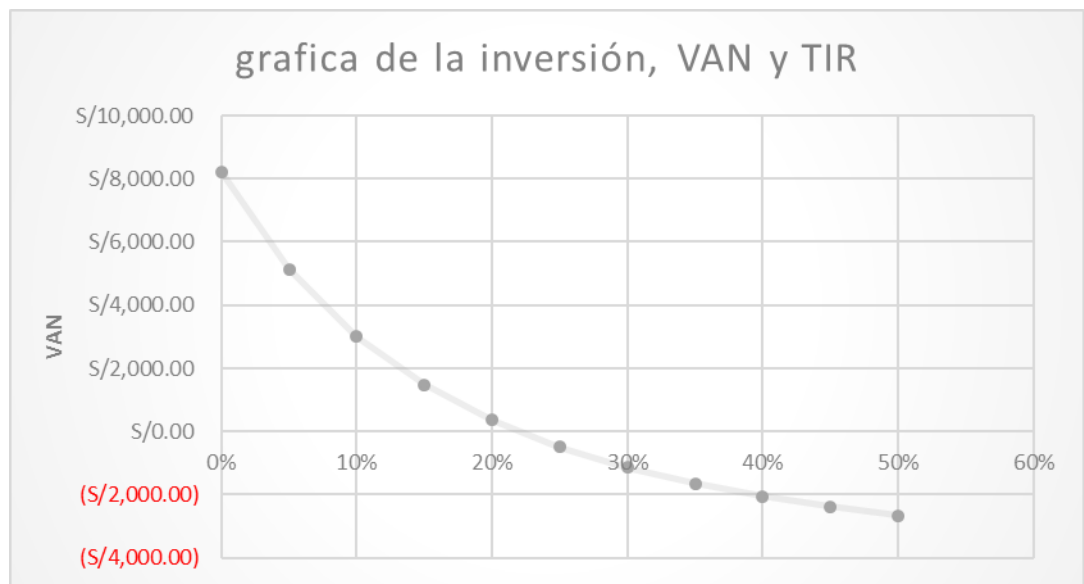


Figura 15. Grafica de la VAN y TIR.

#### 4.8 Equipos de protección

Para la protección en DC se requiere interruptor termo magnético para la batería y el modulo fotovoltaico, también TVSS o supresor de sobre voltajes transitorios.

En la instalación de equipos de corriente continua solo se trabajó con interruptor termo magnético también se requiere un TVSS y disyuntor en corriente continua para la correcta

protección del equipo para así evitar daños que pueden causarse por las tormentas eléctricas o las bajas tensiones otra opción pueden ser fusibles para evitar sobrecargas.

Para la protección en AC se requiere un disyuntor diferencial, interruptor termo magnético y TVSS para proteger el inversor, variador de frecuencia y la máquina de ordeño debido a que la variación de tensión en un motor se da debido a la bomba de vacío es variable debido al funcionamiento en el proceso de ordeño.

#### **4.9 Diagrama multifilar de la instalación**

En la figura 16 se muestra el diagrama multifilar del sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico donde se hace referencia a los equipos instalados. Donde se describe la sección de cableado, los equipos utilizados y protecciones.

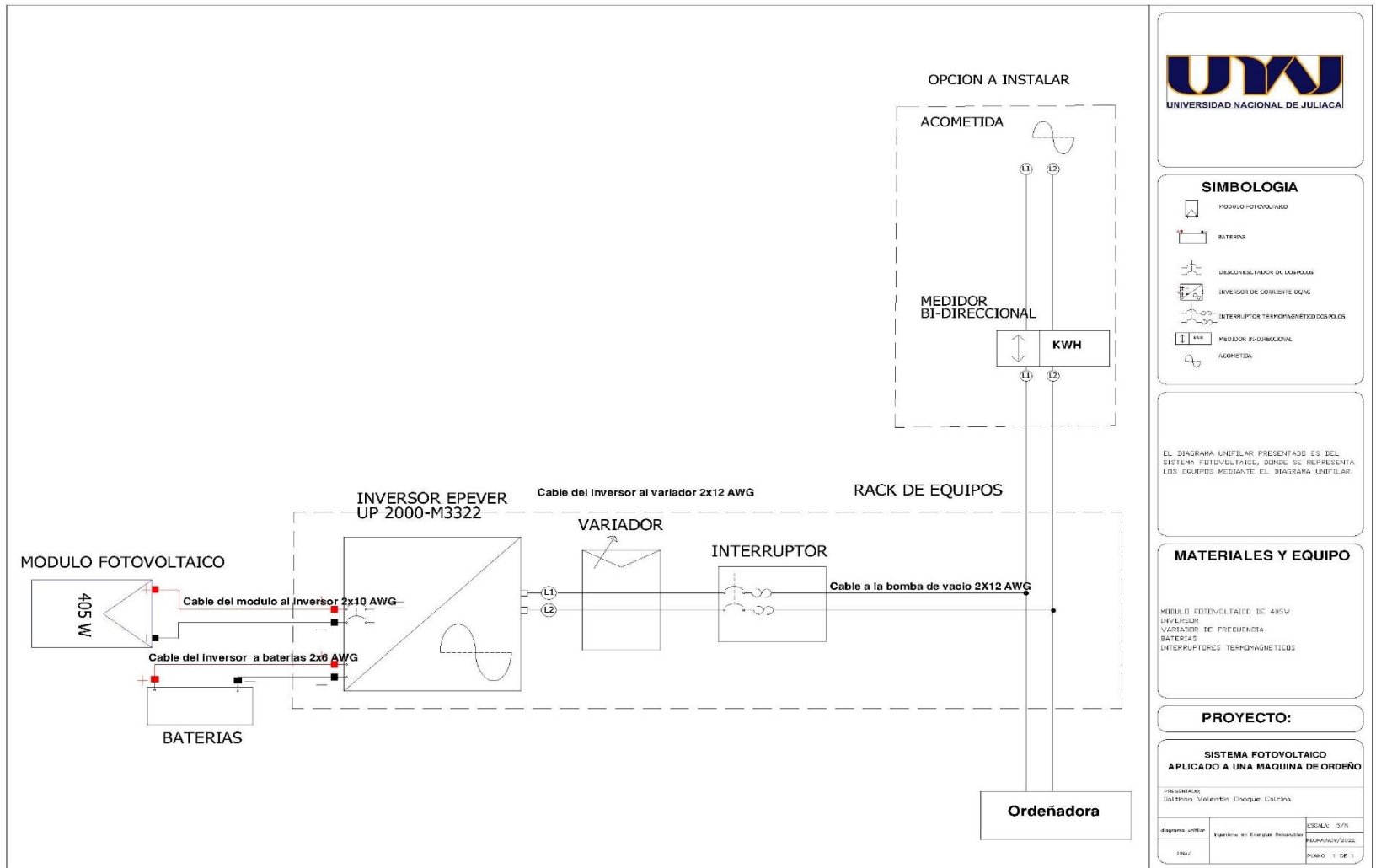


Figura 16. Diagrama multifilar.

#### 4.10 Costo para la implementación del sistema

A continuación, presentamos en la Tabla 8, los costos relacionados con la implementación de los equipos de los cuales fueron asumidos por el estable, mientras que las herramientas y equipos de medición fueron asumidos por el tesista.

**Tabla 8**

*Costos de la implementación del sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico.*

<b>Presupuesto para la implementación del sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario (S./)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total (S./)</b>
Variador de frecuencia	UND	838.80	1	838.80
Paneles solares	UND	772.20	1	772.20
Inversor	UND	1,891.11	1	1,891.11
Batería	UND	635.70	2	1,271.40
Cables	Metros	258.20	20	258.20
Estructura	UND	250.00	1	250.00
Transporte	UND	200.00	1	200.00
Terminales (Tipo pin y tipo ojal)	UND	20.00	1	20.00
Total				5,501.71

El costo en equipos asciende a una suma de S/. 5,501.71 sin considerar los costos de instalación.

##### 4.10.1 Agrobanco

El Banco Agropecuario (AGROBANCO) es el principal instrumento de apoyo financiero del Estado cuyo objetivo fundamental es promover y facilitar el otorgamiento de créditos a los pequeños productores agropecuarios del Perú.

Agrobanco es una persona jurídica de derecho privado, de capital mixto, sujeta al régimen de la Ley N° 26702, Ley General del Sistema Financiero y del Sistema de Seguros y Orgánica de la Superintendencia de Banca y Seguros; de la Ley General de Sociedades, y de las disposiciones de su Ley de Relanzamiento (Agrobanco, 2022).

#### **4.10.2 Proceso de ordeño mecánico**

El proceso de ordeño mecánico consiste en extraer la leche del ganado vacuno que está en producción de leche sin causar daños al pezón y tejido mamario. Los propósitos del ordeño mecánico es la obtención de la leche basado en la calidad e higiene, paralelo a ello nos facilita en las condiciones laborales al momento del proceso. Para el buen funcionamiento depende de distintos factores con el ganado y con la maquina (energía continua, bomba de vacío en funcionamiento). También es necesario tener una sala de ordeño para optimizar los trabajos, la figura 17 nos muestra una máquina de ordeño. (Intagri, 2022)

El proceso de ordeño mecánico se realiza para darle valor agregado a la leche, aumentando la productividad, optimización en el tiempo de ordeño, mayor calidad y eficiencia en el proceso, con este proceso se mejora las condiciones de higiene de la leche ya que no está en contacto con el sol y no corre riesgos de contaminación, la figura 17 nos muestra el ordeño mecánico en el establo.





**Figura 17.** Máquina de ordeño móvil.



**Figura 18.** Proceso de ordeño mecánico.

La figura 19 nos muestra el vacuometro de la máquina de ordeño. Esta máquina de ordeño trabaja con una presión de -0.48 Bar, esta presión es variable de acuerdo a la energía y al proceso de ordeño.



**Figura 19.** Vacuometro para presión de vacío de la máquina de ordeño.

#### **4.10.3 Montaje y Estructura de soporte**

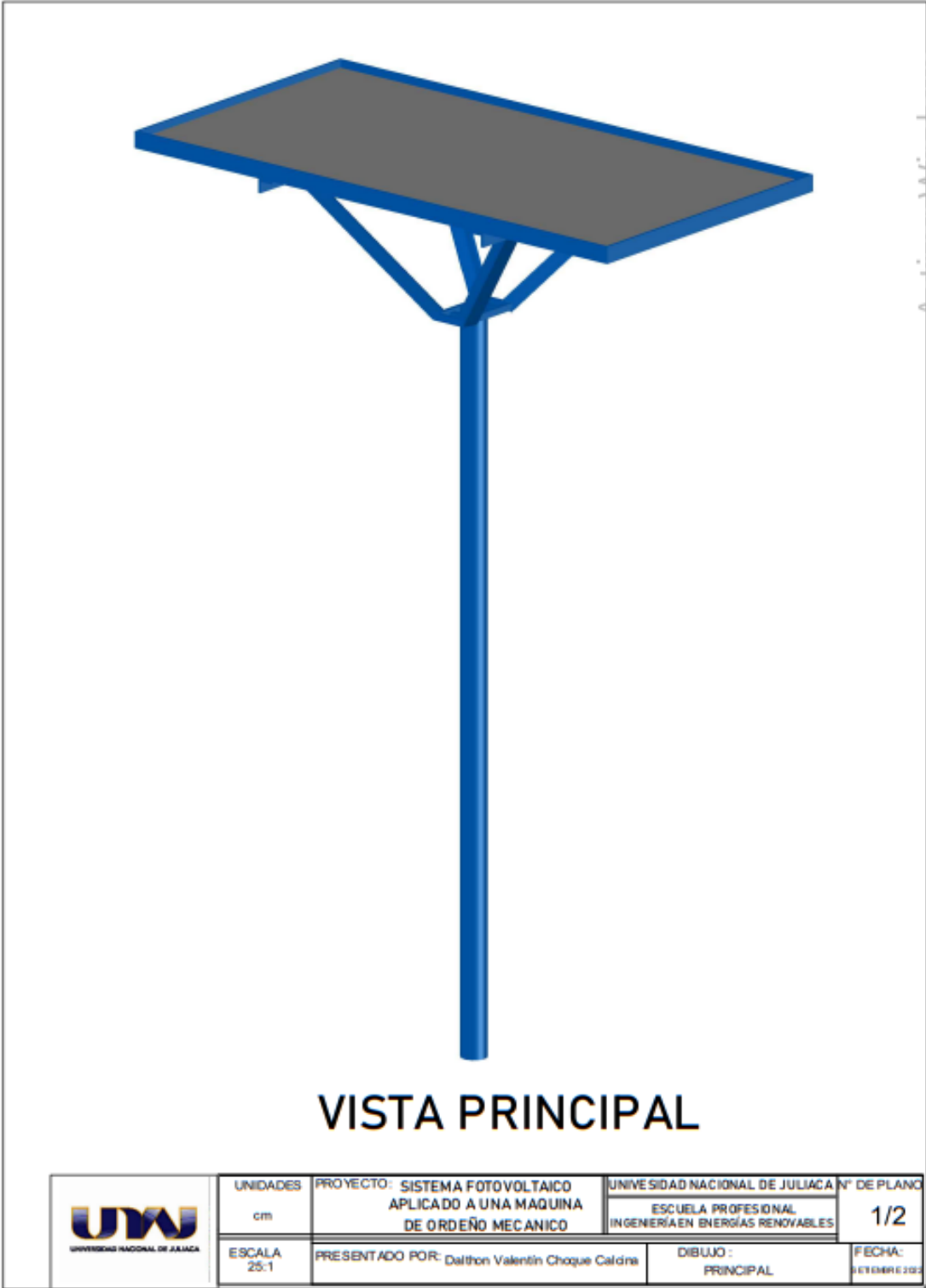
La estructura está encargada para asegurar los equipos como el modulo fotovoltaico, donde la estructura nos facilitara en la orientación e inclinación del módulo fotovoltaico para el correcto aprovechamiento de la radiación solar. La figura 20 nos muestra el proceso de instalación y la figura 21 nos muestra el soporte del módulo fotovoltaico de tipo mono poste, el material es acero galvanizado.



**Figura 20.** Soporte base del módulo fotovoltaico.



**Figura 21.** Soporte del módulo fotovoltaico.



**Figura 22.** Soporte del módulo fotovoltaico elaborado en Autocad.

La figura 22 nos muestra el plano de soporte elaborado en el software Autocad para obtener las vistas y en el Anexo 7 nos muestra las vistas de la estructura del soporte de modulo fotovoltaico y la figura 23 nos muestra la estructura de soporte del inversor, variador de frecuencia, ITM's y baterías es un soporte tipo rack empotrado a la pared para su estabilidad. La figura 23 nos muestra el proceso de instalación del soporte y la figura 24 nos muestra el soporte con los equipos instalados.



**Figura 23.** Soporte de equipos electrónicos.



**Figura 24.** Soporte de equipos electrónicos instalados.

#### **4.11 Mediciones del sistema**

Las mediciones mostradas en la tabla fueron realizadas desde el arranque de la máquina de ordeño hasta el proceso de ordeño debido al análisis del arranque de la máquina de ordeño. También de que la corriente pico que se presenta es asumido por las baterías.

**Tabla 9**

*Mediciones de parámetros eléctricos y presión de la máquina de ordeño en funcionamiento.*

<b>Mediciones realizados a las 8:00 am en el proceso de ordeño</b>				
<b>Tensión AC (V)</b>	<b>Tensión del módulo fotovoltaico (V)</b>	<b>Corriente AC (A)</b>	<b>Presión (BAR)</b>	<b>Descripción</b>
230.1	39.2	0	0	Máquina de ordeño apagado
208	39.3	9.69	-0.2	Arranque de la máquina de ordeño
215	41.2	7.1	-0.4	Arranque de la máquina de ordeño
222	41.2	4.5	-0.49	Máquina de ordeño en funcionamiento
221.5	41.2	4.4	-0.49	Máquina de ordeño en funcionamiento
219.3	41.2	4.6	-0.45	Inicio de ordeño y una ligera caída de tensión

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos del proyecto podemos mencionar las siguientes conclusiones:

Fue realizada un diseño del sistema fotovoltaico aplicado a una máquina de ordeño mecánico. Se obtuvo un módulo fotovoltaico de 405 W para abastecer el funcionamiento de la máquina de ordeño, dos baterías de 100 Ah, para reducir la corriente de arranque se utilizó un variador de frecuencia monofásico con capacidad de 1 hp y un inversor cargador de 1600 W. Se diseñó el sistema con la herramienta de AUTOCAD el diseño estructural y para el seccionamiento del cableado se realizó el cálculo utilizando las tablas proporcionadas por el fabricante.

La implementación del sistema fotovoltaico se realizó en la localidad de Copacachi, en el distrito de Azángaro, el sistema ubicado favorablemente para aprovechar al máximo la energía del sol.

La evaluación económica que se realizó utilizando los indicadores económicos de VAN, TIR, B/C Y PAYBACK, donde los resultados nos muestran que el proyecto es rentable recuperando la inversión inicial en el año 4. Se realizó una proyección del funcionamiento del sistema por 10 años con una relación de  $B/C = 1.08$ , una  $TIR = 21.99\%$  y  $VAN = S/. 5,938.91$ . Teniendo en cuenta que el sector rural tiene la facilidad de trabajar con Agrobanco con la tasa de interés del 3.5 %, además se consideró que en el año 6 se realizará la compra de baterías nuevas.

Se implementó el sistema fotovoltaico aplicado a la máquina de ordeño mecánico, el sistema contribuye en el ahorro de energía eléctrica convencional aprovechando un recurso energético renovable, teniendo en cuenta que ahora la máquina de ordeño funciona todos los días y no es afectado por cortes de energía eléctrica o algún corte programado que sabía



presentarse con anterioridad en el consumo en energía convencional o en el uso de un generador eléctrico con combustible.

## **5.2 Recomendaciones**

Al concluir con la presente investigación estamos en condición de plantear las siguientes recomendaciones:

La tesis es favorable para las entidades públicas y privadas puedan tomar como base para que se profundice más la investigación relacionado a las energías renovables.

Se recomienda replicar la instalación en distintos lugares del sector rural para optimizar costos de energía y mejorar la productividad, es recomendable aprovechar la energía para otros equipos que faciliten el trabajo, ya que Agrobanco da facilidades a préstamos con baja tasa de interés

El sistema tiene la disponibilidad en implementar un sistema de bombeo para que trabaje de día, ya que el inversor puede trabajar con un sistema fotovoltaico de 780 W y aumentar la capacidad de almacenamiento en las baterías, debido a que la máquina de ordeño solo trabaja en horas específicas, se sugiere la implementación de otro equipo (sistema de bombeo, sistema de enfriamiento de leche, etc.) para el máximo aprovechamiento del inversor y variador de frecuencia.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., & Narváez, A. (2018). Propuesta de un sistema de producción más limpia en el sector ganadero lechero mediante energías fotovoltaicas. estudio de caso "Hacienda la Trinidad" Vereda de Sabaneca, municipio de San Miguel de Sema - Chiquinquirá, Boyacá. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Agrobanco. (2022, setiembre 10). Agrobanco. Retrieved from Pagina de Agrobanco: Web site: <https://www.agrobanco.com.pe/>
- Arquitectura Eficiente. (2021, Agosto 28). Arquitectura Eficiente. Retrieved from Pagina de Arquitectura Eficiente: <https://pedrojhernandez.com/>
- Banco Mundial. (2014, Septiembre 24). Grupo Banco Mundial. Retrieved from Bancomundial Web site: <https://www.bancomundial.org>
- Beltran Castañon, N. J., Tinajeros Salcedo, M., & Morante Trigos, F. (2016). Análisis Económico de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en Arequipa. XXIII Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente Huancayo, 14-19.
- Beltrán Telles, A., Morera Hernández, M., López Monteagudo, F. E., & Villela Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. Ciencia UAT, 114.
- Camargo, L., & Garzon, P. (2018). Evaluación de la implementación de energía solar fotovoltaica en la ganadería sostenible en Toca, Bocayá. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Carta González, J. A., Calero Perez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2009). Centrales de energías renovables: Generación de eléctrica con energías renovables. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.

- Castejon Oliva, A., & Santamaria Herranz, G. (2010). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Madrid: Editex.
- DeLaval. (2017). Empresa DeLaval. (c. p. Garzón, Editor) Retrieved from Página Web DeLaval: <https://www.delaval.com/es>
- Díaz Corcobado, T., & Carmona Rubio, G. (2010). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S. L.
- FCA. (2016). Maquina de ordeñar. Facultad de Ciencias Agropecuarias: Producción de leche. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Feliciano Muñoz, O., Ponce Benit, W. A., Calderón Ñaccha, G. L., & Teran Sotelo, R. Z. (2016). Diseño de una ordeñadora que funcione con energía fotovoltaica. *theorēma*, 76.
- Garcés, R., & Morocho, S. (2018). Diseño de una máquina ordeñadora accionada por una fuerza no convencional. Pimentel-Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.
- Gobierno del Perú. (2010, 13 de setiembre). Decreto Legislativo N° 1002. Perú. Retrieved from <http://www.minem.gob.pe/>
- Gobierno del Perú. (2020, 14 de julio). LEY N° 28749 Ley general de electrificación rural . Perú: Diario oficial el Peruano. Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/>
- Google. (2020, Agosto). Google . Retrieved from Google Maps: <https://www.google.com/maps>
- Gutiérrez Martínez, P. (2008). Manual práctico de manejo de una explotación de vacuno lechero. España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola INEA.
- HelioEsfera. (2021, Agosto). Empresa HelioEsfera. Retrieved from pagina web de la Empresa HelioEsfera: <https://www.helioesfera.com/>
- HM Smets, A., Jäger, K., Isabella, O., van Swaaij, R. A., & Miro, Z. (2016). Solar Energy The Physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems. Cambridge: Andrew Corbett.

- ICAI. (2012). Manual de formación para instalación y mantenimiento de pequeñas instalaciones fotovoltaicas. Retrieved from Fundacion Ingenieros ICAI para el desarrollo : <https://www.academia.edu/>
- INTAGRI. 2022. Ordeño Mecánico. Núm. 48. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 4p  
Web site: <https://www.intagri.com/>
- IPCC. (2011). Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático: Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Jara Tirapegui, W. (2006). Introducción a las Energías Renovables no Convencionales. Santiago: Leaders S. A.
- Kamalvand Bardales, G. M. (2019). “Evaluación técnica y económica de un sistema solar fotovoltaico para un complejo deportivo. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú.
- Krauter, S. C. (2006). Solar Electric Power Generation Photovoltaic Energy Systems. Rio de Janeiro: Springer.
- Ladrón de Guevara, J. A. (2018). Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Lopez Ruiz, P. (2015). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública - sector agricultura. Lima: Dirección General de Política de Inversiones.
- NASA. (2021, Agosto). NASA Langley ASDC. Retrieved from <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- ONG FAO GUATEMALA. (2011). Buenas Prácticas de Ordeño. Retrieved from ONG FAO: <http://www.fao.org>.

- Orbegozo Reto, C., & Arivilca Espinoza, R. (2010). Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias. Lima: Green Energy Consultoría y Servicios SRL.
- Ortega Aguaza, B. (2012). Análisis Coste-Beneficio. eXtoikos, 147-149.
- OSINERGMIN. (2012). Acceso a la Energía en el Perú: Algunas Opciones de Política. In A. Vásquez Cordano, R. García Carpio, E. Quintanilla Acosta, J. Salvador Jácome, & D. Orosco Zumarán, Acceso a la Energía en el Perú (p. 83). Lima: Oficina de Estudios Económicos.
- OSINERGMIN. (2017). La escalera energética: Marco teórico y evidencias para el Perú. Lima: Gerencia de Políticas y Análisis Económico.
- OSINERGMIN. (2017). La Industria de la Energía Renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Lima: GRÁFICA BIBLIOS S.A.
- OSINERGMIN. (2019). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Lima: GRÁFICA BIBLOS S.A.
- OSINERGMIN. (2019). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Lima: GRÁFICA BIBLOS S.A.
- Pérez Martínez, M., Morales Rodríguez, I. C., & Castro, E. (2017). La hora solar pico equivalente, definición e interpretación. Revista de Ingeniería Energética, 124-131.
- Perpiñán Lamigueiro, O. (2020). Energía Solar Fotovoltaica. Madrid: Progensa.
- Pretell Saman, C. F. (2017). Propuesta de tratamientos de excretas del ganado bovino del Establo Monteverde para la generación de energía y su uso en el ordeño mecánico. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Quispe Tecce, A. W. (2017). Estudio técnico y económico para la instalación de una planta fotovoltaica para la provisión de energía al sistema eléctrico interconectado nacional en la región Puno. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Reeves, B. (2018). Solar Power Diy Handbook. Canadá: Revisa Publishing LLC.

- Rufes Martínez, P. (2010). *Energía Solar Térmica*. Barcelona: Gráficas Rey, S. L.
- Rüther, R. (2004). *Edificios Solares Fotovoltaicos*. Brasil: UFSC / LABSOLAR.
- Sánchez Juárez, A., Martínez Escobar, D., Santos Magdaleno, R. d., Ortega Cruz, J., & Sánchez Pérez, P. A. (2017). *Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. México: Instituto de Energías Renovables UNAM.
- Senamhi Puno. (2021). *Boletín N° 02 Boletín regional de Puno*. Puno.
- Stephen A., R., Randolph W., W., & Bradford D., J. (2018). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. México: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Tavares, J., & Galdino, M. (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPTEL - CRESESB.
- Torres Barros, J. A., & Paredes Cuchiparte, J. O. (2017). *Análisis de rentabilidad económica de los nuevos alojamientos turísticos regulados por el ministerio de turismo en el año 2015 para determinar el punto de equilibrio en Puerto Ayora – Galápagos*. Galápagos: Universidad Central del Ecuador.
- Villegas Tapia, E. S., & Alcivar Tello, L. E. (2020). *Diseño de un Sistema para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la Comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- Wandurraga Bernal, F. M. (2019). *Diseño y Adecuación de un Sistema de Ordeño Mecánico Móvil y Manual de Manejo Basado en Buenas Prácticas de Ordeño en Ganaderías Caprina*. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia

# ANEXOS

## Anexo 1. Ficha técnica del módulo fotovoltaico (JINKO SOLAR).

www.jinkosolar.com



## Cheetah HC 72M

### 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell

PERC



### KEY FEATURES



#### 5 Busbar Solar Cell

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



#### High Efficiency

Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).



#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.



#### Low-light Performance

Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.



#### Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



#### Durability Against Extreme Environmental Conditions

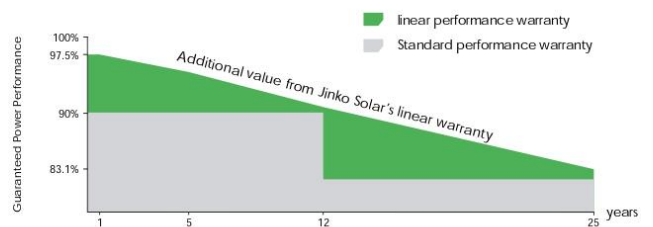
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

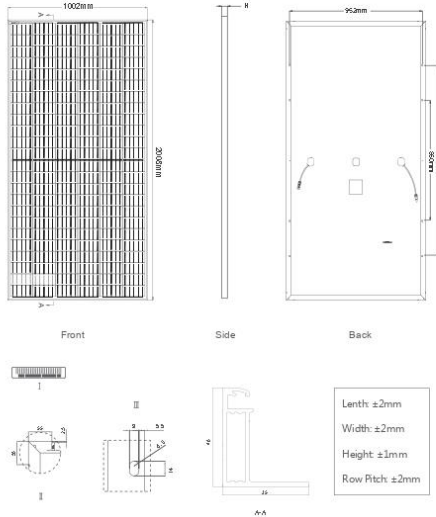
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product



## Engineering Drawings

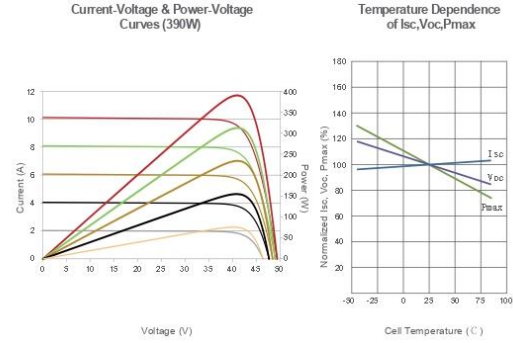


## Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )

27pcs/pallet , 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> 📱 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m<sup>2</sup> 📱 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌬 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM390-410M-72H-(V)-A3-EN



## Anexo 2. Ficha técnica de inversor híbrido (EPEVER).

### Technical Specifications

Model	UP1000-M3212	UP1000-M3222	UP1500-M3222	UP2000-M3322	UP3000-M3322	UP3000-M6322
Nominal battery voltage	12VDC	24VDC				
Battery input voltage range	10.8~16VDC	21.6~32VDC				
<b>Inverter output</b>						
Continuous output power	800W	800W	1200W	1600W	2400W	2400W
Output power (15min)	1000W	1000W	1500W	2000W	3000W	3000W
Overload power (5s)	1600W	1600W	2400W	3200W	4800W	4800W
Max. surge power	2000W	2000W	3000W	4000W	6000W	6000W
Output voltage range	220VAC±5%,230VAC(-10%~+5%)					
Output frequency	50/60±0.1 Hz					
Output mode	Single phase					
Output wave	Pure Sine Wave					
Load Power factor	0.2-1 (VA≤continuous output power)					
Distortion THD	≤3% (12V,24V resistive load)					
Max. efficiency	91%	94%	95%	95%	95%	95%
Transfer time	20ms (resistive load)					
<b>Utility input</b>						
Utility input voltage range	160VAC~280VAC (working voltage range) 170VAC~270VAC (Utility starting voltage range)					
Max. Utility charge current	20A	20A	20A	30A	30A	30A
<b>Solar Charging</b>						
Max.PV open circuit voltage	60V <sup>①</sup> (at min. operating environment temperature) 46V <sup>②</sup> (25℃)	100V <sup>①</sup> (at min. operating environment temperature) 92V <sup>②</sup> (25℃)			150V <sup>①</sup> (at min. operating environment temperature) 138V <sup>②</sup> (25℃)	
Max.PV input Power	390W	780W	780W	780W	780W	1500W
Max.PV charging current	30A	30A	30A	30A	30A	60A
Equalization voltage	14.6V	29.2V				
Boost voltage	14.4V	28.8V				
Float voltage	13.8V	27.6V				
Tracking efficiency	≤99.5%					

Charging conversion efficiency	98%					
Temperature compensate coefficient	-3mV/°C/2V (Default)					
<b>Others</b>						
No load consumption	≤1.2A	≤0.6A	≤0.6A	≤0.8A	≤0.8A	≤0.8A
Enclosure	IP30					
Relative humidity	< 95% (N.C.)					
Working environment temperature	-20°C ~ 50°C (full input and output with no derating)					
<b>Mechanical Parameters</b>						
Dimension (H×W×L)	386×300×126mm		444×300×126mm		518×310×168mm	
Mounting dimension	230mm					
Mounting hole size	φ8mm					
Net Weight	7.3kg	7.3kg	7.4kg	8.5kg	9.2kg	14.9kg

Model	UP3000-M2142	UP3000-M6142	UP5000-M6342	UP5000-M8342	UP5000-M10342
Nominal battery voltage	48VDC				
Battery input voltage range	43.2 ~ 64VDC				
<b>Inverter output</b>					
Continuous output power	2400W	2400W	4000W	4000W	4000W
Output power (15min)	3000W	3000W	5000W	5000W	5000W
Overload power (5s)	4800W	4800W	8000W	8000W	8000W
Max. surge power	6000W	6000W	10000W	10000W	10000W
Output voltage range	220VAC±5%, 230VAC(-10% ~ +5%)				
Output frequency	50/60±0.1 Hz				
Output mode	Single phase				
Output wave	Pure Sine Wave				
Load Power factor	0.2-1 (VA≤continuous output power)				
Distortion THD	≤3% (24V, 48V resistive load)				
Max. efficiency	95%				
Transfer time	20ms (resistive load)				

### Anexo 3. Ficha técnica de la batería (RITAR).



## RA12-100 (12V100Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.



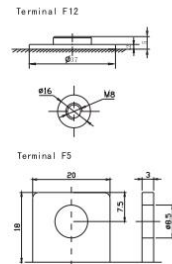
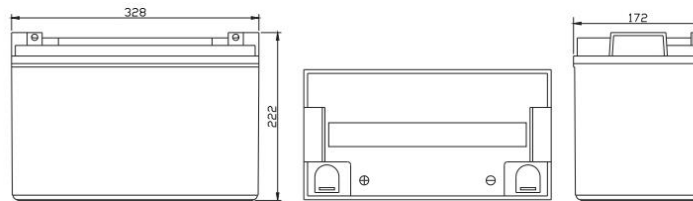
### Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.30.0 Kg( Tolerance ±2%)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 5m Ω
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	30 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



### Dimensions

Unit: mm Dimension: 328(L) × 172(W) × 222(H)



### Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	320.7	226.9	181.4	112.7	65.00	38.89	26.88	22.03	18.03	12.42	10.50	5.78
10.0V	311.4	215.8	177.7	110.8	64.70	38.60	26.78	21.93	17.93	12.32	10.40	5.67
10.2V	302.2	208.2	174.9	109.8	64.10	38.31	26.57	21.83	17.82	12.22	10.30	5.57
10.5V	271.3	192.1	166.5	107.1	63.50	38.02	26.47	21.62	17.61	12.12	10.20	5.46
10.8V	244.9	175.2	153.5	102.4	62.00	37.33	25.75	21.11	17.29	11.92	10.10	5.36
11.1V	209.1	156.6	137.7	95.91	58.90	35.68	24.62	20.09	16.55	11.41	9.80	5.04

### Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	3317	2416	1996	1284	751.1	458.4	319.9	262.6	215.1	148.3	125.5	69.26
10.0V	3251	2342	1964	1269	749.3	456.0	320.0	262.3	214.6	147.6	124.7	68.06
10.2V	3214	2280	1941	1260	743.5	453.3	318.6	261.7	213.9	146.6	123.6	66.80
10.5V	2926	2123	1852	1230	736.8	450.0	317.4	259.3	211.3	145.4	122.4	65.54
10.8V	2665	1957	1712	1179	723.2	444.2	308.7	253.4	207.5	143.0	121.2	64.28
11.1V	2341	1770	1541	1108	692.3	427.7	295.4	241.1	198.6	136.9	117.6	60.50

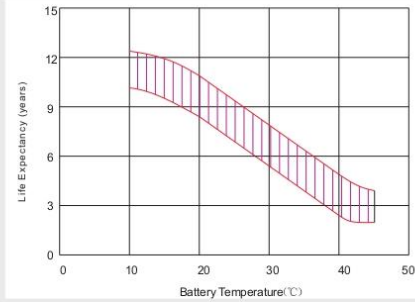
All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).

# RA12-100

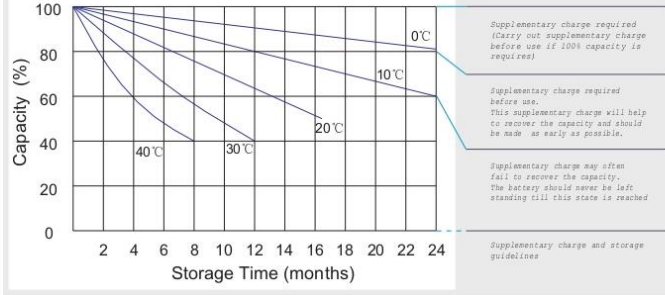
12V100Ah



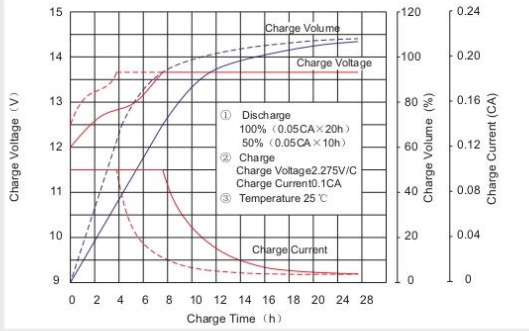
### Effect of temperature on long term float life



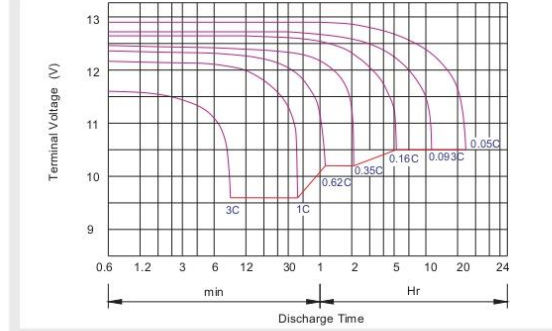
### Storage characteristic



### Charge characteristic Curve for standby use



### Discharge characteristic Curve



### Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

### Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+14.4-14.7Vx24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3Cx4h

Bolt	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12-1 F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Torque	6-7N·m	8-10N·m	10-12N·m

### Maintenance & Cautions

<b>Float Service:</b>
※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 14.4-14.7V charge 24h.
※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/C/Cell.
※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.  
URL: www.ritarpower.com

Address: Rm405, Tower C, Huahan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China  
Tel: +86-755-33981668 Fax: 86-755-8347-5180

2015- Version 0

## Anexo 4. Ficha técnica del variador de frecuencia (OPTIDRIVE).



### OPTIDRIVE™

Para motores monofásicos

kW	HP	Amperios	Tamaño	Código modelo																
				Código modelo	Familia de productos	Generación	Tamaño	Código de voltaje	Capacidad	Fase de alimentación	Filtro EMC	Transistor de freno	Tipo de cerramiento	Salida monofásica						
110-115V±10% Entrada monofásica	0.37	0.5	7	1	ODE - 3 - 1 - 1 0070 - 1	# 1	# - 01													
	0.55	0.75	10.5	2	ODE - 3 - 2 - 1 0105 - 1	# 4	# - 01													
200-240V±10% Entrada monofásica	0.37	0.5	4.3	1	ODE - 3 - 1 - 2 0043 - 1	# 1	# - 01													
	0.75	1	7	1	ODE - 3 - 1 - 2 0070 - 1	# 1	# - 01													
	1.1	1.5	10.5	2	ODE - 3 - 2 - 2 0105 - 1	# 4	# - 01													

Reemplace # en el código del modelo con la opción de código de color

**Tipos de cerramiento**

**A**  **IP66**  
Uso al aire libre  
Sin seccionador

**B**  **IP66**  
Uso al aire libre  
Con seccionador

**2**  **IP20**

**IP20**

Tamaño	1	2
mm Ancho	173	221
mm Profundidad	83	110
kg Peso	1.0	1.7
Fijaciones	4xM5	4xM5

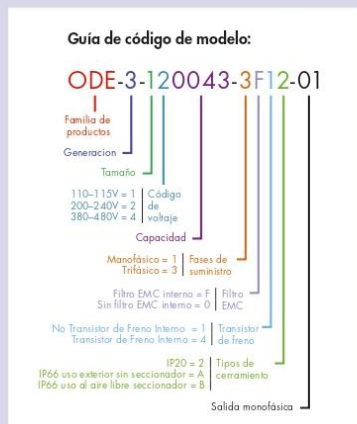
**IP66**

Tamaño	1	2
mm Ancho	232	257
mm Profundidad	161	188
mm Profundidad	162	182
kg Peso	2.3	3.5
Fijaciones	4xM4	4xM4

**Filtro EMC**

**F** Filtro EMC interno

**O** Sin filtro EMC interno



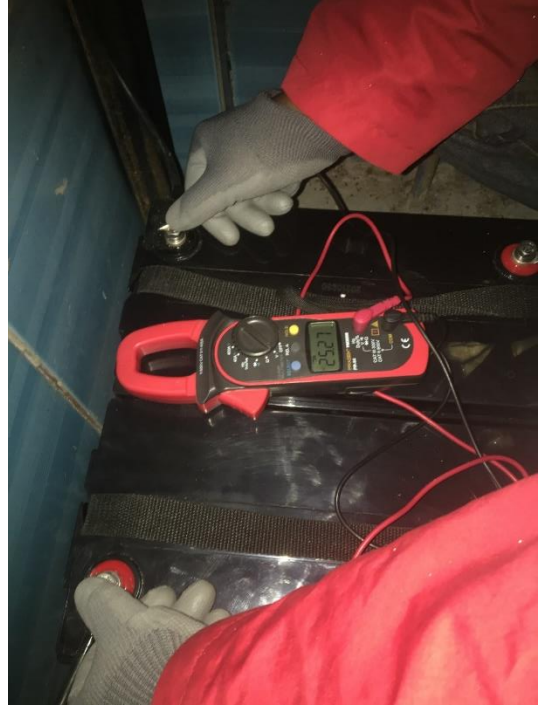
### Especificación del variador

Calificaciones de entrada	Voltaje de alimentación	110 - 115V ± 10% 200 - 240V ± 10%	Programación	Teclado	Teclado incorporado de serie. Teclado de montaje remoto opcional	Especificación de E / S	Fuente de alimentación	24 V CC, 100 mA, protegido contra cortocircuitos 10 voltios CC, 10mA para Potenciometro	
	Frecuencia de Alimentación	48 - 62Hz		Pantalla	LED de 7 segmentos		Entradas programables	4 Total 2 digitales / digital seleccionable	
Calificaciones de salida	Factor de potencia de desplazamiento	> 0.98	Especificación de control	Método de control	Voltaje V/F Energía optimizada V/F	Características de la aplicación	Entradas digitales	8 - 30 voltios CC, alimentación interna o externa Tiempo de respuesta <4 ms	
	Desajuste de fase	3% máximo permitido		Frecuencia de PWM	4 - 32kHz. Efectivo		Entradas analógicas	Resolución: 12 bits Tiempo de respuesta: <4ms Precisión: ± 2% de escala completa Parámetro ajustable de escala y desplazamiento	
	Corriente de entrada	<corriente nominal		Modo de parada	Rampa para detener: Ajustable por el usuario entre 0,1 y 600 segundos Costa para parar		Salidas programables	2 Total 1 analógico / digital 1 relé	
	Ciclo de Potencia	Máximo 120 por hora, espaciados uniformemente.		Frenado	Frenado de flujo de motor Transistor de frenado incorporado (no tamaño de cuadro 1)		Salidas de relé	Voltaje máximo: 250 VCA, 30 VCC Capacidad de corriente de conmutación: 6A CA, 5A CC	
	Potencia de salida	Entrada monofásica de 110V: 0.5-0.75HP Entrada monofásica de 230V: 0.37-1.1kW (0.5-1.5HP)		Frecuencia de salto	Punto único, ajustable por el usuario		Salidas de relé	0 a 10 voltios	
	Capacidad de sobrecarga	150% por 60 segundos 175% durante 2,5 segundos		Setpoint control	Señal analógica 0 a 10 voltios 0 a 20mA 20 a 0mA 4 a 20mA 20 a 4mA		Control de PI	Controlador PI interno Función de espera / reposo	
Condiciones ambientales	Frecuencia de salida	0 - 500Hz, resolución 0.1Hz	Bus de campo	Digital	Potenciometro Motorizado (Teclado) Modbus RTU CANopen EtherNet / IP	Mantenimiento y Diagnóstico	Modo Frenado	Punto de ajuste de velocidad seleccionable fijo / R / analógico / bus de campo	
	Tempo de aceleración	0.01 - 600 segundos		Incorporado	CANopen		125-1000 kbps	Memoria de fallos	Últimos 4 fallos almacenados con sello de tiempo
	Tempo de desaceleración	0.01 - 600 segundos			Modbus RTU		9.6-115.2 kbps seleccionables		Registro de datos
	Eficiencia típica	> 98%						Monitoreo	Metro de horas de carrera
Recinto	Temperatura	Almacenamiento: -40 a 60 °C Funcionamiento: de -20 a 50 °C				Cumplimiento de normas	Directiva de bajo voltaje	Sistemas de accionamiento de potencia eléctrica de velocidad ajustable. Requisitos de EMC	
	Altitud	Hasta 1000m ASL sin reducción Hasta 2000m máximo aprobada por UL Hasta 4000m máximo (no UL)					Directiva EMC	2014/30 / UE Cari C1 según EN61800-3: 2004	
	Humedad	Máximo 95%, sin condensación				Directiva de maquinaria	2006/42/EC		
	Vibración	Se ajusta a EN61800-5-1				Conformidad	CE, UL, RCM		

**Anexo 5.** Fotos de la instalación.









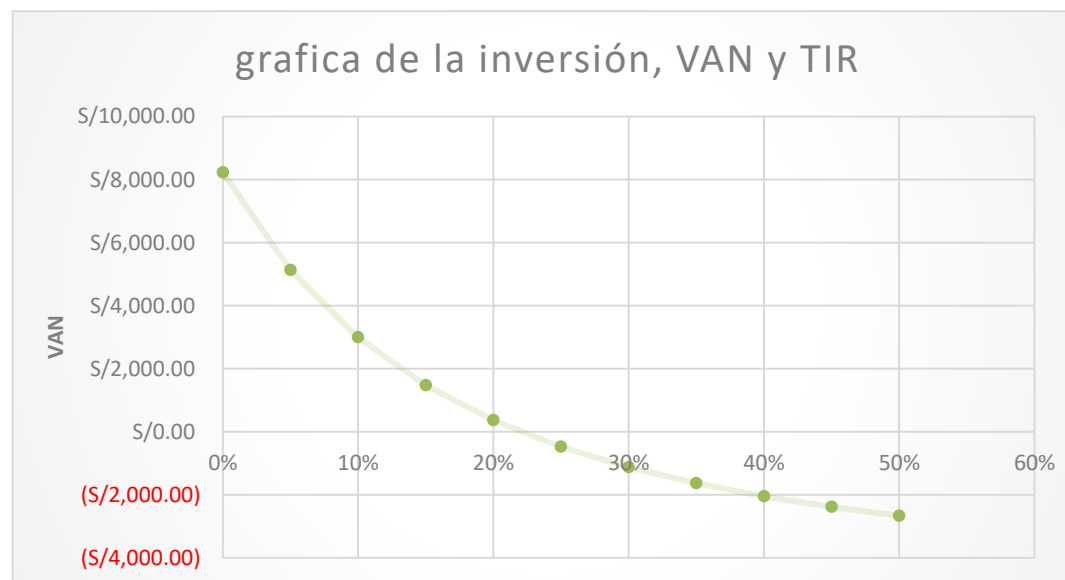


GAMAK						TS	CE
MD P 90 S 4-10 P3126-A						19.16242970	
1~ MOT.	I.CL.	F	IP 55	B34/2	S7		
V	Hz	kW	1/min	A	cosφ		
230	50	0.55	1690	4.5	0.8		
C.PERM.		25	μF	400	V		
C.START			μF		V		
MADE IN TURKEY				TS EN 60034-1			

**Anexo 6.** Tabla de cálculo de VAN, TIR, B/C Y PAYBACK.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
egresos e ingresos	-S/ 5,501.71	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 228.60	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0	S/ 1,500.0
saldo actualizado a la tasa de interés	-S/ 5,501.71	S/ 1,449.2	S/ 1,400.2	S/ 1,352.9	S/ 1,307.1	S/ 1,262.9	S/ 185.97	S/ 1,178.9	S/ 1,139.1	S/ 1,100.6	S/ 1,063.3
saldo actualizado acumulado	-S/ 5,501.71	S/ 4,052.4	S/ 2,652.1	S/ 1,299.2	S/ 7.91	S/ 7	S/ 5	S/ 2	S/ 4	S/ 4	S/ 1

TASA	3.5%
VAN	S/. 5,938.91
TIR	21.99%
PR	3.99
B/C	S/. 1.08



**Anexo 7.** Plano de la estructura del soporte del módulo fotovoltaico.

